

Studie

Erdgasfahrzeuge im Fuhrpark der Stadt Wien

Teil II – Nutzfahrzeuge

Auftraggeber

MAGISTRAT DER STADT WIEN
MAGISTRATSABTEILUNG 48
Abteilung Technischer Einkauf
Richthausenstraße 2
1170 Wien

Oyten, 16. Oktober 2006

Inhaltsverzeichnis

1.	VERANLASSUNG.....	1
2.	KENNDATEN FÜR NUTZFAHRZEUGE	1
2.1.	Leistung und Kraftstoffverbrauch	1
2.2.	Emissionen	2
2.3.	Reichweite	5
2.4.	Nutzlast/maximale Zuladung.....	6
2.5.	Ladevolumen	6
2.6.	Wartung	6
3.	LEICHTE NUTZFAHRZEUGE MIT CNG-ANTRIEB (CNG-LNF)	7
3.1.	Kleintransporter der Firma Citroën.....	7
3.2.	Kleintransporter der Firma Fiat	10
3.3.	Kleintransporter der Firma Ford.....	12
3.4.	Kleintransporter der Firma Mercedes	14
3.5.	Kleintransporter der Firma Opel.....	14
3.6.	Kleintransporter der Firma Peugeot.....	16
3.7.	Kleintransporter der Firma Renault.....	18
3.8.	Kleintransporter der Firma VW	19
3.9.	Fazit Kleintransporter bis 3.500 kg	20
3.9.1.	Leistung und Kraftstoffverbrauch.....	20
3.9.2.	Emissionen	21
3.9.3.	Reichweite	21
3.9.4.	Nutzlast/maximale Zuladung	22
3.9.5.	Ladevolumen	22
3.9.6.	Wartung	22
3.9.7.	Entwicklung der Modellpalette	22
4.	SCHWERE NUTZFAHRZEUGE MIT CNG-ANTRIEB (CNG-SNF).....	23
4.1.	Transporter ab 3.500 kg.....	23
4.2.	Busse.....	27
4.2.1.	Iveco/Irisbus.....	27
4.2.2.	Mercedes	30
4.2.3.	MAN.....	31
4.2.4.	Volvo.....	32
4.2.5.	Fazit Busse	32
4.2.6.	Meta-Studie Erdgas-/Diesel-Busse.....	32
4.3.	Lkw und andere SNF	36
5.	FAZIT.....	36
5.1.	Leichte Nutzfahrzeuge/Kleintransporter bis 3.500 kg	37
5.2.	Transporter über 3.500 kg	37
5.3.	Busse	37
5.4.	Sonstige Nutzfahrzeuge.....	38

6. BIOGAS – ALTERNATIVE ODER ERGÄNZUNG?	38
7. BIBLIOGRAPHIE	41

Verzeichnis der Bilder

Bild 1: EURO-Grenzwerte für die Serienproduktion von Diesel-LNF für die Summe aus Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden (HC+NO _x) sowie für Partikel (PM), jeweils in g/km (Achtung: ab EURO3: verschärftes Prüfverfahren)	3
Bild 2: EURO-Grenzwerte für SNF für Stickoxide (NO _x) sowie für Partikel (PM), jeweils in g/kWh (Achtung: ab EURO3: verschärftes Prüfverfahren, hier ESC/ELR); EEV: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle	4
Bild 3: Platzierung Erdgastanks im Erdgas Peugeot Partner 190 C 1.4 Erdgas [42].....	17
Bild 4: Konfigurator für den Renault Kangoo Rapid Transporter auf der Renault-Webseite [45].....	18
Bild 5: Leistung und CO ₂ -Emission von CNG-Transportern (LNF), bei CNG- und bei Benzin-Betrieb, Stand 9/2006.....	21

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Grenzwerte für Schadstoffemissionen leichter Nutzfahrzeuge [7]	3
Tab. 2: Abgasgrenzwerte für Lkw und Busse (Grenzwerte für die Typprüfung) [8]	5
Tab. 3: CNG-Transporter der Firma Citroën 2006	7
Tab. 4: Transporter der Firma Citroën: 3 bivalente Berlingo-Modelle im Vergleich mit einem Berlingo-Modell mit Ottomotor	8
Tab. 5: CNG-Transporter der Firma Fiat 2006	10
Tab. 6: Fiat Doblò Cargo Kastenwagen Basis mit bivalentem oder Diesel-Antrieb (N = Normaldach, H = Hochdach)	11
Tab. 7: Ford Transit CNG und vergleichbare Diesel betriebene Ford Transit-Modelle (K/M/L = Kurzer/Mittlerer/Langer Radstand).....	12
Tab. 8: Opel Combo-Transporter mit monovalent ^{plus®} , Benzin- oder Dieselantrieb	15
Tab. 9: Peugeot Premium-Transporter mit bivalentem oder Benzin-Antrieb	16
Tab. 10: VW Caddy Kastenwagen mit quasi-monovalentem, Benzin- oder Dieselantrieb	19
Tab. 11: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (1)	24
Tab. 12: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (2)	25
Tab. 13: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (3)	26
Tab. 14: Vergleich der Emissionen des Iveco-Gasmotors mit den Abgasstandards EURO3 bis EURO5 und EEV, in g/kWh [67]	27
Tab. 15: Iveco Daily-Personentransporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb	28
Tab. 16: Irisbus: Urban and Suburban Busses mit Erdgas- oder Dieselantrieb.....	29
Tab. 17: Mercedes: Stadtbusse mit Erdgas-, Diesel- oder Brennstoffzellenantrieb.....	30
Tab. 18: MAN: Stadtbusse mit Erdgas- oder Diesel-Antrieb.....	31
Tab. 19: Volvo-Stadtbusse mit Erdgas- oder Dieselantrieb [78, 79, 80]	32
Tab. 20: EMPA: Motorwirkungsgrade von Bussen [82]	33
Tab. 21: Aktuell auf dem Markt angebotene CNG-SNF.....	36

1. Veranlassung

Aktuelle Erhebungen zeigen, dass der Verkehr im Jahr 2003 in Österreich erstmals einen größeren Beitrag zur Freisetzung von klimarelevantem CO₂ als die Industrie geleistet hat und bei den Treibhausgasemissionen weiterhin für den zweitgrößten Beitrag verantwortlich ist [1]. Die Stadt Wien hat sich es sich daher schon seit langem zum Ziel gesetzt, ihre Emissionen an Treibhausgasen insgesamt und insbesondere auch im Verkehrssektor zu reduzieren, u.a. mit dem Programmpunkt **Fuhrpark effizient** des Klimaschutzprogramm (KliP Wien [2]).

Die Abteilung Technischer Einkauf in der Magistratsabteilung MA 48, zuständig für die Beschaffung der Fahrzeuge des städtischen Fuhrparks, hat die BZL GmbH beauftragt, eine Kurzstudie zum Themenkomplex Erdgasfahrzeuge zu erstellen. Konkret soll die Leistungsfähigkeit von Erdgas-Fahrzeugen unter Berücksichtigung der Nutzlast getrennt nach Fahrzeugtyp (Pkw (Teil I, fertig gestellt am 30.5.2005 [3]) und Nutzfahrzeuge (Teil II)) untersucht werden.

2. Kenndaten für Nutzfahrzeuge

Es ist zu unterscheiden zwischen leichten (LNF) und schweren Nutzfahrzeugen (SNF):

- LNF: Fahrzeuge bis zu einem höchst zugelassenen Gesamtgewicht von 3,5 t, wie
 - Transporter
- SNF: Fahrzeuge über 3,5 t bis zu einem höchst zugelassenen Gesamtgewicht von 38 t, wie
 - Lastkraftwagen (Lkw)
 - größere Transporter
 - Sattelschlepper (Sattelmotorfahrzeuge, Sattelzüge)
 - Busse (Linien- bzw. Reisebusse).

2.1. Leistung und Kraftstoffverbrauch

Der Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen wird von einer Vielzahl von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Sie hängen nach Rieke [4] einerseits von den Einsatzbedingungen des Fahrzeuges ab, die je nach Einzelfall stark variieren, insbesondere die Geschwindigkeit. So ergaben Untersuchungen des Rheinisch-Westfälischen TÜV [5] an drei verschiedenen Diesel-betriebenen LNF – Mercedes Sprinter, Fiat Ducato und Ford Transit –, dass bei Konstantfahrten in den höheren Geschwindigkeitsbereichen bei allen Prüffahrzeugen der Kraftstoffverbrauch und damit die CO₂-Emissionen um ca. 50 % bei 140 km/h im Vergleich zu 110 km/h zunahmen.

"Dies ist auf den Umstand zurückzuführen, dass die Fahrwiderstandsleistung mit der 3. Potenz der Geschwindigkeit ansteigt und die Bauform dieser Fahrzeuge sich in höheren

Geschwindigkeitsbereichen negativ auswirkt. Bei realem und mehr dynamischem Betrieb sind die Anstiege geringer (35% bis 45%), weil die ständigen Geschwindigkeitsschwankungen des realen Betriebs zu höherem Verbrauch gegenüber der Konstantfahrt führt und dieser Einfluss bei niedrigen Geschwindigkeiten höher ist als bei hohen Geschwindigkeiten."

Auch nahm die Schadstoffemission mit dem Anstieg der Geschwindigkeit zu:

"Die für Dieselmotoren kritischen Schadstoff-Komponenten NO_x und Partikel zeigten im Allgemeinen eine Steigerung mit zunehmender Geschwindigkeit, im Extremfall bei der Partikelemission bis zum 6,5-fachen des Wertes bei 140 km/h Konstantfahrt bezogen auf 110 km/h und bei der NO_x-Emission bis zum 1,7-fachen. Bei höheren maximalen Geschwindigkeiten (> 140 km/h) ist zu erwarten, dass sich der Trend zu noch höheren Werten für die NO_x- und Partikelemissionen, für den Kraftstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen für die heutigen Fahrzeugkonzepte fortsetzen wird."

Weitere Einflussgrößen hinsichtlich der Emissionen sind Art, Zustand und Führung der Straße, Verkehrsfluss, Wetterbedingungen und vor allem Fahrerverhalten. Letzteres kann durch Schulungen und Fahrsimulation auf verringerten Treibstoffverbrauch hin trainiert werden, wie z.B. durch die von der MA 48 durchgeführten Schulungen am Eco-Drive-Simulator [6].

Der zweite Einflussbereich für den Kraftstoffverbrauch ist die Fahrzeugtechnik. Wichtig sind hier vor allem Motorkonzept, Fahrzeuggewicht und -belastung, aerodynamische Eigenschaften (s.o., Studie RWTÜV) und, mit zunehmender Bedeutung, Zusatzausstattungen (z. B. Klimaanlage, elektronische Bedienelemente). Durch letztere kann sich das Leergewicht des Fahrzeuges verändern, wodurch die Nutzlast, die Fahrleistungen, Kraftstoffverbräuche und CO₂-Emissionen beeinflusst werden.

Und schließlich hängt der Durchschnittsverbrauch einer Fahrzeugflotte von der Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes nach Größenmerkmalen ab, da größere und schwerere Fahrzeuge immer einen höheren Verbrauch aufweisen als kleinere.

2.2. Emissionen

Bei der Verbrennung von Treibstoffen wie Benzin, Diesel und auch Erdgas werden insbesondere klimarelevantes CO₂, Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂), Kohlenwasserstoffe (HC) und bei Dieselfahrzeugen darüber hinaus Partikel (Feinstaub) freigesetzt. Die Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen sind in mehreren Europäischen Richtlinien begrenzt. Die beiden folgenden Tabellen und Grafiken zeigen die Grenzwerte für zulässige Schadstoffemissionen von leichten (LNF) (Tab. 1 nach [7] und Bild 1) sowie von schweren Nutzfahrzeugen (SNF) (Tab. 2 nach [8] und Bild 2).

Tab. 1: Grenzwerte für Schadstoffemissionen leichter Nutzfahrzeuge [7]

Nutzlast g/km	< 1.305 kg		1.305 - 1.760 kg		>1.760 kg	
	Otto	Diesel	Otto	Diesel	Otto	Diesel
EURO III	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01	98/69/EG 3.Stufe ab 1.1.2000/01
CO	2,30	0,64	4,17	0,80	5,22	0,95
HC	0,20		0,25		0,29	
NOx	0,15	0,50	0,18	0,65	0,21	0,78
HC + NOx		0,56		0,72		0,86
Partikel		0,05		0,07		0,10
EURO IV (Typ/Serie)	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06	98/69/EG 4.Stufe ab 1.1.2005/06
CO	1	0,5	1,81	0,63	2,27	0,74
HC	0,1		0,13		0,16	
NOx	0,08	0,25	0,1	0,33	0,11	0,39
HC + NOx		0,3		0,39		0,46
Partikel		0,025		0,04		0,06

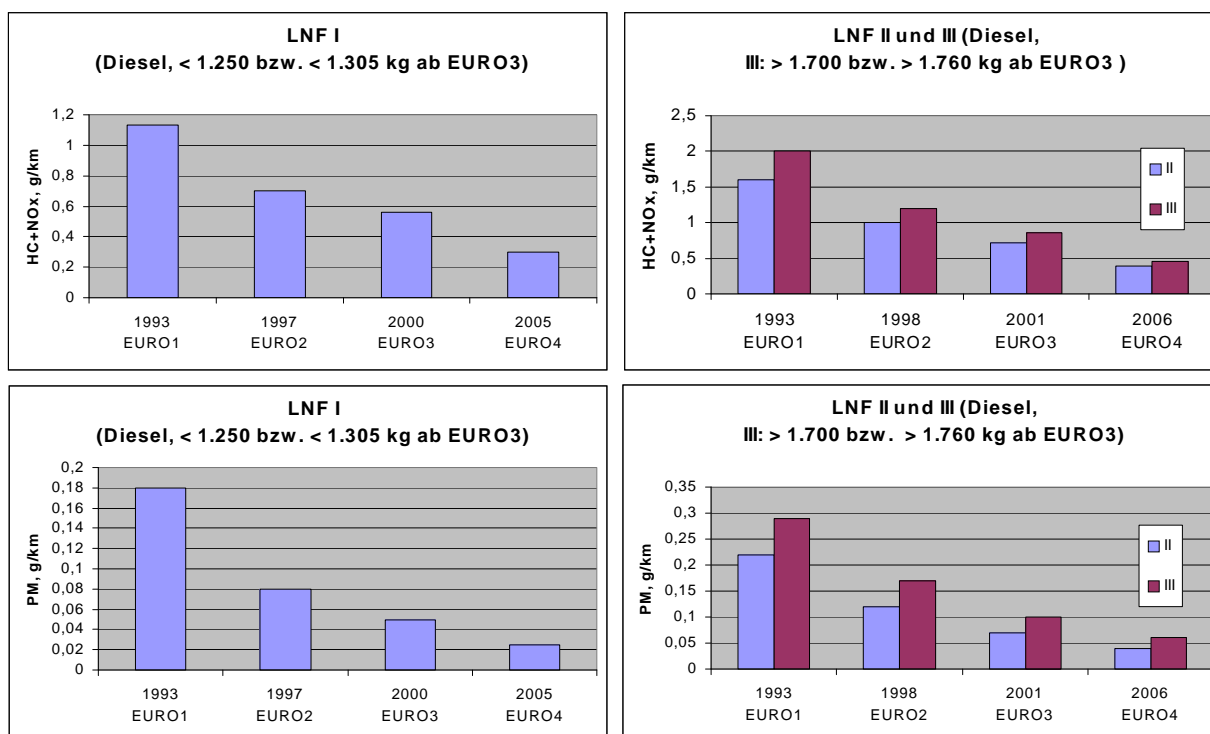


Bild 1: EURO-Grenzwerte für die Serienproduktion von Diesel-LNF für die Summe aus Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden (HC+NOx) sowie für Partikel (PM), jeweils in g/km (Achtung: ab EURO3: verschärftes Prüfverfahren)

Bei den SNF wird nicht die Emission am kompletten Fahrzeug auf dem Rollenprüfstand gemessen, sondern die Emission des Motors auf dem Motorenprüfstand in einer definierten Folge von Betriebszuständen. Deshalb werden die Emissionen auch nicht in g/km angegeben und begrenzt, sondern in g/kWh, d.h. bezogen auf die im Test abgegebene Arbeit des Motors [9].

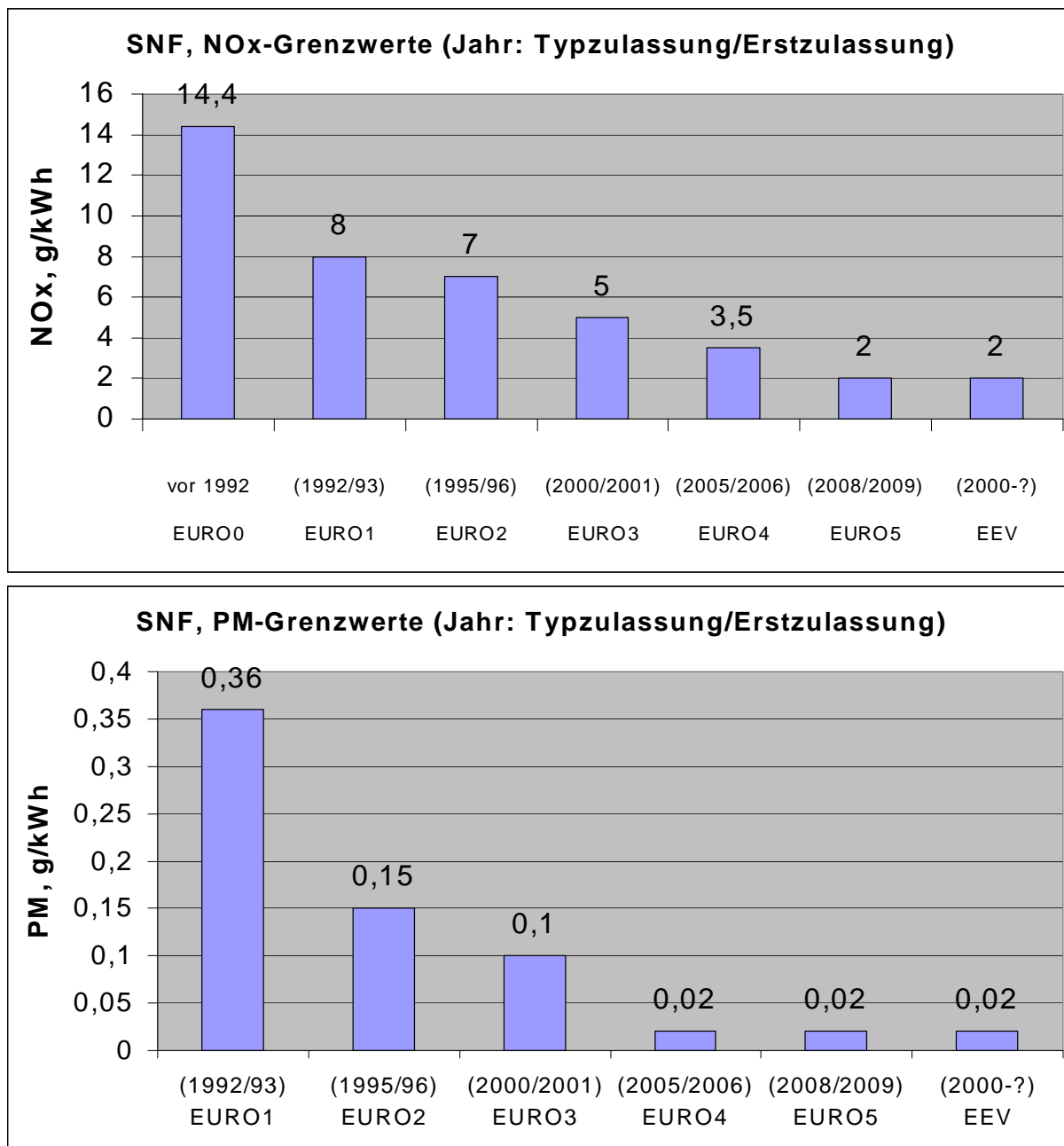


Bild 2: EURO-Grenzwerte für SNF für Stickoxide (NO_x) sowie für Partikel (PM), jeweils in g/kWh (Achtung: ab EURO3: verschärftes Prüfverfahren, hier ESC/ELR); EEV: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Tab. 2: Abgasgrenzwerte für Lkw und Busse (Grenzwerte für die Typprüfung) [8]

	Richtlinie	g/kWh	CO	HC	NOx	Partikel	Methan c)	Rauch- trübung
(Grenzwerte im 13- Stufen-Test)	88/77EWG seit 1988/1990		11,2	2,4	14,4	-	-	
	91/542/EWG, 1. Stufe ab 1.7.1992	EURO I	4,5	1,1	8	0,36 *	-	
	91/542/EWG, 2. Stufe ab 1.10.1995	EURO II	4	1,1	7	0,15	-	
(Grenzwerte für ESC- und ELR- Prüfung)	1999/96/EG, Stufe A ab 2000	EURO III	2,1	0,66	5	0,10; 0,13a)	-	0,8
	1999/96/EG, Stufe B1 ab 2005	EURO IV	1,5	0,46	3,5	0,02	-	0,5
	1999/96/EG, Stufe B2 ab 2008	EURO V	1,5	0,46	2	0,02	-	0,5
	1999/96/EG, Stufe C EEV**	EEV**	1,5	0,25	2	0,02	-	0,15
(Grenzwerte für ETC-Prüfung)	1999/96/EG, Stufe A ab 2000	EURO III	5,45	0,78	5	0,16; 0,21a)	1,6	-
	1999/96/EG, Stufe B1 ab 2005	EURO IV	4	0,55	3,5	0,03	1,1	-
	1999/96/EG, Stufe B2 ab 2008	EURO V	4	0,55	2	0,03	1,1	-
	1999/96/EG, Stufe C EEV**	EEV**	3	0,40	2	0,02	0,66	-

* Auf den Grenzwert für die Partikelemission wird bei Motoren mit einer Leistung von höchstens 85 kW ein Koeffizient von 1,7 angewandt.

** Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

Messungen für EURO I und II erfolgen im 13-Stufen-Test

Messungen für EURO III bis V erfolgen im ESC und ELR-Verfahren bzw. ETC-Test

a) Für Motoren mit einem Hubraum von unter 0,75 dm³ je Zylinder und einer Nennleistungsdrehzahl von über 3.000 U/min

c) Gilt nicht für mit Gas betriebene Motoren in Stufe A und Stufe 2000 und 2005 und 2008

EEV: Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

EEV ist der derzeit anspruchsvollste europäische Abgasstandard für Busse und Lkw. Er stellt bei Lkw und Bussen hinsichtlich der Emission von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen, Partikeln und Methan (außer für Gasmotoren) strengere Anforderungen als der Standard EURO5, der an alle neuen Fahrzeugtypen ab Oktober 2008 gilt.

ESC: European Stationary Cycle

ELR: European Load Reponse Test

ETC: European Transient Cycle

Die Emission von CO₂ von LNF und SNF ist nicht begrenzt. Erdgas betriebene Fahrzeuge weisen generell eine niedrigere CO₂-Emission auf als mit Benzin oder Diesel betriebene Fahrzeuge, da bezogen auf den gleichen Energiegehalt bei der Verbrennung von Erdgas rund 25 % weniger klimarelevantes CO₂ (198 g CO₂/kWh) produziert wird als bei der Verbrennung von Heizöl (263 g CO₂/kWh)). Zudem führt der Erdgaseinsatz in Fahrzeugen zu einer deutlich niedrigeren Freisetzung von Ruß und Partikeln (Feinstaub), was insbesondere für die lokale Luftqualität von Vorteil ist. Serienmäßig mit Dieselpartikelfilter ausgerüstete Dieselfahrzeuge emittieren allerdings ebenfalls nur noch sehr wenig Partikel.

2.3. Reichweite

Die Reichweite der Erdgasfahrzeuge hängt von der Größe bzw. Inhalte des Erdgas- und Benzintank sowie den jeweiligen Kraftstoffverbräuchen ab. Leichtere und sparsame Fahrzeuge haben daher auch bei den Reichweiten grundsätzlich erhebliche Vorteile. Der

Benzinvorrat im Nottank monovalenter Fahrzeuge mit einer Größe von maximal 14 l reicht in der Regel für eine Fahrleistung von unter 200 km aus. Bivalente Fahrzeuge können Entfernungen knapp über 1.000 km ohne Nachtanken erreichen, davon entfällt allerdings ein Großteil der Strecke auf den Benzinantrieb.

2.4. Nutzlast/maximale Zuladung

Die Nutzlast ist die Differenz aus zulässigem Höchstgewicht eines Fahrzeugs und dem Leergewicht. Sie entspricht dem Gewicht der Ladung, die transportiert werden darf – die maximale Zuladung – und liegt bei Transportern (LNF) in der Größenordnung von 500 bis 1.000 kg. Bei bivalenten Fahrzeugen ist das Leergewicht durch den größeren Benzintank insgesamt größer als bei den baugleichen Otto- oder Dieselmotormodellen.

2.5. Ladevolumen

Die Montage der Gastanks bivalenter Fahrzeuge erfolgt heute zumeist unter dem Wagenboden (Unterfluranbringung), wodurch es - anders als bei einer Montage im Laderaum - zu keiner Einschränkung des **Ladevolumens** kommen soll.

2.6. Wartung

Moderne Erdgas-Pkw sind nach [10] nicht wartungsintensiver als benzin- oder dieselbetriebene Fahrzeuge. Ob und inwieweit dies auch für Nutzfahrzeuge gilt, ist offen. Die Service- und Motorfahrzeugprüfintervalle für Erdgasfahrzeuge und solche auf Basis von konventionellem Treibstoff sind identisch. Zusätzlich muss jedoch die Erdgasinstallation einer Wartung und alle 36 Monate einer wiederkehrenden Prüfung für Fahrzeuge mit Erdgassystemen nach ECE-R110 [11] oder ECE-R115 [12] in dafür zertifizierten Werkstätten durch einen dafür ausgebildeten Fachmann unterzogen werden.

3. Leichte Nutzfahrzeuge mit CNG-Antrieb (CNG-LNF)

Der Markt der Erdgasfahrzeuge in Europa hat seinen Schwerpunkt auf dem Sektor Personenkraftwagen (Pkw). Dem relativ großen Angebot an CNG-Pkw steht ein vergleichsweise kleines Angebot an leichten CNG-Nutzfahrzeugen (CNG-LNF) gegenüber. Zu den LNF – höchst zugelassenes Gesamtgewicht: 3,5 t – zählen insbesondere die sog. Kleintransporter. Auf dem europäischen Markt werden CNG-Kleintransporter insbesondere von folgenden Herstellern angeboten:

- Citroën
- Ford
- Opel
- Renault
- Fiat
- Mercedes
- Peugeot
- Volkswagen (VW).

Daneben bietet die Firma Iveco Transporter mit einem zugelassenen Gesamtgewicht von 3.500 kg, 5.200 kg oder 6.500 t an, von denen die zumindestens die beiden letztgenannten Varianten unter die Rubrik Schwere Nutzfahrzeuge fallen. Iveco stuft auch seine CNG-3,5-Tonner als SNF ein, da für diese die Abgasnorm EEV angegeben wird, die nur für Lkw und Busse gilt, vgl. Tab. 2

In diesem Kapitel sollen die angebotenen CNG-Transporter mit baugleichen oder von der Leistung her ähnlichen Fahrzeugmodellen – möglichst desselben Anbieters – verglichen werden. Bei den Verbrauchsdaten für Kraftstoffe werden die Daten für Mischstrecken angegeben.

3.1. Kleintransporter der Firma Citroën

Die Firma Citroën hat auf dem deutschsprachigen Markt bislang zwei Modelle mit unterschiedlichen Namen angeboten, den Berlingo und den Jumper, vgl. Tab. 3.

Tab. 3: CNG-Transporter der Firma Citroën 2006

Modell	Name	Land	Bemerkungen
Berlingo	Berlingo Kastenwagen bivalent	Deutschland	
	Berlingo Multispace Plus bivalent	Deutschland	laut Webseite kein Nutzfahrzeug, sondern Pkw ^①
	Berlingo Multispace 1.4 GNV	Schweiz	
Jumper	Jumper 33MH Bivalent	Deutschland	nur noch mit Dieselmotor ^②
	Jumper 2.0 GNV	Schweiz	nur bis 4/2006 ^③

① <http://www.citroen.de/CWG/nutzfahrzeuge/Erdgasfahrzeuge/PKW/BERLINGO+Multispace+Plus+Bivalent/>

② <http://citroen-jumper.com/de/>

③ <http://www.erdgasfahren.ch/index.php?id=19>

Der Jumper wird mittlerweile nicht mehr mit CNG-Antrieb angeboten, wie auch von der von Citroën beauftragten Agentur im April 2006 bestätigt wurde [13]. Informationen zu den Hintergründen liegen nicht vor.

Tab. 4 zeigt drei bivalente Berlingo-Modelle im Vergleich mit dem gleich leistungsfähigen (55 kW) Berlingo 1.4 mit Ottomotor. Danach weisen alle drei CNG-Berlingo-Transporter bei insgesamt höherem Leergewicht eine niedrigere maximale Zuladung von 31 bis 105 kg (minus 6 bis 21 %) auf als das vergleichbare Modell mit Ottomotor. Der verfügbare Laderaum verringert sich – aufgrund der Unterbringung der Gastanks im Kofferraum – um 100 bis 200 l (minus 4 bis 32 %). Bei gleicher Leistung (55 kW/75 PS) weisen die Benzinmotoren der CNG-Berlingo-Transporter eine gleiche oder (um 10 g CO₂/km) höhere spezifische CO₂-Emission pro km auf als der Berlingo-Transporter mit Ottomotor.

Tab. 4: Transporter der Firma Citroën: 3 bivalente Berlingo-Modelle im Vergleich mit einem Berlingo-Modell mit Ottomotor

Fahrzeug	Citroën Berlingo Kastenwagen 1.4 bivalent [14]	Citroën Berlingo Multispace Plus 1.4 bivalent [14]	Citroën Berlingo Multispace 1.4 GNV [15] (Schweiz)	Citroën Berlingo 1.4 [16]
Stand	12/2005	12/2005	7/2006	k.A.
Antrieb	bivalent	bivalent	bivalent	Benzin (Super)
Leistung Gas kW/PS	50 kW/68 PS	50 kW/68 PS	50 kW/68 PS	-
Leistung Benzin kW/PS	55 kW/75 PS	55 kW/75 PS	55 kW/75 PS	55 kW/75 PS
Hubraum	1.360 [16]	1.360	1.360	1.360 ccm
Montage der Gastanks	Kofferraum	Kofferraum	Kofferraum	-
Tankinhalt Gas	80 l (16 m ³ bei 200 bar)	80 l (16 m ³ bei 200 bar)	80 l (14 kg)	-
Tankinhalt Benzin	55 l	55 l	55 l	55 l
Treibstoffverbr./100 km				
➤ Gas	5,5 kg	5,5 kg	5,5 kg	-
➤ Benzin (Super)	7,4 l	7,4 l	7,8 l	7,4 l
Reichweite Gas	190 km	190 km	250 km	-
Reichweite Benzin	710 km	710 km	710 km	710 km
Gesamtreichweite	ca. 900 km	ca. 900 km	960 km	710 km
Abgasnorm	98/69 EG I, A (= EURO3)	EURO4	EURO4	EURO4
CO ₂ -Emissionen (g/km):				
➤ Gas	146	146	146	-
➤ Benzin	185 (175 [16])	175	185	175
Zuläss. Gesamtgewicht	1.715 kg	1.810 kg	1.810 kg	1.780 kg
Leergewicht ①	1.312 kg	1.333 kg	1.382 kg	1.272 kg
Zuladung (Nutzlast)	403 kg	477 kg	428 kg	508 kg
Laderaum (min./max.)	424 l [16]	k.A.	524 bis 2.700 l	624 bis 2.800 l
Delta Nutzlast zum Ottomotor-Modell	- 105 kg (- 21 %)	- 31 kg (- 6%)	- 80 kg (- 16%)	-
Delta Laderaum zum Ottomotor-Modell	- 200 l (- 32 %)	k.A.	- 100 l (- 4 bis - 16 %)	-

① Gewicht der Grundausstattung (inkl. vollem Tank und 75 kg Fahrergewicht), bei Sonderausstattungen höhere Gewichte

② Bezogen auf das Leergewicht, bei Sonderausstattungen geringere Zuladung

3.2. Kleintransporter der Firma Fiat

Die Firma Fiat hat auf dem deutschsprachigen Markt bislang zwei CNG-Transporter-Modelle angeboten, den Doblò Cargo und den Ducato, vgl. Tab. 5. Der Fiat Ducato wurde allerdings nur in der Schweiz als Modell Natural Power [17] angeboten (nur bis April 2006), in Deutschland [18] und Österreich [19] hingegen nicht.

Tab. 5: CNG-Transporter der Firma Fiat 2006

Modell	Name	Land	Bemerkungen
Doblò	Fiat Doblò Cargo Natural Power	Deutschland	neue Daten seit 11/2005
Ducato	Fiat Ducato Natural Power	Schweiz	nur bis 4/2006 ^①

^① Quelle: <http://www.erdgasfahren.ch/index.php?id=19>

Der Fiat Doblò Cargo wird in vier verschiedenen Kastenwagen-Varianten angeboten:

- Kastenwagen Basis: 3 Diesel-, 1 CNG-Variante
- Kastenwagen Basis mit Hochdach: 3 Diesel-, 1 CNG -Variante
- Kastenwagen Maxi Basis: 3 Diesel-Varianten
- Kastenwagen Panorama: 4 Diesel-Varianten, davon 2 mit Dieselpartikelfilter (DPF).

Tab. 6 zeigt den bivalenten Doblò Cargo Kastenwagen im Vergleich mit zwei baugleichen Diesel betriebenen Doblò Cargo Kastenwagen, wobei der 1.9 JTD Multijet 8V mit 74 kW einen annähernd gleich leistungsfähigen Motor wie der CNG-Doblò Cargo aufweist. Danach weist der bivalente Doblò-Transporter bei insgesamt höherem Leergewicht eine niedrigere maximale Zuladung von 30 bzw. 150 kg (minus 5 bzw. 20 %) auf als die baugleichen Modelle mit Dieselmotor.

Bei annähernd gleicher Leistung weist der Benzinmotor des CNG-Doblò-Transporter eine deutlich um 50 bzw. 71 g/km höhere spezifische CO₂-Emission auf als die Doblò-Transporter mit Dieselmotor. Selbst bei reinem Erdgas-Betrieb liegt die CO₂-Emission des Doblò-Transporters über der der beiden vergleichbaren Doblò-Dieselmotore.

Tab. 6: Fiat Doblò Cargo Kastenwagen Basis mit bivalentem oder Diesel-Antrieb (N = Normaldach, H = Hochdach)

Fahrzeug	Fiat Doblò Cargo 1.6 Natural Power [20, 21, 22]	1.3 JTD Multijet 8V [20, 23]	1.9 JTD Multijet 8V [20, 23]
Stand	07/2006	07/2006	07/2006
Antrieb	bivalent	Diesel	Diesel
Leistung Gas kW/PS	68 kW/92 PS	-	-
Leistung Benzin kW/PS	76 kW/103 PS	55 kW/75 PS	74 kW/100 PS
Hubraum (ccm)	1.596 ccm	1.248 ccm	1.910 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-	-
Tankinhalt Gas	24,6 kg (19 m ³) (22,0 kg [22])	-	-
Tankinhalt Benzin/Diesel	30 l (60 l [22])	60 l	60 l
Treibstoffverbr./100 km:			
➤ Gas	N: 5,9 kg / H: 6,0 l	-	-
➤ Benzin bzw. Diesel	N: 9,2 l / H: 9,4 l	N: 5,4 l / H: 5,6 l	N: 5,8 l / H: 6,2 l
Reichweite Gas	340 km (350 km [22])	-	-
Reichweite Benzin/Diesel	330 km (650 km [22])	~ 1.090 km ③	~ 1.000 km ③
Gesamtreichweite	670 km (1.000 km [22])	~ 1.090 km ③	~ 1.000 km ③
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4
CO ₂ -Emissionen (g/km):			
➤ Gas	171 (161 [22]) g/km	-	-
➤ Benzin bzw. Diesel	218 g/km	147 g/km [24]	168 g/km [24]
Zulässiges Gesamtgewicht (zGG)	N: 2.070 / H: 2.090 kg ②	N: 2.000 / 2.120 ② kg H: 2.020 / 2.140 ② kg	N: 2.010 / 2.130 ② kg H: 2.030 / 2.150 ② kg
Leergewicht ①	N: 1.455 / H: 1.465 kg	N 1.345 / H: 1.365 kg	N 1.355 / H: 1.375 kg
Zuladung (Nutzlast)	N / H: 625 ② kg	N / H: 655 / 775 ② kg	N / H: 655 / 775 ② kg
Laderaum (min./max.)	N: 3,2 / H: 3,8 m ³ (N: 0,53 m ³ [22])	N: 3,2 / H: 3,8 m ³	N: 3,2 / H: 3,8 m ³
Delta Nutzlast zum Diesel-Modell	30 kg 150 kg ②	-	-

① Leergewicht inkl. vollem Benzintank, vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

② aufgelastete Version

3.3. Kleintransporter der Firma Ford

Die Firma Ford bietet auf dem deutschsprachigen Markt bislang als einzigen CNG-Transporter den Ford Transit CNG an, in den Ausführungen Kastenwagen, Kombi, Pritschenwagen und als Fahrgestell, lieferbar jeweils in unterschiedlichen Radständen und vielen Varianten. Die verfügbaren Angaben zu den Ford-Transportern sind veraltet und konnten nicht aktualisiert werden.

- Der Versuch einer Bestellung von Katalogen blieb vorerst erfolglos, die Ford-Werke GmbH antwortete mit Schreiben vom 17.5.2006, dass derzeit wegen der großen Nachfrage keine Kataloge verfügbar seien. Die im September 2006 von Ford übersandten Kataloge beinhalteten keine Angaben zu den CNG-Modellen. Im Katalog "Ford Transit Fahrgestelle/Pritschen (Stand 2/2006) heißt es auf Seite 11: *"Für Modelle mit Heckantrieb steht ein neuer 2,3 l Duratec-Benzinmotor mit 107 kW (145 PS) zur Verfügung, der auch mit alternativen Kraftstoffen wie Flüssig- oder Erdgas betrieben werden kann."* Weitere Angaben werden nicht gemacht.
- www.ford.de (Ford-Webseite): Ein technisches Datenblatt oder ein Prospekt wird nicht zum Download angeboten; auch sind technische Details nicht online verfügbar. Die zum Download bereitgestellten Ford Transit-Kataloge [25] beinhalten nicht das Angebot für die CNG-Versionen. Auf der Seite mit den Verbrauchswerten [26] sind keine Verbrauchs- und CO₂-Emissionswerte für den Ford Transit CNG wiedergegeben.
- www.erdgasfahrzeuge.de: Der dort eingestellte Katalog ist nicht aktuell (8/2006), sondern gibt den Stand 3/2003 wieder.
- www.erdgasfahren.ch: Es sind keine Ford-Fahrzeuge gelistet.

Es musste daher für die Zusammenstellung in Tab. 7 auf Sekundärquellen zurückgegriffen werden, wobei viele Lücken offen bleiben.

Tab. 7: Ford Transit CNG und vergleichbare Diesel betriebene Ford Transit-Modelle (K/M/L = Kurzer/Mittlerer/Langer Radstand)

Fahrzeug	Ford Transit CNG [27] (Kasten/Kombi)	Ford Transit CNG [27] (Pritsche)	Ford Transit Kasten PKW und Kombi, 2,2 l TDCi	Ford Transit Kasten PKW und Kombi, 2,4 l TDCi
Stand	3/2003 und jünger	3/2003 und jünger	8/2006	8/2006
Antrieb	bivalent (2,3 l DOHC)	bivalent (2,3 l DOHC)	Diesel	Diesel
Leistung Gas kW/PS	93 kW/126 PS	93 kW/126 PS	-	-
Leistung Benzin kW/PS	107 kW/145 PS	107 kW/145 PS	96 kW/130 PS	103 kW/140 PS
Hubraum	2.300 ccm [28]	2.300 ccm [28]	k.A.	k.A.
Montage der Gastanks	übereinander hinter der Sitzreihe, ab mittellangem Radstand auch Unterflurbauweise möglich	Gasflaschen längs, Unterflur	-	-

Fahrzeug	Ford Transit CNG [27] (Kasten/Kombi)	Ford Transit CNG [27] (Pritsche)	Ford Transit Kasten PKW und Kombi, 2,2 l TDCi	Ford Transit Kasten PKW und Kombi, 2,4 l TDCi
Tankinhalt Gas	160 l 23,5 bis 29 kg [28]	160 l [168 l / 30 kg ②]	-	-
Tankinhalt Benzin	80 l [28]	80 l [29]	k.A.	k.A.
Treibstoffverbr./100 km				
➤ Gas	8,6 kg	Ø 8,9 kg	-	-
➤ Superbenzin/Diesel	ca. 11 l	Ø 10,6 l [29]	7,7 - 7,9 l [26]	9,0 - 9,8 l [26]
Reichweite Gas	250 bis 300 km	300 km [max. 400 km ②]	-	-
Reichweite Benzin/Diesel	755 km	755 km	k.A.	k.A.
Gesamtreichweite	1.005 bis 1.055 km	1.075 km [1.155 km ②]	k.A.	k.A.
Abgasnorm	EURO4	EURO4	k.A.	k.A.
CO ₂ -Emissionen (g/km):				
➤ Gas	205 g [29]	205 g [29]	-	-
➤ Benzin/Diesel	254 g [29]	254 g [29]	204 bis 206 g [26]	238 bis 260 g [26]
Zuläss. Gesamtgewicht	3.300 kg [30]	3.300 kg [30]	k.A.	k.A.
Leergewicht ①	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zuladung (Nutzlast)	k.A.	k.A.	K: 943 bis 1.610 kg M: 1.030 - 1.696 kg L: 1.196 - 1.664 kg [31]	K: 943 bis 1.610 kg M: 1.030 - 1.696 kg L: 1.196 - 1.664 kg [31]
Laderaum (min./max.)	k.A.	k.A.	K: 5,8 bis 7,7 m ³ M: 7,2 bis 10,0 m ³ L: 9,6 bis 11,6 m ³ [31]	K: 5,8 bis 7,7 m ³ M: 7,2 bis 10,0 m ³ L: 9,6 bis 11,6 m ³ [31]
Delta Nutzlast zum Diesel-Modell	220 kg ③	220 kg ③		
Delta Laderaum zum Diesel -Modell	k.A.	k.A.		

① Leergewicht inkl. vollem Benzintank, vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

② Seit Mai 2005 wird der Ford Transit CNG Pritschenwagen standardmäßig ausschließlich mit drei jeweils 56 Liter fassenden Erdgastanks ausgeliefert (bislang: zwei 80-Liter-Tanks). Dadurch steigt das Erdgas-Fassungsvermögen nun von 160 auf 168 Liter (= 30 kg Erdgas). In der Praxis bedeutet dies rund 20 Kilometer mehr Reichweite. Darüber hinaus ist dieses Fahrzeug nun auf Wunsch - in Verbindung mit dem langen Radstand - auch mit einem vierten, ebenfalls 56 Liter fassenden Erdgastank lieferbar. Das Tankvolumen des Ford Transit CNG Pritschenwagen mit langem Radstand steigt dann sogar auf 224 Liter (= 38,6 kg Erdgas). In Abhängigkeit von der Erdgasbeschaffenheit, der Fahrweise sowie den Straßen- und Verkehrsverhältnissen reicht dies für mehr als 400 Kilometer. Hinzu kommt, unabhängig vom Radstand, jeweils der serienmäßige 80-Liter-Benzintank, so dass die Gesamtreichweite des Ford Transit CNG Pritschenwagen über 1.000 Kilometer betragen kann [32].

③ Mehrgewicht wegen bivalenten Antriebs [27]

Aufgrund der unzureichenden Datenlage kann nur konstatiert werden, dass die spezifischen CO₂-Emissionen der Transit-Modelle eine ökologische Überlegenheit der CNG-Modelle nicht erkennen lassen. Für andere Luftschadstoffe (EURO-Abgasnorm) fehlen die Angaben.

3.4. Kleintransporter der Firma Mercedes

Die Firma Mercedes hat in der Vergangenheit den monovalenten Transporter Sprinter NGT in folgenden Varianten angeboten:

- Mercedes Sprinter NGT Kombi
- Mercedes Sprinter NGT Kastenwagen
- Mercedes Sprinter NGT Pritschenwagen

In den aktuellen Preislisten für Deutschland [33], Österreich [34] und Schweiz [35], gültig ab 1.5.2006, sind keine Erdgas betriebenen Sprinter-Modelle mehr aufgeführt.

3.5. Kleintransporter der Firma Opel

Die Firma Opel bietet als einzigen Erdgas betriebenen Transporter das Modell Combo an:

- als Combo Kastenwagen / Tour 1.6 CNG in Österreich [36] und Deutschland [37]
- als Erdgas Opel Combo Van 1.6 CNG in der Schweiz [38].

Bei dem CNG-Combo handelt es sich, da es nur über einen Benzin-Nottank (14 l) verfügt, per Definition um ein monovalentes Erdgas-Modell. Neben dem CNG-Combo bietet Opel vier weitere Combo-Modelle mit Benzin- oder Dieselantrieb an, drei davon ebenfalls mit EURO4. Diese drei Modelle werden für den Vergleich in Tab. 8 herangezogen.

Bei einem höheren zulässigen Gesamtgewicht weist der CNG-Transporter ein höheres Leergewicht und die gleiche Nutzlast auf wie die baugleichen anderen drei Transporter. Werden diese mit der Sonderausstattung "Erhöhte Nutzlast" versehen, weisen sie eine Erhöhung der Nutzlast um rund ein Drittel auf. Aufgrund der Unterflur-Anbringung der Gastanks gibt es keine Unterschiede hinsichtlich des Laderaums. Die Reichweite bei reinem Gasbetrieb beträgt weniger als die Hälfte der Reichweite der anderen Modelle, und selbst bei kombiniertem Betrieb erreicht das CNG-Modell nur 60 bis maximal 70 % der Reichweite der anderen Modelle.

Die CO₂-Emission des Gasmotors des Opel Combo 1.6 CNG liegt um 6 bis 17 % unter, die des Benzin(not)motors um 13 % bis 23 % über der der anderen Modelle.

Für den Opel Combo 1.6 CNG wird im Gegensatz zu den anderen betrachteten Modellen keine Sonderausstattung "Erhöhte Nutzlast" angeboten. Dadurch erhöht sich die Nutzlast der konventionell betriebenen Opel Combo-Modelle um 163 bzw. 169 kg entsprechend 34 % des Nutzlast der nicht aufgelasteten Modelle.

Tab. 8: Opel Combo-Transporter mit monoivalent^{plus®}, Benzin- oder Dieselantrieb

Fahrzeug	Opel Combo 1.6 CNG [36]	Opel Combo 1.4 TWINPORT ECOTEC®	Opel Combo 1.7 CDTI ECOTEC® Common Rail	Opel Combo 1.3 CDTI + DPF Common Rail
Stand	7/2006	7/2006	7/2006	7/2006
Antrieb	Erdgas/Benzin (monoivalent ^{plus®})	Super bleifrei	Diesel	Diesel
Leistung Gas kW/PS	71 kW/97 PS	-	-	-
Leistung Benzin kW/PS	55 kW/75 PS [38]	66 kW/90 PS	74 kW/100 PS	55 kW/75 PS
Hubraum	1.598 ccm	1.364 ccm	1.686 ccm	1.248 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-	-	-
Tankinhalt Gas	19 kg	-	-	-
Tankinhalt Benzin	14 l	52 l	52 l	52 l
Treibstoffverbr./100 km				
➤ Gas	4,8 kg	-	-	-
➤ Benzin	ca. 7,8 l [38]	6,3 - 6,5 l	5,2 - 5,4 l	5,1 - 5,3 l
Reichweite Gas	390 km [38]	-	-	-
Reichweite Benzin	180 km [38]	810 km	980 km	1.000 km
Gesamtreichweite	570 km [38]	810 km	980 km	1.000 km
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4
CO ₂ -Emissionen (g/km):				
➤ Gas	130 g	-	-	-
➤ Benzin	ca. 180 g [38]	151 - 156 g	140 - 146 g	138 - 143 g
Zuläss. Gesamtgewicht	1.945 kg	1.710/1.925Ⓣ kg	1.840/2.055Ⓣ kg	1805/2.020Ⓣ kg
Leergewicht ①	1.457 kg	1.222/1.268Ⓣ kg	1.352/1.398Ⓣ kg	1.322/1.369Ⓣ kg
Zuladung (Nutzlast)	488 kg	488/657Ⓣ kg	488/657Ⓣ kg	483/651Ⓣ kg
Laderaum (min./max.)	2.390/2.880 m ³ ③ 2.765/3.200 m ³ ④	2.390/2.880 m ³ ③ 2.765/3.200 m ³ ④	2.390/2.880 m ³ ③ 2.765/3.200 m ³ ④	2.390/2.880 m ³ ③ 2.765/3.200 m ³ ④
Delta Nutzlast zum CNG-Modell	-	0/+169 kg	0/+169 kg	-5/+163 kg
Delta Laderaum zum CNG-Modell	-	-	-	-

① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

② bei Sonderausstattung "Erhöhte Nutzlast"

③ Ohne/mit umklappbarem Beifahrersitz (VDA-Norm)

④ Ohne/mit umklappbarem Beifahrersitz max.

3.6. Kleintransporter der Firma Peugeot

Die Firma Peugeot hatte bislang zwei Erdgas-Fahrzeuge im Programm:

- Peugeot Boxer Kastenwagen Bivalent
- Peugeot Partner Kastenwagen Bivalent, Schweiz: Peugeot Partner 190 C 1.4 Erdgas.

Der Peugeot Boxer wird mittlerweile nicht mehr mit Erdgas-Antrieb angeboten, vgl. den neuen Boxer-Modellkatalog [39] sowie die Broschüre Preise, Ausstattungen und technische Daten zum 1. Juli 2006 [40]. Lediglich der Partner Kastenwagen ist weiterhin als bivalentes Modell auf dem Markt verfügbar. Dieser wird in Tab. 9 mit ansonsten baugleichen Modellen mit konventionellem Antrieb (hier nur Benzin, es sind aber auch Diesel-Modelle verfügbar) verglichen.

Bei dem Vergleich in Tab. 9 ergab sich das Problem, dass sich die Angaben von Peugeot die beiden bivalenten Fahrzeuge betreffend als nicht stimmig erwiesen; derzeit läuft eine Anfrage an Peugeot (Vorgangsnummer 2686847). Des weiteren sind in den beiden zitierten Technischen Datenblättern von Peugeot zu den bivalenten [41] bzw. den konventionell betriebenen Partner-Modellen [43], Stand 1.9.2006, unterschiedliche Angaben für das gleiche Modell enthalten. Das von den Abmessungen und der Ausstattung identische Modell auf dem Schweizer Markt [42] (Stand 7/2006) weist wiederum bei einigen Kenngrößen weitere Abweichungen auf, die aber nicht mehr in der folgenden Tabelle ausgewiesen sind.

Tab. 9: Peugeot Premium-Transporter mit bivalentem oder Benzin-Antrieb

Fahrzeug	Partner Kastenwagen 190 C, LKW Bivalent [41, 42]	Partner Kastenwagen 190 C, LKW [41]
Stand	9/2006	9/2006
Antrieb	bivalent	Super
Leistung Gas kW/PS	50 kW/68 PS	-
Leistung Benzin kW/PS	55 kW/75 PS	55 kW/75 PS
Hubraum	1.360 ccm	1.360 ccm
Montage der Gastanks	quer hinter Fahrer- und Beifahrersitz	-
Tankinhalt Gas	80 l	-
Tankinhalt Benzin	47 l	47 l
➤ Gas	55 l [42]	55 l [43]
➤ Benzin	5,4 kg [42]	-
	7,8 l [42]	8,4 l
Reichweite Gas	190 km	-
	250 km [42]	
Reichweite Benzin	710 km [42]	560 km (rechn.) 655 km (rechn.)
Gesamtreichweite	960 km [42]	560 km (rechn.) 655 km (rechn.)
Abgasnorm	98/69/EGIA © (= EURO3) EURO4 [42]	98/69/EGIA (= EURO3)

Fahrzeug	Partner Kastenwagen 190 C, LKW Bivalent [41, 42]	Partner Kastenwagen 190 C, LKW [41]
CO ₂ -Emissionen (g/km):		
➤ Gas	146 g/km	k.A.
➤ Benzin	185 g/km [42]	k.A.
Zuläss. Gesamtgewicht	1.850 kg	1.850 kg
Leergewicht ①	1.314 kg	1.314 kg 1.205 kg [43]
Zuladung (Nutzlast)	536 kg	536 kg 725 kg [43]
Laderaum (min./max.)	410 l③	410 l 3,0 m ³ [43]
Delta Nutzlast zum Benziner-Modell	0 kg bzw. - 189 kg	-
Delta Laderaum zum Benziner-Modell	0 kg ③ bzw. - 2,59 m ³	-

- ① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte
- ② möglicherweise vertauscht mit Peugeot PKW Partner Prémium 75, d.h. das bivalente Modell weist EURO4 auf, vgl. auch [42]
- ③ fraglich, da dort die Gastanks montiert sind (80 l)

Nicht nachvollziehbar sind die Angaben im Peugeot-Prospekt [41] zu den Laderäumen. So sind die Erdgastanks im Kofferraum platziert, vgl. Bild 3, was unmittelbar zur Folge hat, dass bei ansonsten gleicher Bauweise das Laderaumvolumen verringert wird.



Bild 3: Platzierung Erdgastanks im Erdgas Peugeot Partner 190 C 1.4 Erdgas [42]

Eine diesbezügliche Anfrage bei Peugeot wartet noch der konkreten Beantwortung. In einem Mail vom 19.9.2006 heißt es lapidar [44]: *"In der Tat können wir eine Unstimmigkeiten in der Preisliste nachvollziehen, die wir zur Korrektur an die Fachabteilung weitergeben. Auch die Verbrauchsangabe beim Erdgasantrieb werden wir prüfen lassen. Weil es für Nutzfahrzeuge*

keine gesetzliche Grundlage für Verbrauchsmessungen gibt (im Gegensatz zu Pkw), werden auch in Zukunft keine Verbrauchsmessungen bei Nutzfahrzeugen vorgenommen."

Eine endgültige Bewertung kann erst nach Bestätigung der Korrektheit der Daten durch Peugeot erfolgen.

3.7. Kleintransporter der Firma Renault

Die Firma Renault bietet als Erdgas-Fahrzeug den Kangoo Rapid an, der jedoch nach Darstellung auf der Renault-Webseite als Pkw eingestuft wird. Unter der Rubrik Transporter bietet Renault ebenfalls das Modell Kangoo Rapid an, allerdings nur für die Kraftstoffart Diesel oder Benzin, ohne die Option eines bivalenten Antriebs, vgl. den Konfigurator von Renault auf der Renault-Webseite [45] (Bild 4).

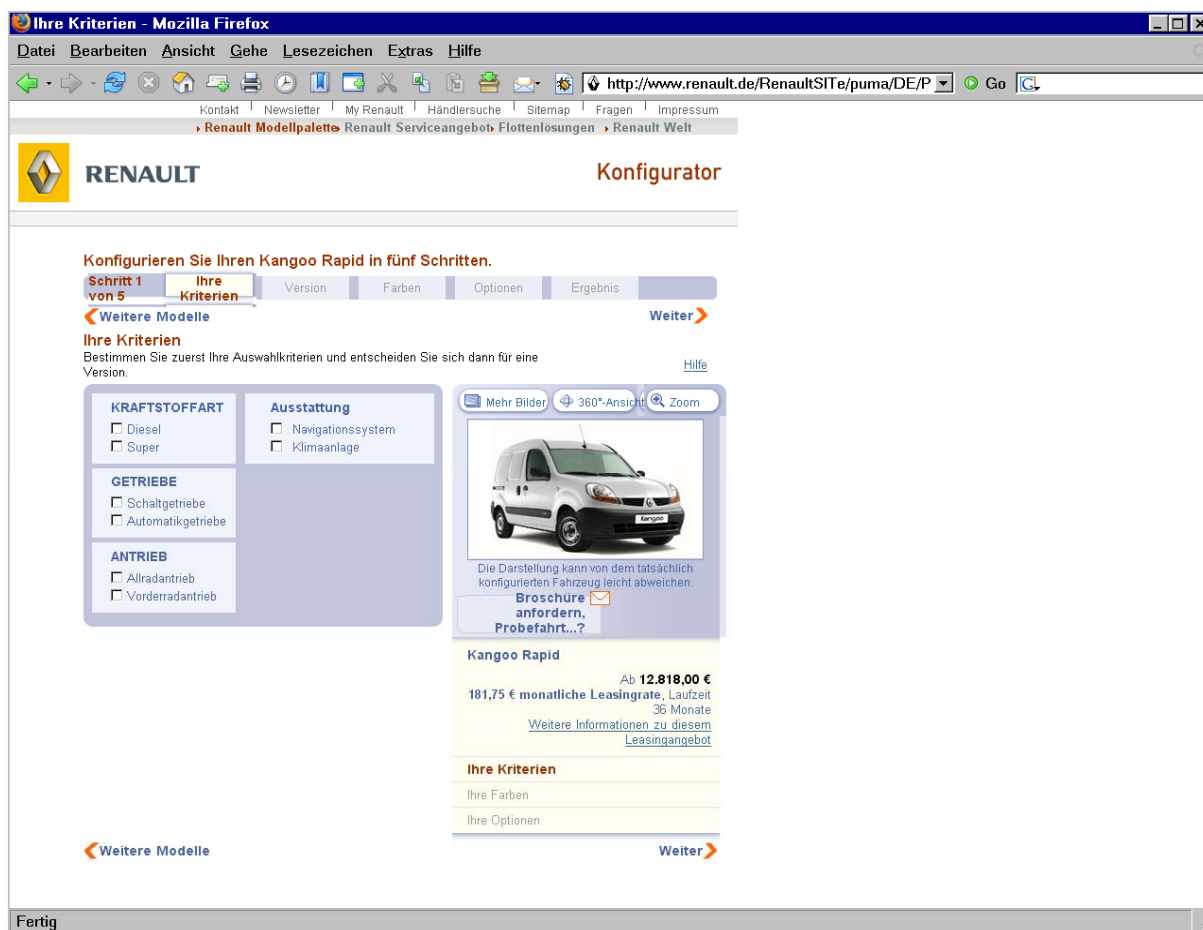


Bild 4: Konfigurator für den Renault Kangoo Rapid Transporter auf der Renault-Webseite [45]

3.8. Kleintransporter der Firma VW

Die Firma VW bietet als bivalenten Transporter den Caddy EcoFuel, vgl. Tab. 10.

Tab. 10: VW Caddy Kastenwagen mit quasi-monovalentem, Benzin- oder Dieselantrieb

Fahrzeug	VW Caddy EcoFuel 2,0 l [46]	VW Caddy 1,6 l Otto-Motor [46]	VW Caddy 1,9 l TDI-Motor [46]
Stand	5/2006		
Antrieb	quasi-monovalent	Super bleifrei 95 ROZ	Diesel
Leistung Gas kW/PS	80 kW	-	-
Leistung Benzin/Diesel kW/PS	k.A.	75 kW	77 kW
Hubraum	1.984 ccm	1.598 ccm	1.984 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-	-
Tankinhalt Gas	26 kg	-	-
Tankinhalt Benzin/Diesel	13 l	60 l	60 l
Treibstoffverbr./100 km			
➤ Gas	5,9 - 6,0 kg	-	-
➤ Benzin	8,7 l (rechn.) ②	6,5 l ③ ④	5,1 / 5,2 l ③ ⑤
Reichweite Gas	440 km [47]	-	-
Reichweite Benzin	150 km [47]	920 km (rechn.)	1.175 / 1.150 km (rechn.) ⑤
Gesamtreichweite	590 km [47]	920 km (rechn.)	1.175 / 1.150 km (rechn.) ⑤
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4
CO ₂ -Emissionen (g/km):			
➤ Gas	157 bis 158 g	-	-
➤ Benzin/Diesel	k.A.	197 bis 202 g ⑥	165 bis 167 g / 167 bis 170 g ⑤ ⑥
Zuläss. Gesamtgewicht	2.270 kg	2.152 kg	2.211 kg
Leergewicht ①	1.604 bis 1.722 kg	1.422 bis 1.540 kg	1.481 bis 1.599 kg
Zuladung (Nutzlast)	546 bis 666 kg	612 bis 730 kg	612 bis 730 kg
Laderaum (min./max.)	3,2 m ³	3,2 m ³	3,2 m ³
Delta Nutzlast zum EcoFuel-Modell	-	+64 bis +66 kg	+64 bis +66 kg
Delta Laderaum zum EcoFuel-Modell	-	0 m ³	0 m ³

- ① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte
- ② Für Super plus 98 ROZ. Die Verwendung von Super bleifrei 95 ROZ ist möglich, es muss hierbei mit einer geringen Leistungsminderung bzw. mit höherem Kraftstoffverbrauch gerechnet werden.
- ③ Kraftstoffverbräuche, l/100 km (ohne Zusatzausstattungen bei halber Nutzlast und konstant 90 km/h)
- ④ Die Verwendung von Normalbenzin 91 ROZ ist möglich, es muss hierbei mit einer geringen Leistungsminderung bzw. mit höherem Kraftstoffverbrauch gerechnet werden.
- ⑤ ohne/mit Dieselpartikelfilter
- ⑥ Caddy Combi 5-Sitzer

"Der Initiativkreis Erdgas als Kraftstoff Deutschland e.V. (IEK) hat den Caddy EcoFuel mit zirka 20 Prozent Abstand zum Wettbewerb im ersten Halbjahr als das meistverkaufte Erdgasfahrzeug ermittelt. In diesem Zeitraum sind insgesamt 6.838 Erdgasfahrzeuge an Kunden gegangen - davon alleine 1.664 Caddy Life, Kombi oder Kastenwagen. Damit erreicht das Modell einen Marktanteil von fast 25 Prozent bei Fahrzeugen mit Erdgasantrieb.", so VW auf seiner Nutzfahrzeuge-Webseite im August 2006 [48].

Der Caddy EcoFuel weist bei höherem Leergewicht als die baugleichen Otto- bzw. Dieselmotor-Varianten (+ 182 kg bzw. + 123 kg) eine niedrigere Nutzlast von 66 bzw. 64 kg als diese auf, was einer Verringerung der Nutzlast von 10,8 % bzw. 8,8 % entspricht. Aufgrund der Unterfluranbringung der Erdgastanks bei Caddy EcoFuel unterscheidet sich das Laderaumvolumen der betrachteten drei Modelle *nicht*.

Der Caddy EcoFuel weist bei reinem Erdgas-Betrieb mit 157 bis 158 g/km eine etwa um 6 bis 7 % geringere spezifische CO₂-Emission auf als der baugleiche und etwa genauso leistungsstarke VW Caddy 1,9 l TDI-Motor mit DPF mit 167 bis 170 g/km. Zu den CO₂-Emissionen bei Betrieb des EcoFuel mit Superbenzin liegen keine Angaben vor, der Verbrauch liegt jedoch deutlich (+ 34 %) über dem des beinahe leistungsgleichen Ottomotors, so dass die spezifischen Emissionen über der dieses Modells liegen, also weit mehr als 200 g CO₂/km betragen dürften. Damit steht der Einsparung von etwa 6 bis 7 % der CO₂-Emissionen eine Verringerung der Nutzlast um knapp 9 bis 12 % gegenüber.

Der Caddy ist für den gewerblichen Bereich zudem nur bis zu einem zulässigen Gesamtgewicht von 3,5 t einsetzbar: *"Bei gewerblicher Nutzung ist nach der EU Verordnung 3820/85 ab einem zul. Gesamtgewicht (zGG) von 3,5 Tonnen gesetzlich ein Tachograf vorgeschrieben. Das bedeutet, dass bei gewerblicher Nutzung 3,5 Tonnen zGG (zGG Zugfahrzeug plus zGG Anhänger) nicht überschritten werden dürfen. Ein Tachograf ist ab Werk für den Caddy nicht erhältlich und im Nachhinein auch nicht nachrüstbar."* [46]

VW bietet weitere Transporter mit einem zulässigen Gesamtgewicht unter 3.500 kg und teilweise deutlich stärkeren Motoren (bis 128 kW) und Nutzlasten mit über 1.000 kg, allerdings keine weiteren mit bivalentem bzw. quasi-monovalentem Antrieb [49].

3.9. Fazit Kleintransporter bis 3.500 kg

3.9.1. Leistung und Kraftstoffverbrauch

Die angebotenen Transporter (LNF) weisen überwiegend eine Motorleistung von 50 bis 80 kW bei Erdgas- und von 55 bis 76 kW bei Benzinbetrieb auf. Einzig der Ford Transit liegt mit 93 (E) und 197 kW (B) außerhalb dieses Bereichs. Der Kraftstoffverbrauch der angebotenen CNG-Transporter (LNF) steigt erwartungsgemäß mit der Motorleistung. Er beträgt 0,07 bis 0,11 kg Prüfgas pro kW bei Gas- und 0,10 bis 0,14 l Benzin pro kW bei Benzinbetrieb, jeweils bezogen auf eine Fahrleistung von 100 km.

3.9.2. Emissionen

Die angebotenen CNG-Transporter bis 3.500 kg Gesamtgewicht halten mit einer Ausnahme den Abgasstandard EURO4 ein. Lediglich der bivalente Berlingo Kastenwagen hält nur EURO3 ein. Bei den betrachteten Benzin- bzw. Diesel betriebenen Vergleichsmodellen halten ebenfalls alle bis auf eine Ausnahme (Peugeot Partner) EURO4 ein.

Die spezifischen CO₂-Emissionen der CNG-Transporter (LNF) bewegen sich alle im Bereich oberhalb von 140 g/km (E) bzw. 170 g/km (B). Sie steigen mit der Motorenleistung und in Abhängigkeit vom verwendeten Kraftstoff an. Bild 5 zeigt die Korrelation von Leistung und CO₂-Emission getrennt für den Gas- und Benzinbetrieb.

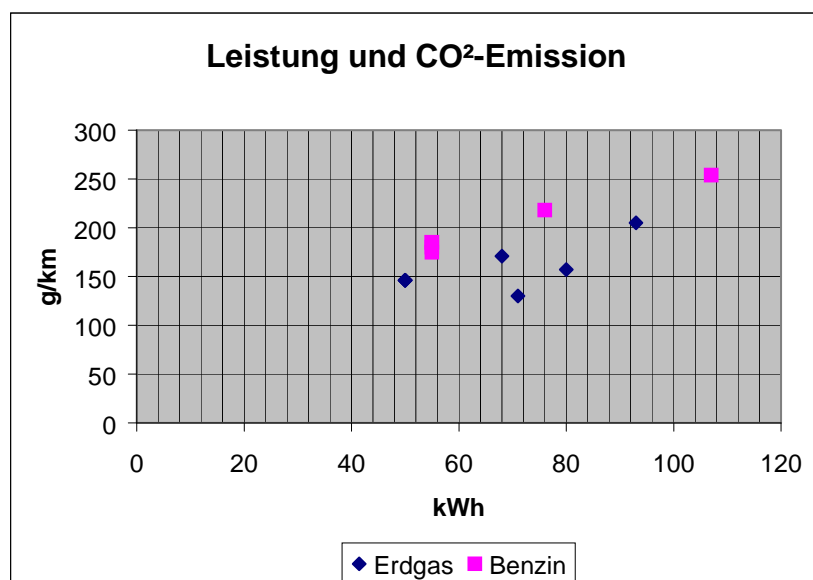


Bild 5: Leistung und CO₂-Emission von CNG-Transportern (LNF), bei CNG- und bei Benzin-Betrieb, Stand 9/2006

Die auf dem Markt verfügbaren bivalenten CNG-Transporter weisen bei Benzin-Betrieb in der Regel deutlich höhere spezifische CO₂-Emissionen auf als die konventionell betriebenen, aber ansonsten beinahe baugleichen Modelle des jeweiligen Herstellers. In einigen Fällen liegt die CO₂-Emission sogar bei reinem Erdgasbetrieb in der gleichen Größenordnung wie oder über der der konventionell betriebenen Modelle, die baugleich sind oder eine gleiches Leistungsspektrum bieten.

3.9.3. Reichweite

Die Reichweite der CNG-Transporter umfasst bei bivalentem Betrieb 190 bis 340 km mit Erdgas plus 650 bis 755 km mit Benzin-Betrieb. Bei (quasi-)monovalentem Betrieb reicht die Erdgastankfüllung für 390 bis 440 km und die Füllung des Benzinnottanks für weitere 150 bis 180 km. Die monovalenten Modelle erreichen somit eine Reichweite von 570 bis 590 km (68 bzw. 75 % davon bei Gasbetrieb), die bivalenten eine Reichweite von 900 bis 1.055 km

(davon aber nur 21 bis 34 % mittels Gasbetrieb). Die Reichweite der konventionell betriebenen Vergleichsmodelle liegt in der Regel ebenfalls im Bereich von 800 bis 1.100 km pro Tankfüllung.

3.9.4. Nutzlast/maximale Zuladung

Die CNG-Transporter sind in der Regel schwerer als die ansonsten baugleichen Benzin- oder Diesel betriebenen Modelle. Damit geht zumeist eine verringerte Nutzlast einher, wie:

- Citroën Berlingo: Die maximale Zuladung der drei CNG-Modelle ist um 31 bis 105 kg geringer als die des vergleichbaren Benziner-Modells; dies entspricht einem Minus von 6 bis 31 % der Nutzlast.
- Ford Transit: Das Mehrgewicht für die Erdgas-Ausrüstung wird mit 220 kg angegeben; das sind ca. 7 % des zulässigen Gesamtgewichts – d.h. die Nutzlast ist um ca. 13 bis 23 % verringert (Bezug: Nutzlast der Diesel betriebenen Vergleichsfahrzeuge).
- VW Caddy EcoFuel: Dieser weist bei höherem Leergewicht als die baugleichen Otto- bzw. Dieselmotor-Varianten (+ 182 kg bzw. + 123 kg) eine niedrigere Nutzlast von 66 bzw. 64 kg als diese auf, was einer Verringerung der Nutzlast von 10,8 % bzw. 8,8 % entspricht.

3.9.5. Ladevolumen

Das Ladevolumen der CNG-Transporter ist in der Regel dann geringer als bei den Vergleichsfahrzeugen, wenn die Unterbringung der Erdgastanks nicht unter Flur, sondern im Fahrzeug (Koffer- oder Gepäckraum) erfolgt. Beispiel:

- Citroën Berlingo: Die CNG-Modelle weisen ein um 100 bzw. 200 l geringeres Ladevolumen auf als das vergleichbare Benziner-Modell; dies entspricht einem Minus von 4 bis 32 % des Ladevolumens.

3.9.6. Wartung

Es liegen keine belastbaren Informationen zu einem höheren oder niedrigeren Wartungsaufwand der Erdgas-Fahrzeuge bezogen auf vergleichbare Benzin- oder Diesel-Modelle vor.

3.9.7. Entwicklung der Modellpalette

Während der Durchführung dieser Untersuchung im Zeitraum 2005 bis 2006 haben sich Veränderungen auf dem Markt der Erdgasfahrzeuge ergeben, die bemerkenswert erscheinen. So werden mittlerweile gleich fünf Erdgas betriebene Kleintransporter-Modelle nicht mehr von den Herstellern in ihrem Angebot geführt:

- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| • Citroën Jumper | • Peugeot Boxer |
| • Fiat Ducato | • Renault Kangoo (als LNF). |
| • Mercedes Sprinter | |

In wie weit hierfür mangelnder Absatz oder technische Probleme ursächlich sind, ist nicht bekannt. Es verbleiben mittlerweile nur noch acht CNG-Modelle von ebenso vielen Herstellern auf dem Markt der leichten Nutzfahrzeuge, hier Kleintransporter.

4. Schwere Nutzfahrzeuge mit CNG-Antrieb (CNG-SNF)

Zu den Schwere Nutzfahrzeugen zählen insbesondere

- Transporter ab 3.500 kg zulässigem Gesamtgewicht
- Busse (Linien- bzw. Reisebusse).
- Lastkraftwagen (Lkw) und Sattelschlepper (Sattelmotorfahrzeuge, Sattelzüge).

4.1. Transporter ab 3.500 kg

Die Firma Iveco offeriert auf dem deutschsprachigen Markt den Transporter Iveco Daily mit weit über 3.000 Varianten, die aufgrund der großen Vielfalt an Ausführungen, Aufbauhöhen, Laderaumgrößen, Motorisierungen und Federungen möglich sind. Das Daily-Modellprogramm untergliedert sich in drei verschiedene Baureihen für unterschiedlichste Einsatzzwecke:

- L-Reihe: der kompakte Transporter
- S-Reihe: der Spezialist für das Transportwesen
- C-Reihe: die besonders robuste Baureihe. Einsatzgebiete sind u.a. Baugewerbe, Baustellen, Straßendienst, Werkstattwagen und Müllabfuhr [50].

Zu den angebotenen Modell-Varianten zählt auch der Iveco Daily CNG, der im Gegensatz zu den CNG-Modellen anderer Anbieter monovalent ist, also ausschließlich mit Erdgas betrieben wird. Er wird in unterschiedlicher Konfiguration in den Baureihen S und C mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 3.500 kg und höher angeboten und zählt daher zu den schweren Nutzfahrzeugen (SNF), für die andere Abgasstandards gelten, vgl. Abschnitt 2.

In den folgenden drei Tabellen (Tab. 11 bis Tab. 13) wurden CNG- und Diesel-Transporter der Firma Iveco mit jeweils gleichem zulässigem Gesamtgewicht verglichen und dabei bei den Diesel-Fahrzeugen die Variante gewählt, deren Leistung (kWh) möglichst dicht an der des entsprechenden CNG-Fahrzeugs liegt. Aufgrund der verschiedenen möglichen Varianten können für interessierende Größen wie Nutzlast oder Ladevolumen nur Bereiche angegeben werden, was einen Vergleich erschwert. Zudem fehlen für die Diesel betriebenen Fahrzeuge Angaben zum Treibstoffverbrauch und zur Reichweite. Angaben zu spezifischen CO₂-Emissionen sind weder für die CNG- noch für die Diesel-Modelle verfügbar.

Tab. 11: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (1)

Fahrzeug	Iveco Daily CNG 35C 11 G und G/P Normalkabine [51, 52]	Iveco Daily CNG 35S 11 G und G/P Normalkabine [53]	35C 12 - Daily Chassis Cab [54]	35C 12 Heavy Duty - Daily Chassis Cab [55]
Stand	4/2005	4/2005	4/2005	4/2005
Antrieb	monovalent	monovalent	Diesel	Diesel
Leistung Gas kW/PS	78 kW/106 PS	78 kW/106 PS	-	-
Leistung Diesel kW/PS	-	-	85 kW/116 PS	85 kW/116 PS
Hubraum	2.798 ccm	2.798 ccm	2.287 ccm	2.287 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	Unterflur	-	-
Tankinhalt Gas	35,4 bis 40,2 kg	224 l [36 kg]	-	-
Tankinhalt Diesel	-	-	70 l	70 l
Treibstoffverbr./100 km:				
➤ Gas	Ø 7,5 kg (rechn.)	Ø 7,5 kg (rechn.)	-	-
➤ Diesel	-	-	k.A.	k.A.
Reichweite Gas	264 bis 300 km	269 km	-	-
Reichweite Diesel	-	-	k.A.	k.A.
Gesamtreichweite	264 bis 300 km	269 km	k.A.	k.A.
Abgasnorm	EEV	EEV	EURO3	EURO3
CO ₂ -Emissionen (g/kWh)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zulässiges Gesamtgewicht	3.500 kg	3.500 kg	3.500 kg	3.500 kg
Leergewicht ①	2.155 bis 2.165 kg	1.995 kg	1.850 bis 1.895 kg	1.875 bis 1.930 kg
Zuladung (Nutzlast)	1.335 bis 1.345 kg ②	1.505 kg ②	1.605 bis 1.650 kg	1.570 bis 1.625 kg
Delta Nutzlast zum Diesel-Modell	-270 bis -305 kg	-100 bis -145 kg	-	-

① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausrüstung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

② Fahrgestell-Tragfähigkeit

Tab. 12: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (2)

Fahrzeug	Iveco Daily CNG 35C 11 GV und GV/P Kastenwagen [56, 57]	35C 12 - Daily Van [58]	Iveco Daily CNG 50C 11 GV und GV/P Kastenwagen [59]	50C 17 - Daily Van [60]
Stand	4/2005	4/2005	4/2005	4/2005
Antrieb	monovalent	Diesel	monovalent	Diesel
Leistung Gas kW/PS	78 kW/106 PS	-	78 kW/106 PS	-
Leistung Diesel kW/PS	-	85 kW/116 PS	-	122 kW/166 PS
Hubraum	2.798 ccm	2.287 ccm	2.798 ccm	3.000 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-	Unterflur	-
Tankinhalt Gas	35,4 bis 48,6 kg	-	35,4 bis 48,6 kg	-
Tankinhalt Diesel	-	70 l	-	70 l
Treibstoffverbr./100 km				
➤ Gas	Ø 7,5 kg (rechn.)	-	Ø 7,5 kg (rechn.)	-
➤ Diesel	-	k.A.	-	k.A.
Reichweite Gas	264 bis 362 km	-	264 bis 362 km	-
Reichweite Diesel	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Gesamtreichweite	264 bis 362 km	k.A.	264 bis 362 km	k.A.
Abgasnorm	EEV	EURO3	EEV	EURO3
CO ₂ -Emissionen (g/kWh)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zulässiges Gesamtgewicht	3.500 kg	3.500 kg	5.200 kg	5.200 kg
Leergewicht ①	2.585 bis 2.705 kg	2.265 bis 2.425 kg	2.650 bis 2.785 kg	2.370 bis 2.545 kg
Zuladung (Nutzlast)	795 bis 915 kg	1.075 bis 1.235 kg	2.415 bis 2.550 kg	2.655 bis 2.830 kg
Laderaum (min./max.)	12,0 bis 15,6 m ³	12,0 bis 17,2 m ³	12,0 bis 15,6 m ³	12,0 bis 17,2 m ³
Delta Nutzlast zum Diesel-Modell	-80 bis -320 kg	-	-240 bis -280 kg	-
Delta Laderaum zum Diesel -Modell	0 bis -1,6 m ³	-	0 bis -1,6 m ³	-

① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

Tab. 13: Iveco Daily-Transporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb (3)

Fahrzeug	Iveco Daily CNG 50C 11 G 50C 11 G/P Normalkabine [61] (3 Radstände)	50C 14 - Daily Chassis Cab [62] (4 Radstände)	Iveco Daily CNG 65C 11 G 65C 11 G/P Normalkabine [63] (3 Radstände) ③	65C 17 - Daily Chassis Cab [64] (4 Radstände)
Stand	4/2005	4/2005	4/2005	4/2005
Antrieb	monovalent	Diesel	monovalent	Diesel
Leistung Gas kW/PS	78 kW/106 PS	-	78 kW/106 PS	-
Leistung Diesel kW/PS	-	85 kW/116 PS	-	122 kW/166 PS
Hubraum	2.798 ccm	2.287 ccm	2.798 ccm	3.000 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-	Unterflur	-
Tankinhalt Gas	35,4 bis 48,6 kg	-	35,4 bis 48,6 kg	-
Tankinhalt Diesel	-	70 l	-	70 l
Treibstoffverbr./100 km				
➤ Gas	Ø 7,5 kg (rechn.)	-	Ø 7,5 kg (rechn.)	-
➤ Diesel	-	k.A.	-	k.A.
Reichweite Gas	264 bis 362 km	-	264 bis 362 km	-
Reichweite Diesel	-	k.A.	-	k.A.
Gesamtreichweite	264 bis 362 km	k.A.	264 bis 362 km	k.A.
Abgasnorm	EEV	EURO3	EEV	EURO3
CO ₂ -Emissionen (g/kWh)	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zulässiges Gesamtgewicht	5.200 kg	5.200 kg	6.500 kg	6.500 kg
Leergewicht ①	2.240 bis 2.290 kg	2.025 bis 2.060 kg	2.450 bis 2.470 kg	2.190 bis 2.240 kg
Zuladung (Nutzlast)	2.505 bis 2.695 kg [2.920 bis 2.960 kg ②]	3.140 bis 3.175 kg	4.030 bis 4.050 kg ②	4.260 bis 4.310 kg
Delta Nutzlast zum Diesel-Modell	-875 bis -890 kg	-	-230 bis -260 kg	-

① Leergewicht inkl. vollen Erdgasbehältern und 75kg Fahrergewicht, Gewicht der Grundausstattung, bei Sonderausstattung höhere Gewichte

② Fahrgestell-Tragfähigkeit

③ sowie zwei Modelle "Windlauf" [65, 66], nicht in Tabelle dargestellt

Bei jeweils gleichem zulässigen Gesamtgewicht weisen die CNG-Transporter eine niedrigere Leistung des Gasmotors, ein höheres Leergewicht und eine niedrigere Nutzlast auf als die baugleichen Diesel-Transporter. Hingegen weisen die Diesel-Transporter der letzten Saison lediglich den Standard EURO3 auf (Stand 4/2005), während die CNG-Transporter die Abgasnorm EEV nicht nur erreichen, sondern teilweise deutlich unterschreiten, vgl. Tab. 14 nach [67].

Tab. 14: Vergleich der Emissionen des Iveco-Gasmotors mit den Abgasstandards EURO3 bis EURO5 und EEV, in g/kWh [67]

g/kWh	CO Kohlenmonoxid	NMHC Nichtmethan- Kohlenwasserstoffe	CH ₄ Methan	NOx Stickoxide	PM10 Partikel 10 µm
2000 / EURO3	5,45	0,78	1,6	5,0	0,21
2005 / EURO4	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
2008 / EURO5	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
EEV-Grenzwert	3,0	0,40	0,65	2,00	0,02
Iveco Gasmotor	2,18	0,019	0,18	0,81	0,017

Allerdings sind nach Iveco Deutschland seit Einführung der neuen Modelle im Mai 2006 mittlerweile Versionen mit Partikelfilter und EURO4-Abgasnorm erhältlich [68]:

"Alle Motoren des neuen Daily entsprechen der europäische Richtlinie EURO4. Iveco hat dies bei allen Fahrzeugen mit bis zu 6 t zulässigem Gesamtgewicht mit einer gekühlten, vom elektronischen Motormanagement gesteuerten Abgasrückführung (AGR) erreicht. Wenn besonders strenge Anforderungen erfüllt werden müssen, ist ein Diesel-Partikelfilter (DPF), der in den 6,0- und 6,5-Tonnern sowie den Fahrzeugen für die Personenbeförderung serienmäßig verbaut ist, als Option erhältlich.

...

Ein neuer CNG-Motor, der komprimiertes Erdgas als Kraftstoff nutzt, wird im ersten Quartal 2007 das Motorenangebot für den Daily ergänzen. Dieser Motor basiert auf dem 3,0-l-Diesel und wird 100 kW (136 PS) leisten. Auch die neuen CNG-Dailys werden aufgrund ihrer niedrigen Schadstoffemissionen, die noch unter Euro 5 liegen, als EEV (besonders umweltfreundliche Fahrzeuge) anerkannt sein. Bis zu ihrer Einführung bietet Iveco weiterhin die Vorgängermodelle mit Erdgasmotor (2,8 l; 78 kW/106 PS) an."

4.2. Busse

Auf dem deutschsprachigen Markt bieten folgende Hersteller Erdgas betriebene Busse an:

- Iveco/Irisbus
- Mercedes Benz
- MAN
- Volvo.

4.2.1. Iveco/Irisbus

Busse der Firma Iveco firmieren unter dem Markennamen Irisbus Iveco. Irisbus hat verschiedene Personentransporter wie Schul-, Linien-, Überland- und Reisebusse im Programm, allerdings nur wenige in der Variante CNG. Auf der deutschen Webseite (www.irisbus.de) werden derzeit (9/2006) lediglich der Daily Minibus (Stand 6/2005) und der Agora (Stand 9/2004) als CNG-Modelle angeboten. In Großbritannien ist der Agora mittlerweile mit der Bezeichnung Citelis auf dem Markt.

Tab. 15 zeigt die Daten für den Iveco Daily Minibus aus der Reihe Daily, Tab. 16 für größere Busse, – daneben die vergleichbaren konventionell betriebenen Alternativen.

Tab. 15: Iveco Daily-Personentransporter (SNF) mit Erdgas- oder Dieselantrieb

Fahrzeug	Iveco Daily Minibus 35S 13 B/P: Kombi 8 [69]	Iveco Daily Minibus 35S 13 B/P: Kombi 8 [69]
Stand	4/2005	4/2005
Antrieb	CNG	Diesel
Leistung Gas kW/PS	78 kW / 106 PS	-
Leistung Diesel kW/PS	-	92 kW / 125 PS
Hubraum	2.798 ccm	2.798 ccm
Montage der Gastanks	Unterflur	-
Tankinhalt Gas	k.A.	-
Tankinhalt Diesel	-	90 l
Treibstoffverbr./100 km	k.A.	k.A.
Reichweite Gas	230 bis 360 km	-
Reichweite Diesel	-	k.A.
Gesamtreichweite	230 bis 360 km	k.A.
Abgasnorm	EEV	EURO4 + DPF ab 5/2006 [68]
CO ₂ -Emissionen (g/kWh)	k.A.	k.A.
Zulässiges Gesamtgewicht	3.500 kg	3.500 kg
Sitzplätze	8 + 1	8 + 1

Es liegen zu wenig Informationen für vergleichende Aussagen zum Iveco Minibus vor.

Tab. 16: Irisbus: Urban and Suburban Busses mit Erdgas- oder Dieselantrieb

Modell [70]	Citelis 12 ①	Citelis 12 ①	Citelis 18 ①	Citelis 18 ①	CityClass	CityClass	Agora Standard [71]	Agora Line [71]
Land	UK	UK	UK	UK	UK	UK	Deutschl.	Deutschl.
Stand	2006	2006	2006	2006	2006	2006	9/2004	3/2004
Antrieb	CNG	Diesel	CNG	Diesel	GAS	Diesel	CNG	Diesel
Länge	12 m	12 m	18 m	18 m	10,8 und 18 m	10,8 und 18 m	12 m	12 m
Motor	IVECO CURSOR 8 F2G 7,8 l	IVECO CURSOR 8 F2B 7,8 l	IVECO CURSOR 8 F2G 7,8 l	IVECO CURSOR 8 F2B 7,8 l	IVECO CURSOR CNG 7,8 l	IVECO CURSOR CNG 7,8 l	IVECO CURSOR 8 F2G	IVECO CURSOR F2B
Leistung Gas PS	210 + 270	-	270 + 310	-	240	-	210 + 270	-
Leistung Diesel PS	-	245 + 289	-	245 + 289	-	245 + 290	-	290
Treibstoff- verbrauch	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Reichweite	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Abgasnorm	EEV	EURO3	EEV	EURO3	EEV	EURO3 optional EURO4 für 12 m- Modell	EEV	EURO3
max. Kapazität	107 Pers. 46 Sitze	112 Pers. 46 Sitze	138 Pers. 62 Sitze	138 Pers. 62 Sitze	103 Pers. 34 Sitze	112 Pers. 39 Sitze	106 Pers. 29 Sitze oder 112 Pers. 26 Sitze	97 Pers. 50 Sitze
Zulässiges Gesamtgewicht	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	19.600 kg	17.800 kg

① früher: Agora

Angaben zum Treibstoffverbrauch und zur Reichweite der Iveco Stadtbusse Agora, Citelis und City Class liegen nicht vor. Unterschiede bestehen hinsichtlich der erreichten Abgasnorm. Die CNG-Modelle halten alle die Anforderungen nach EEV ein, während die Diesel-Modelle derzeit nur EURO3 einhalten; für eines der in Großbritannien angebotenen Diesel-Modelle ist EURO4 optional erhältlich.

4.2.2. Mercedes

Auf dem deutschsprachigen Markt sind mehrere CNG betriebene Stadtbusse verfügbar, vgl. Tab. 17. Hinzu kommt der Prototyp eines Brennstoffzellenbusses.

Tab. 17: Mercedes: Stadtbusse mit Erdgas-, Diesel- oder Brennstoffzellenantrieb

Modell	Citaro CNG (Solobus) [72, 73]	Citaro [74]	Citaro Fuel Cell [75] (Prototyp)	Citaro CNG (Gelenkbus) [72]	Citaro G [76]
Stand	9/2006	9/2006		9/2006	9/2006
Antrieb	CNG	Diesel	Brennstoffzelle	CNG	Diesel
Länge	12 m	12 m	12 m	18 m	18 m
Erdgastanks bzw. Brennstoffzellen	auf dem Dach	-	auf dem Dach	auf dem Dach	-
Tankinhalt	5 - 6 x 190 l	k.A.	-	6 - 8 x 190 l	k.A.
Schadstoffklasse	EURO4 (auf Wunsch EEV)	EURO3	k.A. (EEV)	EURO4 (auf Wunsch EEV)	EURO3
max. Leistung	185 kW / 252 PS	210 kW / 285 PS 220 kW / 299 PS 260 kW / 354 PS	> 200 kW (Elektromotor)	240 kW / 326 PS	220 kW / 299 PS 260 kW / 354 PS
Reichweite ca.	450 km	k.A.	200 - 300 km	> 300 km	k.A.
Kapazität	103 Pers. 32 Sitze	104 33 Sitze oder 104 Pers. 29 Sitze	bis zu 70 Pers.	105 Pers. 43 Sitze oder 99 Pers. 48 Sitze	147 Pers. 48 Sitze oder 148 Pers. 43 Sitze
Leergewicht	11.820 kg	10.938 kg	k.A.	17.265 kg	28.000 kg ①

① Zulässiges Gesamtgewicht

Die beiden Erdgasbusse halten EURO4 ein, auf Wunsch auch EEV, während die Diesel betriebenen Modelle lediglich EURO3 erreichen.

4.2.3. MAN

Die Firma MAN bietet eine komplette Niederflrbusfamilie – Lions's City – sowohl in Stadtlinien- als auch in Überlandausführung für den Erdgasbetrieb an. Allerdings sind für die Konfiguration als CNG-Modell keine Datenblätter verfügbar. CNG-Stadtbusse sind weiters in der Schweiz unter folgender Bezeichnung erhältlich [73]:

- NL313 CNG (Solobus, auch mit Doppelachse hinten)
- NG313 CNG (Gelenkbus).

Tab. 18: MAN: Stadtbusse mit Erdgas- oder Diesel-Antrieb

Modell	NL313 CNG (Solobus ①)	NG313 CNG (Gelenkbus)	Lion's City M	Lions's City	Lions's City G (Gelenkbus)	Lions's City GL (Gelenkbus)
Land	Schweiz	Schweiz	D/Ö	D/Ö	D/Ö	D/Ö
Stand	1/2006	1/2006	9/2006	9/2006	9/2006	9/2006
Antrieb	CNG	CNG	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Länge	15 m	18 m	10,5 m	12 m	18 m	18,75 m
Schadstoffklasse	EEV	EEV	EURO4, s.u.	EURO4, s.u.	EURO4, s.u.	EURO4, s.u.
max. Leistung	228 kW / 310 PS	228 kW / 310 PS	280 PS	280 PS	310, 350 PS	310, 350 PS
Reichweite ca.	450 km	> 300km	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Kapazität	83 Pers. 35 Sitze	160 Pers. 47 Sitze	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Zulässiges Gesamtgewicht	k.A.	k.A.	18.000 kg	18.000 kg	28.000 kg	28.000 kg

① auch mit Doppelachse hinten

Die MAN-Erdgasbusse halten bereits heute den EEV-Standard ein. Diesel betriebene MAN-Busse erreichen EURO4 über eine Abgasmanagement-Technologie in Verbindung mit gekühlter Abgasrückführung (AGR) und dem Partikelfilter MAN PM KAT® für Common-Rail-Motoren. Optional wird, um EURO5 zu erreichen, eine selektive katalytische Reduktion (SCR-Technologie) mit Additivzugabe (MAN AdBlue®) eingesetzt, wodurch der Verbrennungsprozess im Hinblick auf die Partikelreduktion optimiert und der gesteigerte Stickoxidanteil dabei mittels Abgasnachbehandlung reduziert wird [77].

Aufgrund fehlender Informationen lässt sich ein weitergehender Vergleich zwischen MAN-Erdgas- und Dieselnbussen nicht durchführen.

4.2.4. Volvo

Die Firma Volvo bietet im deutschsprachigen Raum den Volvo 7700 als Solo- oder Gelenkbus mit Gas- oder mit Dieselantrieb aus [78, 79, 80].

Tab. 19: Volvo-Stadtbusse mit Erdgas- oder Dieselantrieb [78, 79, 80]

Modell	Volvo 7700 Solobus	Volvo 7700 Solobus	Volvo 7700 Gelenkbus	Volvo 7700 Gelenkbus
Stand	9/2005	9/2005	9/2005	9/2005
Antrieb	CNG oder Biogas	Diesel	CNG oder Biogas	Diesel
Länge	12 m	12 m	18 m	18 m
Hubraum	9.000 ccm	9.000 ccm	9.000 ccm	9.000 ccm
Erdgastanks	auf dem Dach	-	auf dem Dach	-
Fahrzeughöhe	3,42 m	3,20 m	3,42 m	3,20 m
Schadstoff- klasse	EURO5 und EEV	EURO5	EURO5 und EEV	EURO5
max. Leistung	260 und 300 PS	260, 310 und 360 PS	260 und 300 PS	260, 310 und 360 PS
Reichweite ca.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Kapazität	bis 95 Pers.	bis 95 Pers.	bis 150 Pers.	bis 150 Pers.
Zulässiges Gesamtgewicht	18.900 kg	18.900 kg	28.000 kg	28.000 kg

Die Volvo-Erdgasbusse halten bereits heute EURO5 und den EEV-Standard ein. Diesel betriebene Volvo-Busse unterschreiten die Abgaswerte von EURO4 aufgrund der Abgasreinigung über eine selektive katalytische Reduktion (SCR-Technologie) mit Additivzugabe (AdBlue®) [79].

Aufgrund fehlender Informationen lässt sich ein weitergehender Vergleich zwischen Volvo-Erdgas- und Dieselnissen nicht durchführen.

4.2.5. Fazit Busse

Erdgas-Busse halten überwiegend bereits den Abgasstandard EEV ein, während die Diesel betriebenen Modelle meist EURO4, mitunter sogar nur EURO3 einhalten. Allerdings sind auch Dieselnisse mit EURO5 verfügbar, vgl. den Volvo 7700.

Für einen weiteren Vergleich der Erdgasbusse mit Diesel betriebenen Bussen gleichen Typs stehen in der Regel zu wenig Daten zur Verfügung. Daher muss im Folgenden auf in der Literatur zitierte Studien zurückgegriffen werden.

4.2.6. Meta-Studie Erdgas-/Diesel-Busse

Eine im Auftrag der *halter management ag* von A. Mayer / TTM in Zusammenarbeit mit UMTEC, FHS Rapperswil, erstellte Studie vom Juli 2005 hat die Schadstoffemissionen und

den Treibstoffverbrauch von Erdgas-Ottomotor oder Dieselmotor betriebenen Bussen des öffentlichen Verkehrs im Urteil der 21 neuesten Untersuchungen untersucht [81]. Die Autoren kommen zu folgenden Schlußfolgerungen:

Energieeffizienz:

"Der Dieselmotor ist aufgrund seines wesentlich günstigeren thermodynamischen Prozesses dem Ottomotor um wenigstens 20 – 25 % überlegen. Dieser energetische Nachteil gilt natürlich auch für den Vergleich des Dieselmotors mit dem Erdgasmotor im Bus-Antrieb. Es kommt hinzu, dass sich diese Differenz vergrößert, wenn die Triebwerke mit durchschnittlich geringen Lasten und häufigen Beschleunigungsvorgängen gefahren werden, wie dies für den Einsatz eines Busses im öffentlichen Verkehr typisch ist. So überrascht es nicht, dass Nachteile des Erdgasmotors von 40% und mehr beobachtet werden. Hinzu kommt der bauliche Nachteil durch erhöhtes Gewicht und größere Frontfläche eines Erdgas-Busses (wegen der Dachlast durch die Tankbehälter), der rechnerisch mit 2 – 3 % zu Buche schlägt."

Als Beleg für diese Aussage wird eine Publikation der EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungs-Anstalt) der Motorwirkungsgrad von Bussen mit unterschiedlicher Antriebs- und Abgasnachbehandlungstechnik aus einer Publikation der EMPA [82] zu Diesel und CNG-Motoren zitiert. Den höchsten Motorwirkungsgrad erreichen dabei Dieselmotoren mit einer nachgeschalteten Kombination von Abgasrückführung und Dieselpartikelfilter, vgl. Tab. 20.

Tab. 20: EMPA: Motorwirkungsgrade von Bussen [82]

System	Abgasnachbehandlung	Emissionsklasse	Motorwirkungsgrad
CNG LB	Oxikat	--	28,1 %
CNG	3-Wege-Kat	EEV	31,4 %
Diesel	SCR ^①	EURO 5	39,2 %
Diesel	EGR ^② +DPF ^③	EURO 5	43,0 %
Diesel	SCR	EURO 4	38,1 %
Diesel	EGR+DPF	EURO 4	42,7 %
Diesel	--	EURO 3	39,7 %

① SCR: selective catalytic reduction (Stickoxidminderung)

② EGR: exhaust gas recirculation = Abgasrückführung

③ DPF: Dieselpartikelfilter

Leistung und Drehmoment:

Moderne Dieseltriebwerke erreichen dank gesteigerter Aufladung und Ladeluftkühlung gleiche bis höhere Literleistung bei günstigerer Drehmomententwicklung – Drehmomentanstieg um 25 % ist beim Diesel keine Seltenheit, beim Ottomotor meist nur 10 %.

Emissionsstabilität und Alterung:

Der Dieselmotor gilt sowohl bezüglich seiner Emission als auch bezüglich Leistung und Brennstoffverbrauch als ausserordentlich stabil. Auch der Partikelfilter ändert seine Eigenschaften während seiner Lebensdauer nicht. Katalysatoren, wie sie für die Emissionsqualität des CNG-Ottomotors Voraussetzung sind, altern jedoch von der ersten Stunde an – umso mehr, je höher die Abgastemperaturen sind. Testergebnisse mit relativ neuen Motoren geben daher ein zu gutes Bild; man muss die Auswirkung der sogenannten Verschlechterungsfaktoren mit in die Beurteilung einbeziehen.

Es zeigt sich somit, dass der moderne Dieselmotor mit Abgasnachbehandlung die Schwachstellen, die bis vor wenigen Jahren noch gegen ihn sprachen, derart effizient ausgeglichen hat, dass keine ökologischen Vorteile mehr für den Erdgasmotor ausgemacht werden können. ...

Die Situation wird für den Dieselmotor, an dessen Weiterentwicklung weltweit mit grosser Intensität gearbeitet wird, in Zukunft wahrscheinlich noch deutlich günstiger:

- *Leistung: Der Dieselmotor ist theoretisch unbegrenzt aufladbar, seine spezifische Leistung wird also steigen, d.h. die Motoren werden kleiner und damit kostengünstiger. Beim Ottomotor sind der Steigerung der Aufladung durch das Klopfen Grenzen gesetzt (auch wenn Erdgas klopfester ist als Benzin). Das Ausweichen zu höheren Drehzahlen, das beim PKW-Motor häufig für den Ottomotor spricht, lässt sich nicht auf den Nutzfahrzeugmotor übertragen und muss zudem mit höherem Brennstoffverbrauch bezahlt werden.*
- *Brennstoffverbrauch: Steigerung der Aufladung führt durch „downsizing“ zu einer günstigeren Relation von Nutzdruck zu Reibdruck, damit zu besserem Treibstoffverbrauch. Zusammen mit den Möglichkeiten der Einspritzungsverlaufsformung bei elektronisch gesteuerter Common-Rail-Technik, Steigerung der Einspritzdrücke, 2-stufiger Aufladung, Optimierung der Ladeluftkühlung und Turbocompound, ist beim Dieselmotor eine weitere Verbesserung um 15% durchaus realistisch. Hoher Aufladegrad bei gleichzeitig hoher Abgasrückführung zeigt für den Erdgasmotor allerdings auch deutliche Verbesserungsmöglichkeiten [15] und schliesslich sollte auch der Gas-Dieselmotor nicht vergessen werden [26].*
- *Neue Treibstoffe: statt Dieseltreibstoff auf Basis von Mineralölen werden derzeit schon vielfach biogene Öle wie RME [24] eingesetzt, sei es als Blends oder sogar pur, und damit wird die Treibhausbilanz weiter zugunsten Diesel verschoben. Ein weiterer Schritt in diese Richtung ist durch die sogenannten BTL-Treibstoffe in Sicht, synthetische Treibstoffen auf Basis von Biomaterialien (Holz, Abfall), die nach dem Fischer-Tropsch-Prozess mit ausgezeichneten Eigenschaften für den dieselmotorischen Prozess synthetisiert werden können. Auch Biogas kann natürlich heute schon eingesetzt werden oder beliebige Mischungen mit Erdgas – aber das ist nicht die Themenstellung dieser vergleichenden Untersuchung.*

In der Gesamtsicht findet man auf Basis dieser Vielzahl moderner Untersuchungen somit weder im Vergleich mit der EURO 4/5 - Dieselmotor mit Partikelfilter noch in der unmittelbar folgenden Weiterentwicklung ökologische oder ökonomische Vorteile für den Erdgas-Ottomotor, die seine grundsätzlichen Nachteile wie geringe Speicherdichte, tieferen Wirkungsgrad, schwächere Fahrleistung und geringere Reichweite aufwiegen könnten.

Neben der Verminderung der Schadstoffbelastung in Innenstädten durch die Beschaffung von neuen Fahrzeugen mit niedrigen Emissionen sollte aber auch die Verminderung der Emissionen bestehender Fahrzeuge durch Nachrüstung nicht aus den Augen verloren werden. Damit lässt sich in vielen Fällen „aus dem Stand“ kurzfristig ein weit grösserer Fortschritt zugunsten der Luftqualität erzielen. Noch sind ja nahezu alle Busse des öffentlichen Verkehrs Dieselmotoren. Alle diese Busse können mit vergleichsweise geringen Kosten mit modernen Partikelfiltern nachgerüstet werden – natürlich auch alle anderen Diesel-Kommunalfahrzeuge. Die Emissionen kanzerogener Partikel und damit der Schadstoff Nr.1 in der modernen humantoxischen Betrachtung können damit eliminiert werden. Auch eine Minderung der Stickoxidemissionen auf weniger als die Hälfte ist möglich, wenn auch die dazu erforderliche Technologie noch weniger ausgereift ist. Natürlich könnten auch alle diese Dieselmotoren durch Erdgas-Ottomotoren ersetzt werden, wie dies z.B. in New Delhi auf höchststrichterlichen Beschluss vollzogen wurde, und diese könnten sogar mit Partikelfiltern ausgestattet werden. Die Kosten liegen dabei aber um ein vielfaches höher, und man würde sich gleichzeitig alle systembedingten Nachteile des CNG-Motors mit einhandeln.

Rein wirtschaftliche Aspekte, die sich aus Investitions- und Betriebskosten, sowie Kosten für Infrastruktur und Logistik ergeben, wurden in diesem technischen Vergleich nicht betrachtet. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass viele der hier zugrunde gelegten Studien nützliche Informationen zur Frage der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung enthalten.

Aus Sicht der Schadstoffminimierung und der Energieeffizienz ergibt sich somit eindeutig die Empfehlung, für neue Busse des öffentlichen Verkehrs Dieselmotoren Euro 5 mit Partikelfiltern nach dem VERT-Standard¹, die bei den meisten Herstellern kurz- oder mittelfristig verfügbar sein werden, zu spezifizieren und bestehende Busse mit solchen Partikelfiltern nachzurüsten.

¹ Abscheiderate für Partikel von 99,99 Prozent [<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/medien/presse/artikel/20040405/01079/index.html>]

4.3. Lkw und andere SNF

Einige Anbieter von Nutzfahrzeugen bieten auch Erdgas-Modelle ihrer Produkte an, wie Tab. 21 zeigt (kein Anspruch auf Vollständigkeit).

Tab. 21: Aktuell auf dem Markt angebotene CNG-SNF

Anbieter	Schwere Nutzfahrzeuge	Bemerkungen
Iveco	Müllsammelfahrzeug auf der Basis des Iveco 8469 CNG [83]	Lkw nur ohne CNG-Varianten [84]: <ul style="list-style-type: none"> • Eurocargo • Stralis • Trakker
Kenworth	kein CNG-Modell für den T800 [85]	vormals genannt [73]: T800 SH 6x4 mit Auflieger T800 B 6x4
Jungheinrich	TFG 420s–430s [86]	Erdgas-Gabelstapler
MAN	kein Eintrag bei Lkw für CNG [87]	nur Erdgas-Busse
Mercedes Benz	CNG-Müllsammelfahrzeug [88]: 1828 NGT (2-Achser) 2628 NGT (3-Achser, 2 Radstände)	Alternativen: 3 Diesel betriebene 2-Achser 6 Diesel betriebene 3-Achser 1 Diesel betriebener 4-Achser

Diese Aufstellung zeigt, dass vereinzelt CNG-SNF für bestimmte Aufgaben wie z.B. Müllsammlung oder Logistikaufgaben (Gabelstapler) zur Verfügung stehen. Unabhängig von der Frage der Einsparung von Kraftstoffen und Emissionen macht ihre Anschaffung allerdings nur Sinn, wenn die entsprechende Infrastruktur für die Versorgung mit Erdgas vorhanden ist. Und hier stellt sich z.B. für den Betreiber eines kommunalen Fuhrparks die Frage, ob er eine zusätzliche Infrastruktur aufbauen will, denn nach derzeitigem Stand der Entwicklung kann auf Diesel oder Benzin (in Verbindung mit Erdgas erforderlich) nicht verzichtet werden.

5. Fazit

Die Datenlage für CNG-Fahrzeuge stellt sich auf dem Sektor der Nutzfahrzeuge bedeutend schwieriger dar als auf dem Sektor der Personenkraftwagen. (vgl. Teil I dieser Studie). So sind z.B. die Hersteller – anders als bei den Pkw – nicht verpflichtet, die Kraftstoffverbräuche und die CO₂-Emissionen ihrer Nutzfahrzeuge anzugeben. Auch verdienen die Datenblätter zur technischen Ausstattung der angebotenen Fahrzeuge oftmals nicht diesen Namen, wobei es aber durchaus positive Ausnahmen gibt. Vor dem Hintergrund dieser Einschränkung sollen einige Schlußfolgerungen gezogen werden.

5.1. Leichte Nutzfahrzeuge/Kleintransporter bis 3.500 kg

Die angebotenen CNG-Transporter bis 3.500 kg Gesamtgewicht (LNF) halten ebenso wie die betrachteten Benzin- bzw. Diesel betriebenen Vergleichsmodelle überwiegend EURO4 ein. Die spezifischen CO₂-Emissionen der auf dem Markt befindlichen bivalenten CNG-Transporter weisen bei Benzin-Betrieb in der Regel deutlich höhere spezifische CO₂-Emissionen auf als die konventionell betriebenen, aber ansonsten beinahe baugleichen Modelle des jeweiligen Herstellers. In einigen Fällen liegt die CO₂-Emission sogar bei reinem Erdgasbetrieb in der gleichen Größenordnung wie oder über der der konventionell betriebenen Modelle, die baugleich sind oder eine gleiches Leistungsspektrum bieten.

Die Reichweite der mono- und auch der bivalenten CNG-LNF liegt deutlich bzw. leicht unter der der konventionell betriebenen Vergleichsmodelle, wobei die bivalenten Fahrzeuge diesen Aktionsradius zum überwiegenden Teil nur durch den Einsatz von Benzin erreichen (mit deutlich höheren CO₂-Emissionen). Zugleich ist bei den CNG-Modellen zumeist auch im Vergleich zu ansonsten baugleichen Benzin- oder Diesel betriebenen Modellen die Nutzlast verringert. Die Verringerung kann bis zu 30 % betragen, also knapp ein Drittel. Das bedeutet im Umkehrschluß, dass das CNG-LNF bis zu 30 % mehr Fahrleistung erbringen muss, um die gleiche Nutzlast zu transportieren. Das verschlechtert die CO₂-Bilanz des CNG-LNF in gleichem Umfang. Beim Ladevolumen ergeben sich bei Unterfluranbringung keine Differenzen, bei Kofferraumunterbringung kann das Ladevolumen erheblich (über 30 %) eingeschränkt sein.

5.2. Transporter über 3.500 kg

Bei jeweils gleichem zulässigen Gesamtgewicht weisen die dargestellten CNG-Transporter eine niedrigere Leistung des Gasmotors, ein höheres Leergewicht und eine niedrigere Nutzlast auf als die baugleichen Diesel-Transporter desselben Anbieters. Während die CNG-Transporter die Abgasnorm EEV nicht nur erreichen, sondern teilweise deutlich unterschreiten, weisen die Diesel-Transporter der letzten Saison (Stand 4/2005) lediglich den Standard EURO3 auf, werden aber seit diesem Jahr (2006) mit EURO4 angeboten.

5.3. Busse

Erdgas-Busse halten überwiegend bereits den Abgasstandard EEV ein, während die Diesel betriebenen Modelle meist EURO4, mitunter sogar nur EURO3 einhalten. Allerdings sind auch Dieselsebusse mit EURO5 verfügbar, vgl. den Volvo 7700. Für einen weiteren Vergleich der Erdgasbusse mit Diesel betriebenen Bussen gleichen Typs stehen in der Regel zu wenig Daten zur Verfügung. Daher wurde auf in der Literatur zitierte Studien zurückgegriffen. Eine entsprechende Meta-Studie kommt zu folgendem Ergebnis [81]:

Aus Sicht der Schadstoffminimierung und der Energieeffizienz ergibt sich somit eindeutig die Empfehlung, für neue Busse des öffentlichen Verkehrs Dieselmotoren Euro 5 mit Partikelfiltern nach dem VERT-Standard, die bei den meisten Herstellern kurz- oder mittelfristig verfügbar sein werden, zu spezifizieren und bestehende Busse mit solchen Partikelfiltern nachzurüsten.

5.4. Sonstige Nutzfahrzeuge

Es stehen vereinzelt CNG-SNF für bestimmte Aufgaben wie z.B. Müllsammlung oder Logistikaufgaben (Gabelstapler) zur Verfügung. Deren Anschaffung macht allerdings - unabhängig von der Frage der Einsparung von Kraftstoffen und Emissionen - nur Sinn, wenn die entsprechende Infrastruktur für die Versorgung mit Erdgas vorhanden ist. Und hier stellt sich z.B. für den Betreiber eines kommunalen Fuhrparks die Frage, ob er eine zusätzliche Infrastruktur aufbauen will, denn nach derzeitigem Stand der Entwicklung kann auf Diesel oder Benzin (in Verbindung mit Erdgas erforderlich) nicht verzichtet werden.

6. Biogas – Alternative oder Ergänzung?

Erdgas ist ein fossiler Rohstoff, dessen Ressourcen beschränkt sind und der bei seiner energetischen Nutzung fossiles und damit klimaschädliches CO₂ freisetzt. Demgegenüber gilt CO₂ aus Biogas als klimaneutral.

Eine Studie, die das Umweltbundesamt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie erstellt hat, hat die technischen Möglichkeiten sowie die umweltbezogenen Auswirkungen von Biogas als Kraftstoff im Verkehrssektor untersucht und kommt zu folgenden Ergebnissen [89]:

1. *"Der Einsatz von Biogas als Kraftstoff ist aus technischer Sicht problemlos möglich. Aufbereitetes Biogas unterscheidet sich in der chemischen Zusammensetzung nicht von Erdgas und weist somit ebenso gute Voraussetzungen für den Einsatz im Fahrzeugsektor auf wie Erdgas.*
2. *Österreich verfügt über ein sehr hohes Mengenpotential an Biogas. Das Potential ist weitaus höher als jenes für andere biogene Kraftstoffe wie Bioethanol oder Biodiesel. Bei Einsatz der gesamten Biogasmenge im Verkehrssektor könnten etwa 27 % des im Straßenverkehr in Österreich verfahrenen Kraftstoffes substituiert werden.*
3. *Der Einsatz von Biogas im Verkehrssektor kann zu einer Reduktion der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors von bis zu 75 % führen.*
4. *Gerade bei den kritischen Luftschadstoffen NO_x und Partikel bietet Biogas als Kraftstoff gegenüber Dieselfahrzeugen ein hohes Potential zur Reduktion der direkten Fahrzeugemissionen. Berücksichtigt man die vorgelagerten Prozessemissionen, so zeigt sich, dass die Umweltbilanz von Biogas wesentlich von den vorgelagerten Transportprozessen abhängt.*
5. ***Voraussetzung für eine Markteinführung von Biogas im Verkehrssektor ist die Schaffung einer Erdgasinfrastruktur, bestehend aus einem ausreichenden Tankstellennetz, sowie eine entsprechende Verfügbarkeit von Erdgasfahrzeugen.***
6. *Darüber hinaus müssen geeignete politische und gesetzliche Rahmenbedingungen zur Förderung von Biogas (bzw. Erdgas) als Kraftstoffalternative geschaffen werden. Dazu zählen neben der Festlegung attraktiver Einspeisebedingungen in das Erdgasnetz auch die Angleichung diverser gesetzlicher Vorgaben (etwa*

Garagenverordnungen) sowie die langfristige Sicherstellung einer steuerlichen Begünstigung gegenüber herkömmlichen Kraftstoffen."

Die ökologische Vorteilhaftigkeit von Biogas gegenüber Erdgas ist sicherlich ein guter Grund, über den Ersatz von Erdgas in verschiedenen Anwendungsbereichen nachzudenken. Die kritischen Punkte in dem genannten Szenario sind jedoch

- die Schaffung der Erdgasinfrastruktur sowie
- die Verfügbarkeit von Erdgasfahrzeugen.

Derzeit wird der Einsatz von Biogas in den Fahrzeugen nur vom Hersteller Opel zu 100 % freigegeben [89]. Bei den Nutzfahrzeugen hat lediglich Volvo für seinen Stadtbus 7700 eine generelle Freigabe für Biogas erteilt (s.o.). Hier besteht in Zukunft sicherlich noch Entwicklungspotenzial und -bereitschaft bei den Fahrzeugherstellern, insbesondere wenn Biogas steuerlich begünstigt wird. Allerdings bleibt bei bivalenten Fahrzeugen das Problem, dass weiterhin eine Abhängigkeit vom Erdöl/Benzin besteht.

Die zweite genannte Voraussetzung ist vermutlich schwieriger zu erfüllen: die flächendeckende Schaffung einer Erdgasinfrastruktur. Diese kann nicht ohne Eingriffe in Boden, Natur und Landschaft realisiert werden und bindet zudem auch finanzielle Mittel. Wird diese Infrastruktur aber geschaffen, so ist die weitere Verwendung auch von Erdgas auf Jahre "zementiert", eine Abkehr von diesem fossilen Rohstoff ist dann sehr erschwert. Wenn einmal nicht genügend Biogas zur Verfügung steht, wird wieder mehr Erdgas getankt und auch verbraucht, oder aber Benzin, – beides sind fossile Rohstoffe.

Günstiger scheint daher eine Lösung, die Biomasse als Kraftstoff verfügbar macht, die

- keine neue Verteilerinfrastruktur erfordert,
- keine doppelte Kraftstoffbeladung der Fahrzeuge erfordert,
- eine Verbesserung der Emissionen auch älterer Fahrzeuge ermöglicht.

Hier wird z.B. von Seiten deutscher Experten die Biomasseverflüssigung (BtL = Biomass to Liquid) favorisiert [90, 91]:

"Kraftstoffe der 1. Generation – hierzu werden die heute dominierenden Biokraftstoffe Biodiesel aus Rapsöl, Methanol/Ethanol aus Getreide, Zuckerrüben, Zuckerrohr gezählt – weisen gegenüber Kraftstoffen aus Erdöl beachtliche ökologische Vorteile auf. Wobei die ökologischen Daten je nach Kraftstoffart unterschiedlich positiv ausfallen (Biodiesel, Bioethanol aus Getreide oder Zuckerrohr). Daher ist die gegenwärtig von uns forciert betriebene Substitution von fossilen Kraftstoffen durch Biokraftstoffe sehr sinnvoll.

Biokraftstoffe der zweiten Generation sollen die ökologische Effizienz weiter steigern und die Kraftstoffqualität verbessern. Eine Verfahrensgruppe der Biomasseverflüssigung zur Erzeugung von Kraftstoffen der 2. Generation trägt das Kürzel BtL (Biomass to Liquid). Diese Kraftstoffe stellen eine der vielversprechendsten Technologieoptionen

dar. Sie fußen technologisch im Kern auf ähnlichen Bausteinen wie die Kohleverflüssigung. BtL-Kraftstoffe zeichnen sich durch eine deutlich breitere Rohstoffbasis gegenüber Biokraftstoffen der ersten Generation aus. Außerdem wird bei der Nutzung von BtL-Kraftstoffen, verglichen mit der heutigen Nutzung von Erdöl, ca. 90 % weniger klimarelevantes CO₂ emittiert.

Ein weiterer Vorteil von BtL-Kraftstoffen ist, dass damit konventioneller Dieselmotorkraftstoff quasi "veredelt" werden kann und ein noch besserer Kraftstoff entsteht, der problemlos von konventionellen Dieselfahrzeugen genutzt werden kann."

Derzeit ist unklar, welche Richtung die energiepolitischen Entscheidungen nehmen werden, ob z.B. eher die flächendeckende Biogaseinspeisung in das Erdgasnetz und ein Ausbau des Erdgastankstellennetzes sowie eine steuerliche Begünstigung kommen werden, oder ob nicht die Produktion von BtL-Kraftstoffen (wie z.B. SunFuel) in absehbarer Zeit zu einer ausreichenden Marktverfügbarkeit führen wird.

Vor diesem Hintergrund ist es nicht zielführend, Investitionen in eine Technologie zu tätigen, die den Aufbau einer zusätzlichen Infrastruktur (Diesel auf der einen, Erdgas + Benzin auf der anderen Seite) erforderlich macht.

7. Bibliographie

Anmerkung: Die angegebenen Webadressen wurden im August/September 2006 letztmalig eingesehen.

- 1 Ergänzungspapier zum ENERGIEBERICHT 2003 der österreichischen Bundesregierung: Stand und Entwicklung der Energieversorgung in Österreich, Stand: August 2005, hier: Tabellenanhang <http://www.bmwa.gv.at/NR/rdonlyres/6AB5C4A7-445B-4294-996B-19CD8D3A266E/19682/AnhangTabellenErgnzungspapierAug05.pdf>
- 2 Fuhrpark effizient <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/mobilitaet/fuhrpark.htm>
- 3 BZL GmbH: Erdgasfahrzeuge im Fuhrpark der Stadt Wien, Teil I - Pkw. Studie im Auftrag der Magistratsabteilung 48 - Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark, Wien, 30.05.2005. Kurzfassung: Zeschmar-Lahl B.: Fossilien im Tank. Die Umstellung des Fuhrparks auf erdgasbetriebene Fahrzeuge stellt keine echte Alternative für Personenkraftwagen auf Benzin- oder Dieselbasis dar. Müllmagazin 3, 29 - 38, 2005
- 4 Rieke H.: Wochenbericht des DIW Berlin 51/02. Fahrleistungen und Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr. <http://www.diw.de/deutsch/produkte/publikationen/wochenberichte/docs/02-51-1.html>
- 5 Johannsen R. (RWTÜV, Institut für Fahrzeugtechnik, Abgasprüfstelle): Ermittlung der Abgasemissionen von im Verkehr befindlichen leichten Nutzfahrzeugen. Untersuchung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, 04.08.2003 http://www.munlv.nrw.de/sites/arbeitsbereiche/immission/pdf/kleinkw_gesamtbericht.pdf
- 6 MA48, Fuhrpark: Umweltbericht 2002 <http://www.wien.gv.at/ma48/pdf/umweltbericht2002.pdf>
- 7 Umweltbundesamt Deutschland, <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do;jsessionid=179FE73E15B664A9933BBA643EF284E6?ident=7069>
- 8 Umweltbundesamt Deutschland, <http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/document.do?event=downloadImage&ident=6002#6002>
- 9 Umweltbundesamt Deutschland: Emissionsmindernde Anforderungen im Verkehr. Stand Dezember 2005 <http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/index.jsp?content=%2Fumweltdaten%2Fjsp%2Fquestionnaire.jsp%3Fevent%3Dshow%26ident%3D2543>
- 10 <http://www.erdgasfahren.ch/index.php?id=33>, dort: Die Fahrzeugtechnik
- 11 ECE R110: Europäische Regelung für Bauteile und Einbau von Bauteilen in Fahrzeuge, in deren Antriebssystem verdichtetes Erdgas (CNG) verwendet wird
- 12 ECE R115: Europäische Regelung für Nachrüstsysteme für verdichtetes Erdgas (CNG) und für Flüssiggas (LPG) zum Einbau in Fahrzeuge für deren Antriebssystem
- 13 Stefan.Heim@astron-com.de, Mail an die Autorin vom 12.4.2006
- 14 Citroën Deutschland AG: GASKLAR. Die Erdgasfahrzeuge von CITROËN. 12/05 http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/datenblatt_citroen.pdf: Link von <http://www.erdgasfahrzeuge.de>
- 15 Erdgas Citroen Berlingo Multispace 1.4 GNV, Modellinformationen, Stand 7/06 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_Citro_n_Berlingo_Multispace_1.4_GNV_d.pdf

- 16 Anhang zum Mail von Stefan.Heim@astron-com.de an die Autorin vom 12.4.2006: PDF_ERDGAS_BERL-
PKW_TECH.pdf; unveröffentlicht
- 17 <http://www.fiat-transporter.ch/>
- 18 http://www.fiat-transporter.de/LCV_GERMANY/uploads/1006/1074086162/20060808/DucatoWarentrapo.pdf
- 19 <http://www.fiat-transporter.at/>
- 20 Fiat Doblò Cargo. Technische Daten und Ausstattung. Stand 3/2006. http://www.fiat-transporter.de/LCV_GERMANY/uploads/1006/1074022743/20060508/DobloCargoTD.pdf
- 21 Erdgas Fiat Doblò Cargo 1.6 Natural Power. Modellinformationen, ab 11/2005; Stand 07/06
http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_Fiat_Dobl%C3%B6_Cargo_Nouvo_1.6_Natural_Power_d.pdf
- 22 FIAT ERDGASFAHRZEUGE. NATURAL POWER. Stand 7/2006; Angaben für Fiat Doblò 1.6 16V Natural Power. http://configurator.fiat.de/download/prospekte/FlowerPower_8S.pdf
- 23 Fiat Nutzfahrzeuge Schweiz: Technische Daten Fiat Doblò Cargo 7/2006 (710 KB)
http://195.110.210.101:8080/nutzfahrzeuge_ch/dt/Fahrzeuge/f519/f797/c315/Doblo_TD.pdf
- 24 Leitfaden zu Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen, Deutschland 2006, Ausgabe Juli 2006
<http://www.dat.de/leitfaden/LeitfadenCO2Aus2004.pdf>
- 25 <http://www.ford.de/ns7/transit/kataloge-nfz/kat04/-/-/-/#>
- 26 <http://www.ford.de/ie/verbrauchswerte/-/verbrauch01/-/-/-/#16>
- 27 Ford CNG-Katalog <http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/Ford-CNG-Katalog.pdf>,
Stand März 2003
- 28 <http://erdgasfahrzeuge.01kunden.net/cgi-bin/WebObjects/Erdgas2004.woa/wa/DirectoryWithId/1000236.html?wosid=2omXcwsT5whwg0fPdatH4M>
- 29 EWE: Serienfahrzeuge mit Erdgasantrieb, erstellt am 1.2.2006
<http://www.ewe.de/download/pdf/Erdgasserienfahrzeuge.pdf>
- 30 Regionalgas Euskirchen GmbH & Co. KG http://www.regionalgas.de/kraftstoff_erdgas_1_2.htm
- 31 http://www.ford.de/ns7/transit/tr_varianten/tv_bodystyles/-/-/
- 32 Anon.: Ford Transit CNG Pritschenwagen nun mit über 1.000 km Reichweite. Artikel vom 18. Mai 2005
<http://www.autosieger.de/print.php?sid=5984>
- 33 http://www.mercedes-benz.de/content/media_library/germany/mpc_germany/de/mercedes-benz_deutschland/transporter/home/produkte/neufahrzeuge/sprinter0/Prices_Sprinter_060503_PDF.object-Single-MEDIA.download.tmp/Sprinter_Preisliste.pdf
- 34 http://www2.mercedes-benz.at/content/austria/mpc/mpc_austria_website/de/home_mpc/vans/home/products/nya_transportbilar/New_Sprinter/preise.html
- 35 http://www.mercedes-benz.ch/content/media_library/switzerland/mpc_switzerland/trapo/produkte/neue_transporter/sprinter0/preislisten/008-04_preisl_sprinter.object-Single-MEDIA.download.tmp/ex_Preisliste%20Sprinter_d.pdf
- 36 Opel Österreich: Opel Combo. Technische Daten, Jänner 2006
<http://www.opel.at/contents/2003120416244597IM7.pdf>
- 37 Combo Kastenwagen / Tour 1.6 CNG. Technische Daten - vorläufige Werte, Stand 3/2005
http://www.kunden.01dd.de/kunden/erdgas2004/infospalte/downloads/datenblatt_combo.pdf

- 38 Erdgas Opel Combo Van 1.6 CNG. Modellinformationen, Stand 7/2006
http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_Opel_Co_mbo_Van_1.6_CNG_d.pdf
- 39 Peugeot: Boxer Nutzfahrzeuge, Stand 7/2006 <http://modelle.peugeot.de/download/kataloge/boxer.pdf>
- 40 Peugeot: Boxer. Broschüre Preise, Ausstattungen und technische Daten 1. Juli 2006
http://ppdb.peugeot.de/media/preisliste/81_datei_Boxer_KW.pdf
- 41 Peugeot Partner Bivalent Erdgas-Fahrzeuge, Stand 1. September 2006
http://ppdb.peugeot.de/media/preisliste/39_datei_partner_kastenwagen.pdf
http://ppdb.peugeot.de/media/preisliste/46_datei_partner_bivalent.pdf
- 42 Peugeot Partner 190 C 1.4 Erdgas, Stand 07/2006
http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_Peugeot_Partner_190_C_1.4_GNVErdgas_d.pdf
- 43 Peugeot Partner Kastenwagen. Preise, Ausstattungen und technische Daten, Stand 1. September 2006
http://ppdb.peugeot.de/media/preisliste/39_datei_partner_kastenwagen.pdf
- 44 Kunden-Betreuungcenter von Peugeot (info.de@peugeot.com): Mail vom 19.9.2006, 16.38h, an die Autorin
- 45 Renault Webseite: Konfigurator für Renault Kangoo Transporter
http://www.renault.de/RenaultSITE/puma/DE/PROD_DE/MEL_PROD/de/Kangoo_Express_gen2006/r6/p1.jsp?BV_SessionID=@@@0283796268.1157395497@@@&BV_EngineID=cccgaddikghfhflcfnqcfkmdfkjdfmh.0
- 46 VW Nutzfahrzeuge: Der Caddy – Technische Daten. Stand: Mai 2006 http://www.vw-nutzfahrzeuge.de/download/11208/caddy_technik.pdf
- 47 VW Nutzfahrzeuge: Der Caddy EcoFuel, Stand April 2006 http://www.vw-nutzfahrzeuge.de/download/13217/caddy_ecofuel_144dpi.pdf
- 48 VW Nutzfahrzeuge, Meldung auf der Startseite, 23.8.2006 <http://www.vwn.de/deu/home/index.html>
- 49 VW Nutzfahrzeuge: Transporter Programm im Überblick. Stand Mai 2006. http://www.vw-nutzfahrzeuge.de/download/11220/transporter_technik.pdf
- 50 Iveco Daily homepage, http://www.iveco-daily.de/10_daily/index.html
- 51 Iveco Daily CNG Normalkabine. Technische Informationen, Stand 04/05
http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_IVECO_Daily_CNG_Normalkabine_d.pdf
- 52 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 35CIIG/35SIIG/P Normalkabine
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/35C11G.pdf>
- 53 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 35SIIG/35SIIG/P Normalkabine
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/35S11G.pdf>
- 54 Webseite von Iveco Großbritannien: 35C12, April 2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754943/20051129/Chassis%2035C12.pdf
- 55 Webseite von Iveco Großbritannien: 35C12 Heavy Duty, April 2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754943/20051129/Chassis%2035C12%20Heavy%20Duty.pdf

- 56 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 35C11GV/35C11GV/P Kastenwagen
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/35C11GV.pdf>
- 57 Erdgas IVECO Daily CNG Kastenwagen. Modellinformationen
http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets_new/FS_IVECO_Daily_CNG_Kastenwagen_d.pdf
- 58 Webseite von Iveco Großbritannien: 35C12 - Daily Van, Stand 4/2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754907/20051128/Van%2035c12.pdf
- 59 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 50C11GV/50C11GV/P Kastenwagen
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/50C11GV.pdf>
- 60 Webseite von Iveco Großbritannien: 50C17 - Daily Van, Stand 4/2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754907/20051128/Van%2050c17_1.pdf
- 61 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 50C11G/50C11G/P Normalkabine
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/50C11G.pdf>
- 62 Webseite von Iveco Großbritannien: 50C14 - Daily Chassis Cab, April 2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754943/20051129/Chassis%2050C14.pdf
- 63 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily CNG 65C11G/65C11G/P Normalkabine
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/65C11G.pdf>
- 64 Webseite von Iveco Großbritannien: 65C17 - Daily Chassis Cab, April 2005
http://www.iveco.co.uk/IVECO_UKDownloads/PB_TMPL_PRODUCTS/1073754943/20051129/Chassis%2065C17.pdf
- 65 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily 65C11GCC Windlauf
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/65C11GCC.pdf>
- 66 Iveco: Technische Beschreibung Iveco Daily 65C11GCCS Windlauf
<http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/65C11GCCS.pdf>
- 67 Iveco: Daily Erdgas CNG. 4/2005 http://www.iveco-daily.de/20_modelle/pdf/iv_daily_cng.pdf
- 68 http://www.iveco-daily.de/40_presse/download2.php?rubrik=downloads&file=1347_11daily2006em.doc
- 69 Iveco: DAILY Minibus, Stand 4/2005. <http://www.irisbus.de> >> Produkte >> Minibusse >> Dailys
- 70 <http://www.irisbus.com>, Sept. 2006
- 71 <http://www.irisbus.de>, Sept. 2006
- 72 http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/buses/home/products/new_buses/citaro_cng.html#quickaccess
- 73 gasmobil: Erdgas Busse und Nutzfahrzeuge (Nfz) im Schweizer Markt, Stand 01.2006
http://www.vehiculeagaz.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Specials_Sondermodelle/012306_BusseNfz_bersicht.pdf
- 74 http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/buses/home/products/new_buses/new_Citaro_12.html#quickaccess

- 75 http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/buses/home/products/new_buses/fuel_cell_citaro.html
- 76 http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/buses/home/products/new_buses/citaro/citaro_g_18m.html
- 77 http://www.man-mn.com/de/innovationundkompetenz/Euro_45/Euro_45.jsp
- 78 Volvo: Informationen über die PRODUKTPALETTE VOLVO 7700
http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/C434F903-FB20-4932-9F04-000B809A6B8D/0/7700_range_DE_051007.pdf
- 79 Volvo: FAKTEN G9A260 UND G9A300 MOTOR. 26.9.2005
http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/BE2D3144-F230-45B9-AA92-5DCE79506858/0/G9A260_300_ger.pdf
- 80 Volvo: FAKTEN D9B 260/310/360 EURO 4 MOTOR, 26.9.2005
http://www.volvo.com/NR/rdonlyres/3B7A8073-947A-4616-A4F5-46F8F032CDF5/0/D9B_euro4_ger.pdf
- 81 A. Mayer / TTM, in Zusammenarbeit mit UMTEC, FHS Rapperswil: Erdgas-Ottomotor oder Dieselmotor für Busse des öffentlichen Verkehrs heute und morgen? Schadstoffemissionen und Treibstoffverbrauch im Urteil der 21 neuesten Untersuchungen. Estellt im Auftrag der halter management ag, 14. Juli 2005
- 82 Publikation der EMPA zu Diesel und CNG-Motoren, 2005, zitiert in A. Mayer/TTM, 2005
- 83 IVECO WILL SUPPLY 21 HEAVY VEHICLES CNG. (Spanien)
http://www.iveco.com/IVECO_COMDownloads/PB_NEWS/1073753005/20050728/IVECO%20WILL%20%20SUPPLY%2021%20HEAVY%20VEHICLES%20CNG.pdf?1157660882983
- 84 <http://www.iveco.de/index.html>
- 85 http://www.kenworth.com/2100_vir_t800.asp
- 86 http://www.jungheinrich.de/general/juprod/pdf/de_DFG_420s_3767_8_2005.pdf
- 87 http://www.man-mn.com/de/Produkte_und_Loesungen/MANLkw/MAN_Lkw.jsp
- 88 http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/trucks/home/products/new_trucks/econic/Technical_data/Model_overview.html
- 89 Pölz W., Salchenegger S.: BIOGAS IM VERKEHRSSSEKTOR. Technische Möglichkeiten, Potential und Klimarelevanz. BMVIT- Berichte 283, Wien, 2005
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE283.pdf>
- 90 Lahl U. (BMU): Wege weg vom Öl – doch was sind die Alternativen? Kohle oder Biomasse als wichtigster potenzieller Erdöl-Ersatz. <http://www.kommunale-info.de/asp/linkcheck.asp?CMSId=3040>, 16.7.2006
- 91 Lahl U. (BMU): Biomasse – ein schier unerschöpfliche Kohlenstoffquelle. Diskussionsbeitrag zum Grünen Zukunftskongress, Berlin, 1.-3.9.2006
http://www.gruenerzukunftskongress.de/fileadmin/user_upload/PDF-Datein/Papier_Lahl_BMU_Biomasse.pdf