

Studie

Erdgasfahrzeuge im Fuhrpark der Stadt Wien

Teil I - Pkw

Auftraggeber

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

Oyten, 30. Mai 2005

[Ergänzte Fassung vom 26. August 2005]

Inhaltsverzeichnis

1. VERANLASSUNG	2
2. MARKTÜBERSICHT ANBIETER VON ERDGASFAHRZEUGEN.....	2
3. ANTRIEBSYSTEME UND TREIBSTOFFE	3
3.1. Antriebsysteme.....	3
3.2. Erdgas.....	3
3.2.1. Erdgasvorkommen in Europa.....	4
3.2.2. Erdgasvorkommen in Österreich.....	5
3.2.3. Verteilungsnetze.....	6
3.2.4. Charakterisierung von Erdgas	7
3.2.5. Erdgas als Treibstoff	7
4. KENNDATEN FÜR PKW	8
4.1. Treibstoffverbrauch.....	8
4.2. Emissionen.....	9
4.3. Leistung.....	10
4.4. Wartung.....	11
4.5. Reichweite.....	11
4.6. Nutzlast / maximale Zuladung	11
4.7. Laderaum	11
5. AUF DEM MARKT BEFINDLICHE ERDGASFAHRZEUGE – PKW	12
5.1. Treibstoffverbrauch.....	12
5.2. Emissionen.....	17
5.3. Nutzlast	17
5.4. Ladevolumen.....	19
6. VERGLEICH MIT DEN BESTEN PKW MIT BENZIN- ODER DIESELANTRIEB.....	20
7. FEINSTAUB (PM10)	40
7.1. Begrenzung und aktuelle Belastung der Luft mit PM10.....	40
7.2. PM10-Emissionsquellen in Wien	41
7.3. Wirksamkeit von Maßnahmen gegen PM10	42
7.4. Dieselpartikelfilter (DPF).....	42
8. ZUKUNFT DESIGNER-KRAFTSTOFFE ?.....	44
8.1.1. SynFuel.....	44
8.1.2. SunFuel.....	46
9. INFRASTRUKTUR TECHNIK-CENTER DER MA48.....	48

10. SCHLUßFOLGERUNGEN.....	48
10.1. Wichtigstes Instrument: Verkehrsvermeidung.....	48
10.2. Beschaffung von Neufahrzeugen (Pkw).....	49
10.3. Nachrüstung von Altfahrzeugen.....	50
10.4. "Saubere" Treibstoffe der Zukunft.....	50
11. QUELLENVERZEICHNIS	51

1. Veranlassung

Statistische Erhebungen für Österreich zeigen, dass der Verkehr nach der Industrie den zweitgrößten Beitrag zur Freisetzung von klimarelevantem CO₂ und Treibhausgasen insgesamt in Österreich leistet [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. Unter dem Programmpunkt **Fuhrpark effizient** des Klimaschutzprogramm (KliP Wien) sind u.a. Maßnahmen für den städtischen Fuhrpark vorgesehen. Für diesen ist die Magistratsabteilung 48 – Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark (MA 48) – zuständig. Zu den Einzelmaßnahmen des umweltgerechten Einkaufs von Fahrzeugen [2] zählen

- Austausch alter Fahrzeuge gegen abgasarme Modelle
- Umweltgerechte Beschaffung im städtischen Fuhrpark (Projekt ÖkoKauf Wien)
- Nutzfahrzeuge mit TIP-Matik
- Oxidationskatalysator – Oxikat für Müllfahrzeuge.

Daneben testet die MA 48 derzeit verschiedene alternative Antriebe und Treibstoffe [3]:

- Alkylatbenzin – derzeit nur für den Gebrauch von Kleingeräten (wie etwa Rasenmäher)
- Erdgasfahrzeuge – derzeit sind 2 bivalente und 7 monovalente Pkws im Einsatz [4]
- Biodieselfahrzeuge – derzeit ein Müllfahrzeug und ein Pkw bei der MA 48 und zwei Fahrzeuge bei der MA 31 im Einsatz [4]
- Elektrofahrzeuge – derzeit rund 130 Fahrzeuge, die mit Elektromotoren betrieben werden, im Einsatz.

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) und Nutzfahrzeuge (Teil II)) untersucht werden.

2. Marktübersicht Anbieter von Erdgasfahrzeugen

Auf dem europäischen Markt werden mit Erdgas betriebene Pkw insbesondere von den in Tab. 1 genannten Produzenten angeboten.

Tab. 1: Anbieter von Pkw mit Erdgasantrieb (mono- oder bivalent) auf dem europäischen Markt und jeweilige Fahrzeuge; kein Anspruch auf Vollständigkeit [5, 6]

Anbieter	Pkw
Citroën	Citroën Berlingo Multispace 1.4 bivalent
Fiat	Fiat Multipla 1.6 Natural Power Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER
Ford	Ford Focus C-MAX (ab Frühjahr 2005) Ford Focus 5-Türer Ford Focus Turnier
Mercedes Benz	Mercedes E 200 NGT
Opel	Opel Astra Caravan 1.6 CNG monovalent ^{plus} Opel Zafira 1.6 CNG monovalent ^{plus}
VW	Volkswagen Golf Variant
Volvo	Volvo S60 Volvo S80 Volvo V70

3. Antriebsysteme und Treibstoffe

3.1. Antriebsysteme

Erdgasfahrzeuge werden als so genannte monovalente oder bivalente Versionen angeboten.

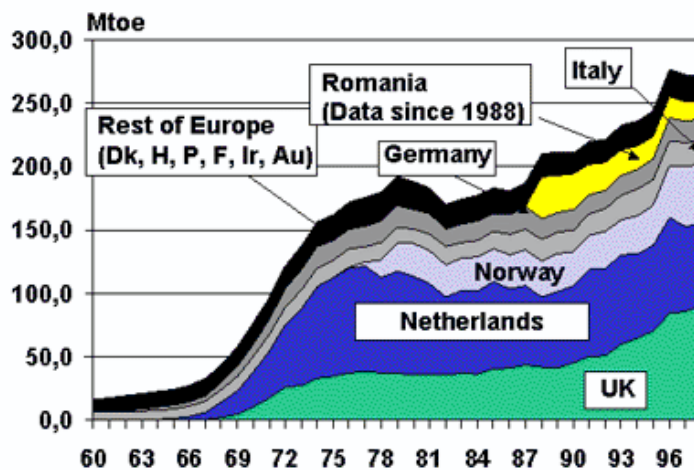
- **Monovalente** Fahrzeuge werden nur mit Erdgas betrieben (mono = einzig, allein). Nach Richtlinie 1999/100/EG gelten Fahrzeuge, die sowohl mit Benzin als auch mit Gas betrieben werden können, als Gasfahrzeuge, wenn der Nottank weniger als 15 l Benzin fasst [7]. Daher verfügen die auf dem Markt als monovalent angebotenen Fahrzeuge über einen „Nottank“ mit 14 Litern Benzin (kein Diesel), auf den im Bedarfsfall manuell („auf Knopfdruck“) umgeschaltet werden kann.
- **Bivalente** Fahrzeuge verfügen neben dem Erdgastank weiterhin über einen Benzintank und können somit beide Kraftstoffarten nutzen. Bei erschöpftem Gasvorrat schaltet der Motor während der Fahrt automatisch auf Benzinantrieb (Dieselantrieb ist nicht möglich) um, aber auch ein manuelles Umschalten („auf Knopfdruck“) ist weiter möglich.

3.2. Erdgas

Erdgas ist aus organischem Material (pflanzliche und tierische Überreste) unter hohem Druck und hohen Temperaturen gebildet worden und stellt, da dies vor sehr langer Zeit geschah, einen **fossilen Energieträger** dar. Erdgasvorkommen gibt es bereits in oberflächennahen Schichten bei 500 m, sie können auch bis unter 8.000 m Tiefe reichen. Man unterscheidet „Nassgas“, welches noch Bestandteile von Erdöl enthält und entweder gasförmig oder gemischt gasförmig und flüssig anfällt, und „Trockengas“, das aus reinen Erdgaslagerstätten gefördert wird. Beide werden unter dem Begriff „Naturgas“ zusammengefasst.

3.2.1. Erdgasvorkommen in Europa

Erdgas wird in Europa vor allem in der Nordsee in den Erdgasfeldern von Großbritannien, den Niederlanden, Norwegen, Dänemark und Deutschland gefördert. Weitere Erdgasvorkommen liegen in Russland und der Ukraine. Bild 1 zeigt die Entwicklung der Erdgasproduktion in Europa [8].



Source: OECD Energy Statistics and Balances, BP Amoco Statistical Review

Bild 1: Entwicklung der Erdgasproduktion in Europa [8]; Mtoe = Millionen Tonnen an Öl-Äquivalenten (million tonnes of oil equivalent)

Neben den Niederlanden und Großbritannien wird Norwegen zunehmend zum wichtigsten Gasproduzenten in Europa. Dieser Trend wird sich in den kommenden Jahren noch verstärken, da bei einem stark steigenden Erdgasverbrauch Europas sowohl in England als auch in den Niederlanden die Produktion nach Einschätzung der Ludwig Bolkow Systemtechnik bald zurückgehen wird. Europa wird dann zusehends von Importen aus Nordafrika und Russland abhängig werden. Im Gegensatz zum Erdöl verfügt die GUS regional über das größte Gesamtpotential an Erdgas, gefolgt vom Nahen Osten und Nordamerika. Dabei ist zu beachten, dass in Nordamerika bereits fast die Hälfte des erwarteten Gesamtpotentials gefördert ist, in der GUS etwa 10% und im Nahen Osten nur wenige Prozent [9]. Während bei Erdöl Saudi-Arabien eindeutig dominiert, kommt bei Erdgas diese Rolle Russland und dem Iran zu. Innerhalb einer "Strategischen Ellipse", die sich vom Nahen Osten bis nach Westsibirien erstreckt lagern 70 % der bekannten Welterdölreserven. Bezogen auf Erdgas befinden sich innerhalb dieser etwas nach Norden verlängerten Ellipse 65 % der Welterdgasreserven, vgl. Bild 2.

Weiters ist Erdgas ein nicht erneuerbarer Energierohstoff, dessen Reserven die deutsche Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe mit 65 Jahren (Stand 1998) angibt [9].

Länder mit Erdgasreserven > 1 Bill. m³

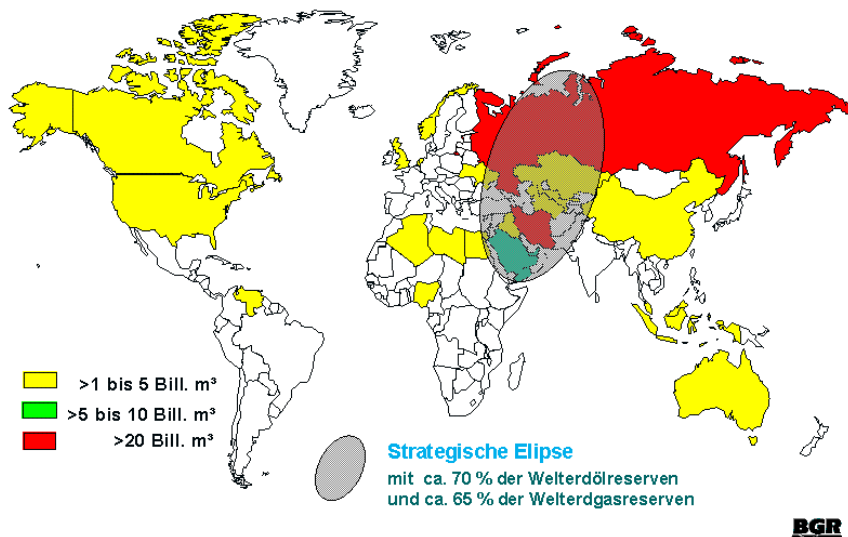


Bild 2: Länder mit Erdgasreserven > 1 Milliarde m³

3.2.2. Erdgasvorkommen in Österreich

Österreich verfügt über im Vergleich zu den führenden europäischen Förderländern wie Niederlande, Großbritannien und Norwegen eher geringe eigene Erdgasvorkommen. 1999 verzeichnete die OMV 660 Erdgaslagerstätten in Österreich. Die bedeutendsten liegen in den kalkalpinen Schichten im Untergrund („Stockwerksbau“) des Wiener Beckens (Molassezone): Matzen, Zwerndorf, Höflein, weiters Puchkirchen, Pfaffstätt, Friedburg und Atzbach in Oberösterreich. Mit dem Feld Höflein (2.700-3.000 m tief) liegt ein Feld mit wirtschaftlicher Förderbarkeit unter den Alpen vor [10]. Die Erdgasreserven („sicher und wahrscheinliche gewinnbar“) betragen zum Stichtag 31. Dezember 2001 rund 23,9 Mrd. m³ [11]. Allein die OMV gab für den Stichtag 31.12.2004 ihre sicheren Reserven mit rund 530 Mrd. Kubikfuß = 14,3 Mrd. m³ an [12].

Im April 2005 hat die OMV den größten Gasfund in Österreich seit 23 Jahren mitgeteilt: Im Wiener Becken, 20 Kilometer nordöstlich von Wien, wurden Reserven von vermutlich 4 Mrd. m³ Erdgas gefunden. Das ist mehr als das Dreifache der jährlichen OMV-Gasproduktion in Österreich von 1,26 Mrd. m³ [12]. OMV rechnet damit, in etwa drei Jahren (also 2008) die volle Produktion starten zu können – mit einer täglichen Fördermenge von bis zu 1 Mio. m³ (das sind weniger als 0,4 Mrd. m³ pro Jahr). Die Lebensdauer des Feldes wird auf mehr als 20 Jahre geschätzt [13].

Die inländische Erdgasproduktion lag 2001 bei 1,731 Mrd. m³ und verringerte sich damit gegenüber dem Vorjahr um 4,1 %. Allerdings wurden bislang nur rund 20 % des heimischen Bedarfs an Erdgas durch Inlandsförderung gedeckt, knapp 80 % stammen aus Importen. Diese betragen im Jahr 2001 rund 6,35 Mrd. m³ (+ 2,1 %). Der überwiegende Teil (81 %) der Erdgasimporte nach Österreich stammte aus den GUS-Staaten, gefolgt von Norwegen (11 %) und Deutschland (8 %). Der neue Gasfund der OMV wird daher (gleichbleibenden Verbrauch vorausgesetzt) nur einen geringen Teil der Importe ersetzen können.

3.2.3. Verteilungsnetze

In den letzten Jahren wurde ein Europa ein überregionales Verbundsystem für die Verteilung von Erdgas bis ans Mittelmeer geschaffen. In Österreich liegen große Erdgas-Hauptleitungen [14]:

- Die 246 km lange West-Austria-Gasleitung (**WAG**) führt Erdgas aus Russland über Baumgarten in Niederösterreich und Oberkappel in Oberösterreich nach Deutschland und Frankreich.
- Die 384 km lange Trans-Austria-Gasleitung (**TAG**) beginnt bei Baumgarten an der March), führt über die Steiermark nach Kärnten und wird westlich von Arnoldstein auf italienisches Gebiet geleitet. Zur Erhöhung der Transportkapazität wurde parallel zur TAG eine zweite Leitung errichtet (TAG 11).
- Bei Weitendorf (südlich von Graz) zweigt die **SOL** (= Süd-Ost-Leitung) ab, die russisches Erdgas nach Slowenien und Kroatien transportiert.
- Ebenfalls in Baumgarten nimmt die 48 km lange Hungaria-Austria-Gasleitung (**HAG**) ihren Ausgang; sie führt Erdgas aus Russland über Baumgarten und Deutsch Jahrndorf im Burgenland nach Ungarn.

Diese Leitungen dienen seit 1968 nicht nur als Transitleitungen für russisches Erdgas, sondern transportieren auch Gas für die heimische Versorgung. Aufschluss, Förderung, Speicherung, Import und Belieferung der mit der regionalen Verteilung in den Ländern befassten Ferngasgesellschaften erfolgte fast ausschließlich durch die OMV-AG und – beschränkt auf Oberösterreich – durch die RAG [11]. Der Erdgasbedarf unterliegt großen saisonalen Schwankungen; so ist der Verbrauch im Winter bis zu sieben Mal höher als im Sommer. Zum Ausgleich der Bedarfsschwankungen und zur Sicherstellung einer stetigen Versorgung wird Erdgas untertage in ehemaligen Erdöl- und Erdgaslagerstätten in Tiefen zwischen 500 und 1.200 m gespeichert. Die OMV-AG betreibt Erdgasspeicher in Matzen, Tallesbrunn und Schönkirchen/Reyersdorf (alle NÖ) sowie Thann (OÖ), die RAG betreibt einen Erdgasspeicher in Puchkirchen (OÖ). Die Kapazität der Untergrundspeicher in Österreich beträgt insgesamt etwa ein Drittel des jährlichen Gasverbrauchs [11].

3.2.4. Charakterisierung von Erdgas

Erdgas weist je nach Herkunft unterschiedlichste Zusammensetzungen auf; in der Regel besteht es aus mindestens 75 Vol.-% Methan (CH₄) sowie bis zu 14 % Stickstoff, 3 bis 7 % Ethan und unter 5 % höhere Kohlenwasserstoffe wie Propan und Butan, Kohlendioxid (CO₂) und Schwefelwasserstoff. Von allen fossilen Energieträgern weist es den geringsten Gehalt an Kohlenstoff (C) und den höchsten Anteil an Wasserstoff (H) auf. Für die Leistungsfähigkeit von Erdgas-betriebenen Aggregaten ist der Methananteil von größter Wichtigkeit. Deshalb wird Erdgas entsprechend seines Methangehalts in zwei Gruppen unterteilt: die L (oder LL)-Gruppe (L für „low“ = niedrig) und die E-Gruppe (früher H für „high“ = hoch). Tab. 2 zeigt die Zusammensetzung von Erdgas aus drei verschiedenen Fördergebieten sowie die Zusammensetzung von LL-Erdgas und E-Erdgas.

Tab. 2: Zusammensetzung von Erdgasen verschiedener Herkunft und Einteilung nach Methangehalt in Gruppen [15, 16]

Fördergebiet	Hassi R' Mel Algerien	Handle Hogoton Texas, USA	Groningen, Niederlande	Gruppe LL	Gruppe E (vormals Gruppe H)
Tiefe	2.100 m	820 m	2.800 m		
Druck	309 bar	34 bar	350 bar		
Zusammensetzung in Vol.-% (ca.)					
Methan	79,6	76,2	81,3	81,8	93,0
Stickstoff	5,1	12,8	14,3	14,0	1,1
Ethan	7,4	4	2,8	2,8	3,0
Propan	2,7	2,6	0,4	0,4	1,3
Sauerstoff	-	2	0,01		
Kohlendioxid (CO ₂)	0,2	0,5	0,9	0,8	1,0
Butan	5	1,3	0,1	0,2	0,6
Pentan	-	0,6	0,1		
Hexan	-	-	0,02		

3.2.5. Erdgas als Treibstoff

Als Kraftstoff wird Erdgas in zwei Formen angeboten als

- komprimiertes Erdgas (**CNG**: Compressed Natural Gas),
- flüssiges Erdgas (**LNG**: Liquefied Natural Gas): wird bei der Destillation von Rohöl gewonnen und besteht zu einem hohen Anteil aus Butan und Propan; es verflüssigt sich bei einer Temperatur von ca. minus 164°C, wobei sich das Volumen auf 1/600 des Ausgangsvolumens reduziert. Flüssiggas wird in dieser Studie auftragsgemäß nicht weiter betrachtet.

In den Niederlanden und Deutschland sind zwei Sorten komprimierten Erdgases (CGN) gebräuchlich: „H-Gas“ (High-Gas, s.o.) und „L-Gas“ (Low-Gas, auch „saures Gas“). H-Gas hat einen Brennwert von über 11 kWh/m³, L-Gas von ca. 9,5 kWh/m³. Der Energiegehalt des Gases wirkt sich auf Verbrauch und Reichweite der Erdgasfahrzeuge aus. Für den Opel Zafira 1.6 CNG beträgt die Reichweite mit L-Gas rund 250 km, mit H-Gas dagegen 350 km. In **Österreich** wird ausschließlich **H-Gas** angeboten [17].

Beim Tanken wird das Erdgas bei einem Druck von 200 bar in den Fahrzeugtank gedrückt. Im Tank wird der Druck von z.B. 40 bar innerhalb weniger Minuten auf 200 bar aufgebaut. Bei diesem Befüllungsdruck beträgt das Verhältnis von Volumen zu Gewicht etwa 6,2 : 1, d.h. etwa 6,2 Liter CNG entsprechen einem Kilogramm Erdgas [18].

4. Kenndaten für Pkw

4.1. Treibstoffverbrauch

Nach europäischer Personenkraftwagen-Verbraucherinformationsrichtlinie 1999/94/EG [19] – in Österreich mit dem Personenkraftwagen-Verbraucherinformationsgesetz Pkw-VIG [20] in nationales Recht umgesetzt – müssen beim Verkauf von Neuwagen u.a. die Kraftstoffverbrauchswerte in l/100 km (bzw. m³/100 km) und auch die CO₂-Emissionswerte in g/km angegeben werden. Der Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen wird von einer Vielzahl von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Sie hängen nach Rieke [21] einerseits von den Einsatzbedingungen des Fahrzeuges ab, die je nach Einzelfall stark variieren: Geschwindigkeit, 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 [22].

Der zweite Einflussbereich für den Kraftstoffverbrauch ist die Fahrzeugtechnik. Wichtig sind hier vor allem Motorkonzept, Fahrzeuggewicht, aerodynamische Eigenschaften und, mit zunehmender Bedeutung, Zusatzausstattungen (z. B. Klimaanlage, elektronische Bedienelemente), die zusätzlichen Kraftstoffverbrauch verursachen. Und schließlich hängt der Durchschnittsverbrauch einer Fahrzeugflotte von der Zusammensetzung des Fahrzeugbestandes nach Größenmerkmalen ab, da größere Fahrzeuge immer einen höheren Verbrauch aufweisen als kleinere.

Seit 1996 ist in der EU der Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ) zur Emissions- und Verbrauchsmessung von Kraftfahrzeugen vorgeschrieben [23]. Der NEFZ ist ein standardisiertes Testfahrprogramm für die Pkw-Typprüfung mit Kaltstart und Warmlaufphase, einem viermaligen Innerortszyklus ("Urban Driving Cycle", UDC, dies sind vier Einzelzyklen) und einem anschließendem Außerortszyklus ("Extra Urban Driving Cycle", EUDC) bis Tempo 120 km/h, was immer noch als realitätsfern anzusehen ist. Außerdem werden Zusatzausrüstungen (Klimaanlage etc.) und der durch diese verursachte Mehrverbrauch nicht berücksichtigt.

Nach Deutschem Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) liegt der unter realistischeren Testbedingungen gemessene Kraftstoffverbrauch von Pkw immer noch etwa 0,4 bis 0,7 l/100 km über dem mit Hilfe des NEFZ gemessenen Normverbrauch [21].

Bei der Angabe des Treibstoffverbrauchs von Erdgasfahrzeugen in Litern bzw. Kubikmetern pro 100 km ergibt sich in der Praxis das Problem, dass komprimiertes Erdgas an Tankstellen nicht in Litern oder m³, sondern in Kilogramm verkauft wird. Anhand der spezifischen Dichte von Erdgas (0,784 kg/m³) könnte das Volumen (**y**) einfach in Gewicht (**x**) umgerechnet werden: $x = y \text{ m}^3 \cdot 0,784 \text{ kg/m}^3$. Allerdings handelt es sich bei der Kennzeichnungspflicht der Pkw-Verbraucherinformationsrichtlinie 1999/94/EG *nicht* um einen Normkubikmeter Erdgas, gemessen bei 0°C, sondern um einen Kubikmeter eines speziellen Prüfgasgemisches bei 15°C, das aus 96,25 % Methan und 3,75 % Inertgas besteht [24]. Dieses weist nach EU-Richtlinie 1999/100/EG eine Dichte von 0,654 kg/m³ auf [7]. Der für die Praxis relevante Verbrauchswert eines Erdgasfahrzeugs in kg/100 km ergibt sich durch Umrechnung des Kubikmeter-Verbrauchswerts mit der Dichte des Prüfgases von **0,654**.

4.2. 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, vgl. Abschnitt 7. Die Schadstoffemission von Fahrzeugen ist über mehrere Europäische Richtlinien begrenzt. Die folgende Tabelle zeigt die Grenzwerte für zulässige Schadstoffemissionen von Pkw. Die voraussichtlich ab 2009 oder 2010 einzuhaltenden EURO5-Grenzwerte für Pkw sind derzeit in der Phase der Festlegung.

Die CO₂-Emission von Pkw ist nicht begrenzt. Allerdings müssen beim Verkauf von Neuwagen nach Pkw-VIG [20] u.a. auch die CO₂-Emissionswerte in g/km angegeben werden.

1995 hat die EU-Kommission die „Strategie zur Minderung der CO₂-Emissionen von Pkw“ mit dem Ziel vorgestellt, wonach der durchschnittliche CO₂-Ausstoß **aller neu zugelassenen** Pkw bis zum Jahr 2005 (spätestens 2010) auf **120 g/km** gesenkt werden sollte. Zur Abwendung rechtsverbindlicher Vorgabewen verpflichteten sich die europäischen, koreanischen und japanischen Automobilherstellerverbände, bis zum Jahr 2008/2009 die CO₂-Emissionen mit technischen Mitteln auf **140 g/km** zu reduzieren [25]. Von den im Jahr 2003 in Österreich neu zugelassenen mehr als 300.000 Pkw waren rund 70 % Dieselfahrzeuge, die restlichen 30 % Benziner. Hinzu kamen noch 30 Erdgasfahrzeuge. Zwar ist bei Dieselmotoren der CO₂-Gehalt im Abgas je Liter um 13 % höher als der entsprechende Wert für Vergasermotoren, doch wird dies durch den geringeren Treibstoffverbrauch pro Kilometer überkompensiert. So betrug im Jahr 2003 der durchschnittliche Wert der CO₂-Emissionen für Benzinfahrzeuge **170 g/km** und für Dieselfahrzeuge **161 g/km**. Insgesamt erreichten im Jahr 2003 in Österreich nur etwa ein Viertel der Fahrzeuge das von den Automobilherstellern zugesagte Emissionsniveau von 140 g/km [25].

Tab. 3: Grenzwerte für Schadstoffemissionen von Pkw, in g/km [26]

Pkw	Schadstoff	EURO1	EURO1	EURO2	EURO3	EURO4
	Richtlinie	91/441/EWG	91/441/EWG	94/12/EG	98/69/EG	98/69/EG
in g/km	einzuhalten ab (von)	1992/1993 (Typ)	1992/1993 (Serie)	1996/1997 (Typ/Serie)	2000/2001 (Typ/Serie)	2005/2006 (Typ/Serie)
Benzin	CO	2,72	3,16	2,2	2,3	1
	HC+NOx	0,97	1,13	0,5	-	-
	HC	-	-	-	0,2	0,1
	NOx	-	-	-	0,15	0,08
Diesel	CO	2,72	3,16	1	0,64	0,5
	HC+NOx	0,97	1,13	0,7	0,56	0,3
	NOx	-	-	-	0,5	0,25
	Partikel	0,14	0,18	0,08	0,05	0,025

Erdgas-betriebene Fahrzeuge weisen eine niedrigere CO₂-Emission auf als mit Benzin oder Diesel betriebene Fahrzeuge. So wird bezogen auf den gleichen Energiegehalt bei der Verbrennung von Erdgas rund 25 % weniger klimaschädliches CO₂ produziert (198 g CO₂/kWh) 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.

Produktion, Aufbereitung und Transport von Mineralöl und Erdgas sind ebenfalls mit der Emission klimarelevanter Gase verbunden (sog. Vorkette). Beim Erdgas steht dabei das klimarelevante Methan (21-mal so klimawirksam wie fossiles CO₂) im Fokus der Betrachtung. Die klimarelevanten Emissionen der Vorkette von Erdgas werden je nach Herkunftsland und Transportbedingungen auf unter 1 [27] bis knapp 2 % (russisches Erdgas [28]) der Emissionen aus der Verbrennung geschätzt. Hinsichtlich der Gesamtemissionen (well-to-wheel, WTW) rechnet die EU-Kontaktgruppe Alternative Kraftstoffe für die Zukunft bei verbesserter Technologie der Erdgasfahrzeuge mit CO₂-Emissionen, die um 16 % unter den von Benzinfahrzeugen und 13 % unter denen von Dieselfahrzeugen liegen [24].

4.3. Leistung

Der Unterschied in der Leistung zwischen erdgasbetriebenen Fahrzeugen und herkömmlichen Pkw beträgt bei umgerüsteten oder bivalenten Fahrzeugen **8 %**. Auf Erdgas optimierte Motoren erreichen nach [29] die gleiche Leistung wie benzinbetriebene Aggregate (mit H-Gas). Nach Angaben der EU-Kontaktgruppe Alternative Kraftstoffe [24] sind Erdgasfahrzeuge derzeit **weniger effizient** als Dieselfahrzeuge. Bis zum Jahr 2010 soll die **Energieeffizienz** von Erdgasfahrzeugen aber besser werden. Die Treibhausgasemissionen über den gesamten Lebenszyklus (well-to-wheel, WTW) sollen dann geringer ausfallen als die von Diesel, auch wenn der Energieaufwand für Erdgas höher bleiben wird als für konventionelle Kraftstoffe.

4.4. Wartung

Moderne Erdgasfahrzeuge sind nach [29] nicht wartungsintensiver als benzin- oder dieselbetriebene Autos, die Service- und Motorfahrzeugprüfintervalle sind identisch. Zusätzlich muss jedoch die Erdgasinstallation einer Wartung und alle 36 Monate einer wiederkehrenden Prüfung für Fahrzeuge mit Erdgassystemen nach ECE-R110 [30] oder ECE-R115 [31] in dafür zertifizierten Werkstätten unterzogen werden.

4.5. 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. Die Reichweite monovalenter Erdgasfahrzeuge beträgt in der Regel zwischen 200 und 400 km. Der Benzinvorrat im Nottank mit einer Größe von 14 l reicht für 180 bis 190 km zusätzliche Fahrleistung aus. Natürlich ist es aber auch möglich, den Benzinnottank mehrfach nachzufüllen, bevor wieder Erdgas nachgetankt wird. Bivalente Fahrzeuge können Entfernungen über 1.000 km ohne Nachtanken erreichen, davon entfällt allerdings ein Großteil der Strecke auf den Benzinantrieb.

4.6. Nutzlast / maximale Zuladung

Die Nutzlast ist die Differenz aus zulässigem Höchstgewicht eines Fahrzeugs und dem Leergewicht. Es entspricht dem Gewicht der Ladung, die transportiert werden darf – die maximale Zuladung – und liegt bei Pkws in der Größenordnung von 400 bis 500 kg. Bei bivalenten Fahrzeugen ist das Leergewicht durch den größeren Benzintank insgesamt größer, doch zumeist machen die Hersteller keine Angaben zum Mehrgewicht. Einzig Ford gibt für seine beiden Modelle ein **Mehrgewicht von 110 kg** an, wobei die Leergewichte der Erdgasfahrzeuge zwischen 1.100 und 1.800 kg variieren.

4.7. Laderaum

Die Montage der Gastanks erfolgt entweder unter dem Wagenboden (Unterfluranbringung), im Kofferraumboden (Niederfluranbringung) und/oder in der Reserveradmulde. Dadurch soll es zu keiner Einschränkung des **Ladevolumens** kommen. Allerdings kann die Anordnung der Erdgasflaschen im Einzelfall das nutzbare Raumvolumen des Fahrzeugs einschränken, z.B. wenn die Flaschen hinter der Rücksitzbank angeordnet sind und beim Umklappen der Rücksitzbank kein großer und ebener Laderaum mehr entsteht.

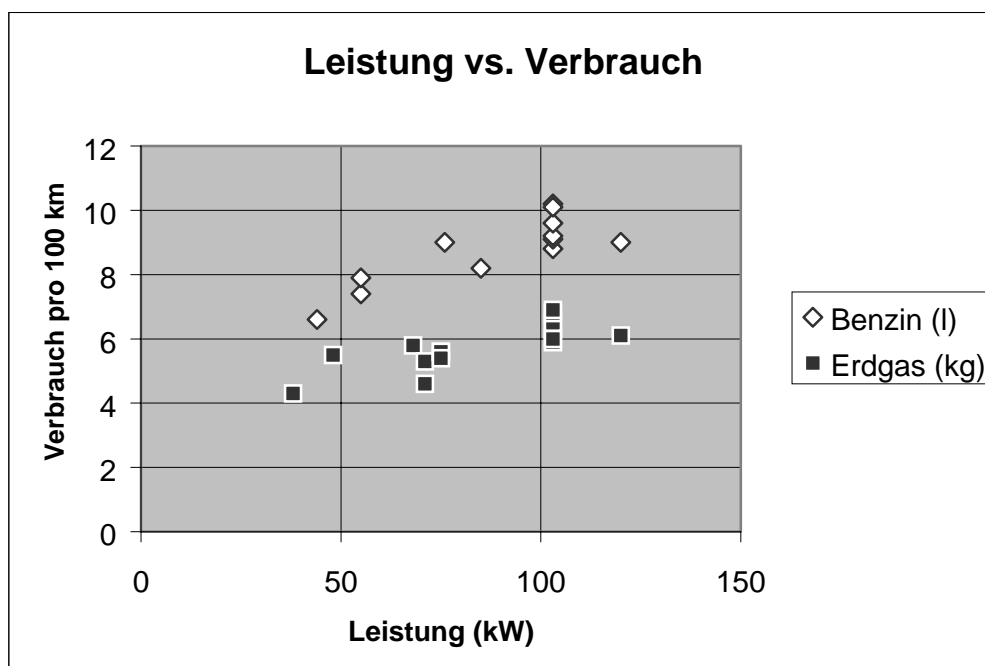
5. Auf dem Markt befindliche Erdgasfahrzeuge – Pkw

Die derzeit (Stand Mai 2005) auf dem Markt befindlichen Erdgas-Pkw weisen ein breites Spektrum an Leistung, Verbrauch und Reichweite auf, wie Tab. 4 zeigt. Die ggf. abweichenden Angaben zum Gasverbrauch in unterschiedlichen Quellen sind nicht nachvollziehbar, da die Bestimmung des Verbrauches durch den NEFZ einheitlich geregelt ist. Diese aktuelle Marktübersicht zeigt, dass die Hersteller von Erdgas-Pkw beinahe ausnahmslos auf **bivalente** Fahrzeuge setzen. Lediglich Opel bietet mit dem Astra Caravan 1.6 CNG monovalent^{plus} und dem Zafira 1.6 CNG monovalent^{plus} zwei Modelle mit monovalentem Antrieb an.

5.1. Treibstoffverbrauch

Der Treibstoffverbrauch der angebotenen Erdgas-Pkw beträgt zwischen 4,3 und 6,9 kg Prüf-gas pro 100 km (Straßenmix nach Richtlinie 1999/100/EG). Dabei steigt, ähnlich wie bei den Fahrzeugen mit konventionellen Treibstoffen, der Treibstoffverbrauch mit der Motorleistung. Bild 3 zeigt die Korrelation von Leistung und Gasverbrauch.

Bild 3: Leistung und Gasverbrauch von Erdgasfahrzeugen, Stand 4/2005



Tab. 4: Pkw mit Erdgasantrieb auf dem europäischen Markt, Stand 4/2005; kein Anspruch auf Vollständigkeit; Fahrzeugklasse nach [32]

Pkw	Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER [33]	Citroën Berlingo Multi- space 1.4 bivalent [34]	Fiat Multipla 1.6 Natural Power [35]	Opel Astra Caravan 1.6 CNG monovalent ^{plus} [36]
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Van/Minivan	Van/Minivan	Mittelklasse
Antrieb	bivalent	bivalent	bivalent	monovalent plus
Leistung Erdgas kW / PS	38 kW / 52 PS	48 kW / 65 PS	68 kW / 92 PS	71 kW / 97 PS
Leistung Benzin kW / PS	44 kW / 60 PS	55 kW / 75 PS	76 kW / 103 PS	55 kW / 75 PS
Hubraum	1.242 ccm	1.360 ccm	1.596 ccm	1.598 ccm
Montage der Gastanks	Kofferraum	Kofferraum	Unterflur	Unterflur
Tankinhalt Erdgas	65 l	55 l / 12 kg [37]	164 l / 29 kg	110 l / 19 kg
Inhalt Benzin(not)tank	47 l	80 l	38 l	14 l
Gasverbrauch (pro 100 km) RL 1999/100/EG: pro 100 km Stadtverkehr/ Überland/ Mischstrecken	5,5 / 3,7 / 4,3 kg 8,4 / 4,6 / 6,5 m ³ Benzin: 8,4 / 5,6 / 6,6 l	6,2 kg [37] 7,4 / 4,4 / 5,5 kg 11,3 / 6,7 / 8,4 m ³ Benzin: 9,6 / 6,2 / 7,4 l	Ø 6,3 kg [37] 7,4 / 4,8 / 5,8 kg 11,3 / 7,3 / 8,8 m ³ Benzin: 11,5 / 7,5 / 9,0 l	6,2 / 3,6 / 4,6 kg 9,5 / 5,5 / 7,0 m ³ Benzin: k.A.
Reichweite Erdgas	260 km	250 km (ca. 180 km [37])	490 km	410 km (ca. 390 km [38])
Gesamtreichweite	1.010 (Benzin 750 km)	990 km (Benzin 740 km)	910 km (Benzin 420 km)	660 km (570 km [38])
Abgasnorm	k.A.	EURO3 [37]	EURO3 [37]	EURO3/D4 [38]
CO ₂ -Emissionen (g/km)	119 (Erdgas) 150 (Benzin)	146 (Erdgas) 186 (Benzin)	167 (Erdgas) 214 (Benzin)	125 ^② (Erdgas) Benzin: k.A
Leergewicht ①	1.100 kg	1.333 kg	1.545 kg	1.380 kg
Nutzlast	370 kg	477 kg	505 kg	475 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	1.470 kg	1.810 kg	2.050 kg	1.855 kg
Laderaum (min./max.)	162 l bis 945 l	k.A.	430 l bis 1.300 l	800 l bis 1.500 l

① Eigengewicht des Fahrzeugs inkl. Fahrer (75 kg)

② laut deutschem Leitfaden, Ausgabe Januar 2005 [49], nur 119 g CO₂/km

Tab. 4: Fortsetzung: Pkw mit Erdgasantrieb auf dem europäischen Markt, Stand 4/2005

Pkw	Opel Zafira 1.6 CNG monovalent ^{plus} [39]	Ford Focus CNG 5-Türer [37, 40]	Ford Focus CNG Turnier [37, 40]	Volkswagen Golf Variant [41, 42]
Fahrzeugklasse	Van/Minivan	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse
Antrieb	monovalent plus	bivalent	bivalent	bivalent
Leistung Erdgas kW / PS	71 kW / 97 PS	75 kW / 102 PS	75 kW / 102 PS	75 kW / 102 PS
Leistung Benzin kW / PS	55 kW / 75 PS	85 kW / 115 PS	85 kW / 115 PS	85 kW / 115 PS
Hubraum (ccm)	1.598 ccm	1.796 ccm	1.796 ccm	1.984 ccm
Montage der Gastanks (Mehrgewicht)	Unterflur	Unterflur (110 kg)	Kofferraum (110 kg)	in der Reservemulde
Tankinhalt Erdgas	110 l / 19 kg	81 l / 13,2 kg	80 l / 13 kg	73 l / 12,5 kg
Inhalt Benzin(not)tank	14 l	k.A.	k.A.	55 l
Gasverbrauch (pro 100 km) nach RL 99/100: pro 100 km Stadtverkehr/ Überland/ Mischstrecken	6,7 / 4,4 / 5,3 kg 10,2 / 6,7 / 8,1 m ³ Benzin: 10,3 / 6,5 / 7,9 l	ca. 5,6 kg k.A.	ca. 5,6 kg k.A.	ca. 6,0 kg [37] 7,6 / 4,1 / 5,4 kg 11,6 / 6,3 / 8,2 m ³ Benzin: 11,3-11,4 / 6,2-6,3 / 8,1-8,2 l
Reichweite Erdgas	360 km (ca. 350 km [43])	ca. 240 km	ca. 230 km	ca. 230 km
Gesamtreichweite	540 km (500 km [43])	ca. 960 km (Benzin 720 km)	ca. 950 km (Benzin 720 km)	920 km (Benzin: 690 km)
Abgasnorm	EURO3/D4 [43]	EURO4	EURO4	EURO4
CO ₂ -Emissionen (g/km)	144 (Erdgas) [43] Benzin: k.A	k.A.	k.A.	148-149 (Erdgas) 192-194 (Benzin)
Leergewicht ①	1.570 kg	k.A.	k.A.	1.441 kg
Nutzlast	545 kg	k.A.	k.A.	419 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	2.115 kg	k.A.	k.A.	1.860 kg
Laderaum (min./max.)	1.700 l	k.A.	k.A.	460 l bis 1.470 l

① Eigengewicht des Fahrzeugs inkl. Fahrer (75 kg)

Tab. 4: Fortsetzung: Pkw und Vans mit Erdgasantrieb auf dem europäischen Markt, Stand 4/2005

Pkw	Volvo S60 Bi-Fuel [44, 45] Manuelle Schaltung	Volvo S60 Bi-Fuel [44, 45] Automatikschaltung	Volvo S80 Bi-Fuel [45, 46] Manuelle Schaltung	Volvo S80 Bi-Fuel 45, 46] Automatikschaltung
Fahrzeugklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	Ober-/Luxusklasse	Ober-/Luxusklasse
Antrieb	bivalent	bivalent	bivalent	bivalent
Leistung Erdgas kW / PS	103 kW / 140 PS	103 kW / 140 PS	103 kW / 140PS	103 kW / 140PS
Leistung Benzin kW / PS	103 kW / 140 PS	103 kW / 140 PS	103 kW / 140PS	103 kW / 140PS
Hubraum	2.435	2.435	2.435	2.435
Montage der Gastanks (Mehrgewicht)	Unterflur	Unterflur	Unterflur	Unterflur
Tankinhalt Erdgas	23 l / bis 17,6 kg [37]	23 l / bis 17,6 kg [37]	23 l / bis 17,6 kg [37]	23 l / bis 17,6 kg [37]
Inhalt Benzin(not)tank	39 l	39 l	29 l	29 l
Gasverbrauch (pro 100 km) nach RL 99/100: pro 100 km Stadtverkehr/ Überland/ Mischstrecken	6,8 kg [37] Gesamtwerte: 5,9 kg 9,0 m ³ Benzin: 8,8 l	6,8 kg [37] Gesamtwerte: 6,5 kg 10,0 m ³ Benzin: 9,6 l	7,0 kg [37] Gesamtwerte: 6,3 kg 9,6 m ³ Benzin: 9,1 l	7,0 kg [37] Gesamtwerte: 6,8 kg 10,4 m ³ Benzin: 10,2 l
Reichweite Erdgas	260 km	230 km	240 km	220 km
Gesamtreichweite	600 km	540 km	560 km	500 km
Abgasnorm	EURO4 [45]	EURO4 [45]	EURO4 [45]	EURO4 [45]
CO ₂ -Emissionen (g/km)	161 (Erdgas) 211 (Benzin)	178 (Erdgas) 231 (Benzin)	171 (Erdgas) 219 (Benzin)	186 (Erdgas) 244 (Benzin)
Leergewicht ①	1.604 kg	1.639 kg	1.662 kg	1.688 kg
Nutzlast	416 kg	411 kg	488 kg	492 kg
Zulässiges Gesamtgewicht	2.020 kg	2.050 kg	2.150 kg	2.180 kg
Laderaum (min./max.)	1.034 l	1.034 l	1.641 l	1.641 l

① Eigengewicht des Fahrzeugs inkl. Fahrer (75 kg)

Tab. 4: Fortsetzung: Pkw und Vans mit Erdgasantrieb auf dem europäischen Markt, Stand 4/2005

Pkw	Volvo V70 Bi-Fuel [45, 47] Manuelle Schaltung	Volvo V70 Bi-Fuel [45, 47] Automatikschaltung	Mercedes E 200 NGT Kompressor	
Fahrzeugklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	
Antrieb	bivalent	bivalent	bivalent	
Leistung Erdgas kW / PS	103 kW / 140PS	103 kW / 140PS	120 kW / 163 PS	
Leistung Benzin kW / PS	103 kW / 140 PS	103 kW / 140 PS	120 kW / 163 PS	
Hubraum	2.435	2.435	1.769	
Montage der Gastanks (Mehrgewicht)	Unterflur	Unterflur	Reservemulde und Koffer- raum	
Tankinhalt Erdgas	23 l / bis 17,6 kg [37]	23 l / bis 17,6 kg [37]	18 kg	
Inhalt Benzin(not)tank	29 l	29 l	65 l (Option: 80 l)	
Gasverbrauch (pro 100 km) nach RL 99/100: pro 100 km Stadtverkehr/ Überland/ Mischstrecken M: Manuell, A: Automatik	7,2 kg [37] Gesamtwerte: 6,0 kg 9,2 m ³ Benzin: 9,2 l	7,2 kg [37] Gesamtwerte: 6,9 kg 10,5 m ³ 10,1 l	ca. 6 kg [37] 9,1 / 4,4 / 6,1 kg 13,9 / 6,8 / 9,4 m ³ Benzin: 13,0 / 6,8 / 9,0 l	
Reichweite Erdgas	250 km	220 km	300 km	
Gesamtreichweite	570 km	510 km	1.020 km (Benzin: 720 km)	
Abgasnorm	EURO4 [45]	EURO4 [45]	EURO4 [37]	
CO ₂ -Emissionen (g/km)	164 (Erdgas) 220 (Benzin)	187 (Erdgas) 246 (Benzin)	170 (Erdgas) 216 (Benzin)	
Leergewicht ①	1.637 kg	1.664 kg	1.765 kg	
Nutzlast	423 kg	416 kg	510 kg	
Zulässiges Gesamtgewicht	2.060 kg	2.080 kg	2.275 kg	
Laderaum (min./max.)	1.126 l	1.126 l	400 l	

① Eigengewicht des Fahrzeugs inkl. Fahrer (75 kg)

5.2. Emissionen

Ein Drittel der Erdgasfahrzeuge (4 von 12) hält lediglich den Abgasstandard EURO3 ein, zwei davon EURO3/D4. Analog zum Gasverbrauch ist auch bei der CO₂-Emission ein tendenzieller Anstieg mit zunehmender Motorleistung festzustellen, wie das folgende Bild erkennen lässt.

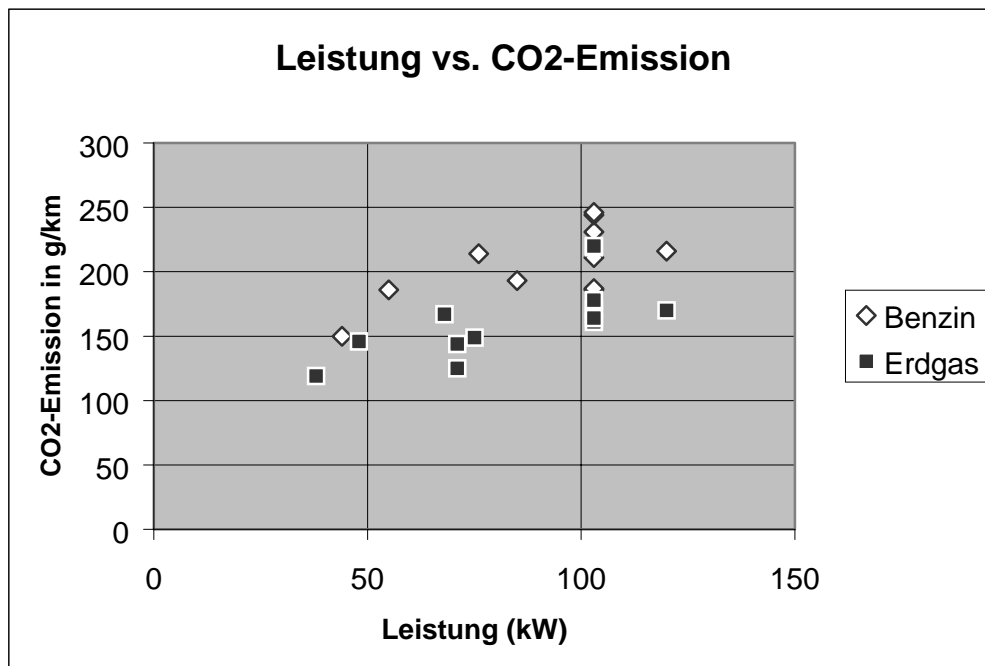


Bild 4: Leistung vs. CO₂-Emissionen von Erdgasfahrzeugen, Stand 4/2005

Es zeigt sich, dass lediglich **zwei Erdgas-Pkw-Modelle** (Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER und Opel Astra Caravan 1.6 CNG monovalent^{plus}) den von den Automobilherstellerverbänden in ihrer Selbstverpflichtung festgelegten Wert von 140 g CO₂/km (alle neu zugelassenen Pkw bis zum Jahr 2008/2009) unterschreiten. Bei Benzinbetrieb (nur bivalente Pkw) hält **kein einziges Modell** diesen Wert ein. Der von der EU-Kommission bereits 1995 in ihrer „Strategie zur Minderung der CO₂-Emissionen von Pkw“ vorgegebene Zielwert von **120 g CO₂/km** bis zum Jahr 2005 (spätestens 2010) wird lediglich von *einem* der angebotenen Modelle (Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER) und auch nur bei Betrieb mit Erdgas, nicht aber mit Benzin eingehalten.

5.3. Nutzlast

Von den 12 auf dem Markt verfügbaren Erdgas-Pkw zählen vier zur Mittelklasse, je drei gelten als Kompaktklasse oder Van/Minivan. Hinzu kommen je ein Kleinwagen und ein Oberklasse-Pkw.

Die maximale Nutzlast der verfügbaren bivalenten Erdgas-Pkw beträgt zwischen 370 und 510 kg und macht damit im Mittel 22,5 % des Gesamtgewichts aus. Angaben zum Mehrgewicht aufgrund des bivalenten Betriebs macht nur Ford für seinen Ford Focus CNG. Hier beträgt das Mehrgewicht 110 kg. Nimmt man ein vergleichbares Mehrgewicht für die anderen bivalenten Erdgas-Pkw an, so beträgt das Mehrgewicht etwa 20 bis knapp 30 % der jeweiligen maximalen Nutzlast. Die höchste Nutzlast von 545 kg (25,8 % des Gesamtgewichts) weist i.Ü. der Opel Zafira 1.6 CNG monovalent^{plus} auf. Hier dürfte sich das vergleichsweise geringere Mehrgewicht des Nottanks im Vergleich zum deutlich größeren Benzintank der bivalenten Fahrzeuge bemerkbar machen.

Bei reinem Gasbetrieb beträgt das Verhältnis von Nutzlast zu CO₂-Emission im Mittel 2,9 : 1, d.h. CO₂-Emission in g/km multipliziert mit 2,9 ergibt die Nutzlast in kg. Emissionsärmere Pkw weisen ein Verhältnis von 3 : 1 und höher auf (3,8 für die beiden monovalenten Opel-Modelle), stärker emittierende Pkw sinken ab auf ein Verhältnis von unter 2 : 1 (Volvo V70 Bi-Fuel, Automatikgetriebe). Der einzige Pkw mit einer CO₂-Emission unter 120 g/km (Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER) liegt mit einem Verhältnis von 3,1 : 1 knapp über dem Mittelwert. Die oben angegebenen Zahlen gelten für den reinen Erdgasbetrieb. Für den reinen Benzinbetrieb beträgt das Verhältnis von Nutzlast zu CO₂-Emission 2,2 : 1, d.h. CO₂-Emission in g/km multipliziert mit 2,2 ergibt die Nutzlast in kg. Emissionsärmere Pkw weisen ein Verhältnis von 2,3 : 1 und höher auf (2,6 für den Citroën Berlingo Multispace 1.4 bivalent), stärker emittierende Pkw sinken ab auf ein Verhältnis von 1,7 (Volvo V70 Bi-Fuel, Automatikgetriebe). Bild 5 zeigt die Werte im Vergleich.

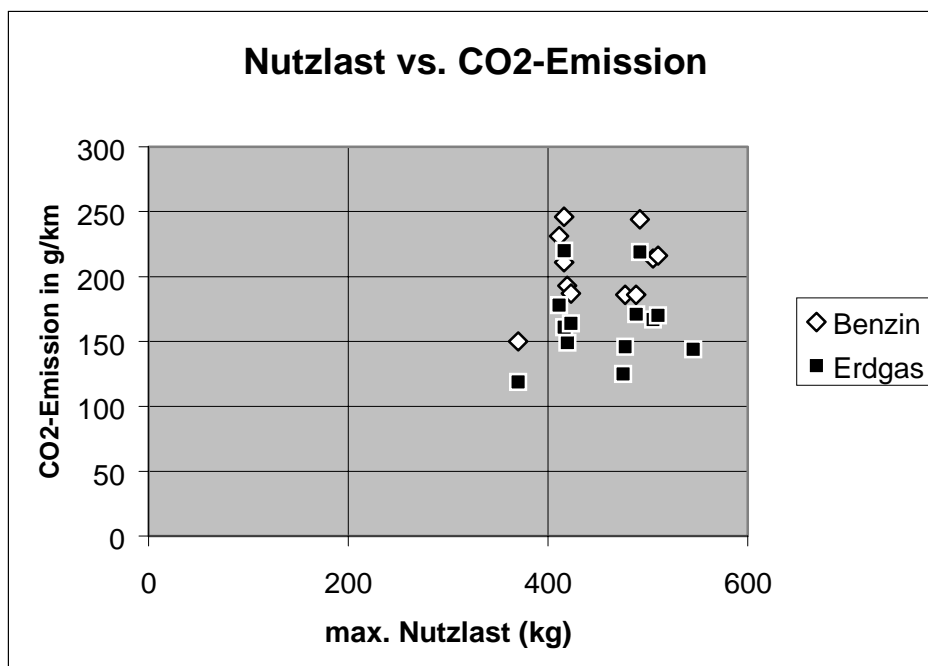


Bild 5: Max. Nutzlast und CO₂-Emission von Erdgasfahrzeugen, Stand 4/2005

Es zeigt sich, dass eine hohe Nutzlast **nicht zwingend** mit hohen CO₂-Emissionen verbunden ist. Das Fahrzeug mit der höchsten Nutzlast (Opel Zafira 1.6 CNG monovalent^{plus}) von 545 kg weist eine CO₂-Emission von 144 g/km auf, liegt also schon dicht am Zielwert der freiwilligen Selbstverpflichtung der Automobilverbände von 140 g/km.

5.4. Ladevolumen

Ein ähnliches Bild wie bei der Nutzlast zeigt sich auch beim Verhältnis von Laderaum zu CO₂-Emission. Der Pkw mit dem größten Ladevolumen von 1.700 l (Opel Zafira 1.6 CNG monovalent^{plus}) ist der gleiche wie der mit der höchsten Nutzlast und mit einer vergleichsweise niedrigen CO₂-Emission von 144 g/km. Der bivalente Pkw mit einem annähernd gleich großen Laderaumvolumen von 1.641 l (Volvo S80 Bi-Fuel, manuelle und Automatikschaltung) emittiert sowohl beim Erdgasbetrieb (171 bzw. 185 g/km) als auch beim Benzinbetrieb (219 bzw. 244 g/km) deutlich mehr CO₂ pro km.

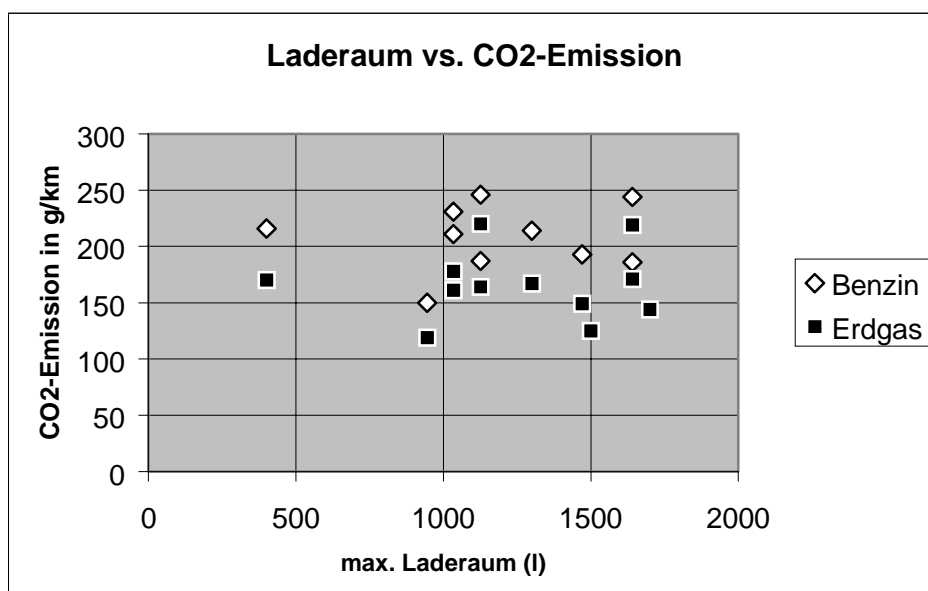


Bild 6: Laderaum und CO₂-Emission von Erdgasfahrzeugen, Stand 4/2005

Nutzlast und maximales Laderaumvolumen korrelieren nicht bei allen Pkw. So variiert das Verhältnis von 2,5 : 1 bis 3,4 : 1, mit Ausnahme des bivalenten Pkw mit dem leistungsstärksten Antrieb und dem größten Eigengewicht (Mercedes E 200 NGT Kompressor). Hier beträgt das Verhältnis nur magere 0,8 : 1 (510 kg Nutzlast bei 400 l Laderaum).

6. Vergleich mit den besten Pkw mit Benzin- oder Dieselantrieb

Mono- und bivalente Erdgasfahrzeuge werden in Konkurrenz zu herkömmlichen Pkw mit Benzin- oder Dieselantrieb angeboten. Auf diesem Fahrzeugmarkt hat es in den letzten Jahren ebenfalls Optimierungen im Hinblick auf Verbrauch und vor allem Emissionsminderung (Einhaltung der EURO-Werte ohne Katalysator) gegeben. Daher sollen die angebotenen Erdgasfahrzeuge mit den besten konventionell angetriebenen Pkw verglichen werden. Dabei wird untersucht, welche Leistungen konventionell betriebene, optimierte Pkw mit vergleichbarer CO₂-Emission bieten.

Tab. 5 zeigt eine Auswahl der Pkw in Österreich und Deutschland aus dem Jahr 2004, deren CO₂-Emission **maximal 120 g/km** (Zielwert der „Strategie zur Minderung der CO₂-Emissionen von Pkw“ der EU-Kommission von 1995) beträgt (sog. TOP 30), im Vergleich mit Erdgasfahrzeugen. Während 2004/2005 lediglich ein einziges (bivalentes) Erdgasfahrzeug (**Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER**) mit einer spezifischen CO₂-Emission von unter 120 g/km angeboten wurde (s.o.), waren im gleichen Zeitraum über 50 Fahrzeugmodelle mit Benzin- (Normal oder Super) oder Dieselantrieb auf dem Markt, die – auch bei vergleichsweise höherer Leistung – teilweise deutlich weniger CO₂ als das beste Erdgasfahrzeug emittierten, vgl. Bild 7. Darunter waren Pkw, die eine beinahe doppelt so große Leistung (70 kW und mehr) erreichten wie der Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER (38 kW). Auf die derzeit noch geringere Energieeffizienz von Erdgasfahrzeugen (im Mittel 8 %) verglichen mit Dieselfahrzeugen wurde bereits hingewiesen.

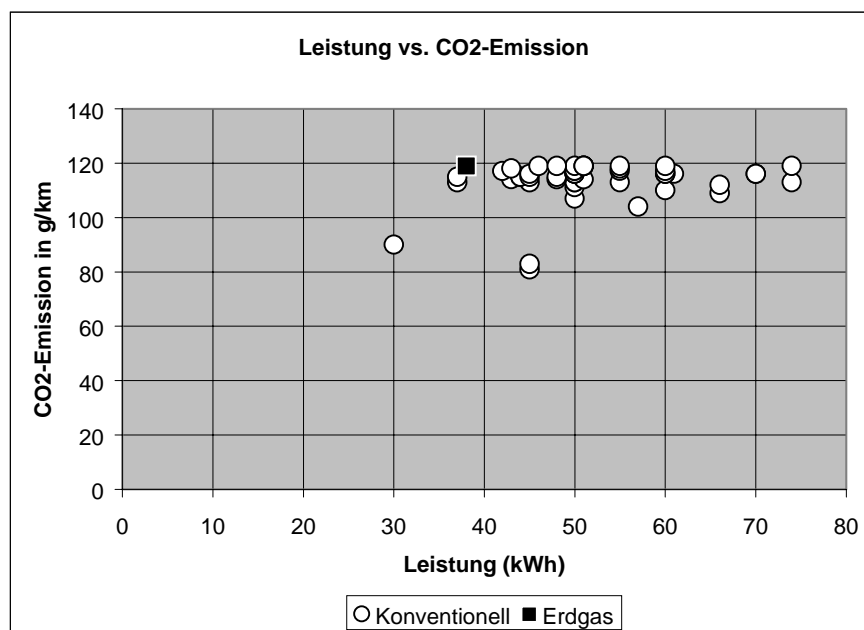


Bild 7: Vergleich des besten Erdgasfahrzeugs mit den besten Pkw mit konventionellem Treibstoff (<120 g CO₂/km), hier CO₂-Emission vs. Leistung (kW), Stand 4/2005

Tab. 5: Pkw mit einer CO₂-Emission bis 120 g/km, aufsteigend nach CO₂-Emission geordnet [32, 48, 49] (Auswahl) , Stand 4/2005

Modell	Audi A2 1.2 TDI [50]	Volkswagen Lupo 1.2 3L [51, für TDI]	smart fortwo coupé (bzw. cabrio) 0.8 (= cdi (30 kW))	Toyota PRIUS 1.5 VVT-i Hybrid [52]	Citroën C2 1.4 HDi [53]
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Mittelklasse	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	81 bis 86 / 81	81 bis 85 (88 mit Servolenkung)	90	104	107
Leistung (kW)	45	45	30	57 (50 für Elektro)	50
Hubraum (ccm)	1.191	1.191	799	1.497	1.398
Getriebe - Anzahl Gänge	M5	TT5	S6 / S6A	CVT	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin / Elektromotor	Diesel
Abgasnorm	EURO3 +EOBD [Ⓢ] / EURO4	EURO4	EURO3 (alle 4 Varianten)	EURO4	EURO3 (mit Oxikat)
Nutzlast (kg)	390 / 345	303 – 355	260	410 [54] [Eigengewicht: 1.315]	394
Laderaum (l)	390	130 bis 830	150	k.A.	166 bis 224
Modell	Citroën C3 1.4 HDi [55]	Renault Clio 1.5	Citroën C2 1.4 HDi SensoDrive	Citroën C3 1.4 HDi 16V	Citroën C3 1.4 HDi SensoDrive
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	109	110	111	112	113
Leistung (kW)	66	60	50	66	50
Hubraum (ccm)	1.398	1.461	1.398	1.398	1.398
Getriebe - Anzahl Gänge	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3 (mit Oxikat)	k.A.	EURO4 (mit Oxikat)	EURO3 (mit Oxikat)	EURO4 (mit Oxikat)
Nutzlast (kg)	479	480	383	467	479
Laderaum (l)	279 bis 1.310	255 bis 1.037	166 bis 224	279 bis 1.310	279 bis 1.310

Modell	Peugeot 206 1.4 HDi	Renault Clio 1.5	smart fortwo coupé 0.7	smart fortwo coupé (oder cabrio) 0.7	Toyota Yaris Terra & Luna 1.4 D-4D
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	113	113	113	113	113
Leistung (kW)	50	74	37	45	55
Hubraum (ccm)	1.360	1.461	698	698	1.364 [56]
Getriebe - Anzahl Gänge	M5	M5	M6	M6	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Benzin	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO3	k.A.	EURO4	EURO4	EURO3
Nutzlast (kg)	476 [57]	480	260	260	435 [56]
Laderaum (l)	245 bis 992 [57]	255 bis 1.037	150	150	204 bis 950 [56]
Modell	Daihatsu Cuore 1	Fiat Panda 1.3 Multijet	Renault Clio 1.5	Opel Corsa ECO 1.0 3-tg. (EASYTRONIC)	Opel Corsa ECO 1,0 5-tg. (EASYTRONIC)
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	114	114	114	115 (bis 132Ⓢ)	115 (bis 132Ⓢ)
Leistung (kW)	43	51	48	44	44
Hubraum (ccm)	989	1.248	k.A.	998	998
Getriebe - Anzahl Gänge	M5	M5	M5	A5	A5 / M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Benzin	Benzin
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	480 [58]	370	480	425 [59]	400 [59]
Laderaum (l)	157 bis 421 [58]	203	255 bis 1.037	260 bis 1.060 [59]	260 bis 1.060 [59]

Modell	Renault Clio 1.5 (Authentique)	smart fortwo coupé 0.7	smart fortwo coupé (oder cabrio) 0.7	Ford Fiesta Coupe/5-türig 1.4 TDCi	Honda Civic IMA 1.3i
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	115	115	115	116	116
Leistung (kW)	48	37	45	50	61 (+ 6,5 für Elektro)
Hubraum (ccm)	1.461	k.A.	k.A.	1.399 [60]	1.339
Getriebe	M5	S6A	S6A	M5 / A5	M5
Kraftstoff	Diesel	Benzin	Benzin	Diesel	Benzin
Abgasnorm	k.A.	EURO4	EURO4	EURO3	EURO4
Nutzlast (kg)	480	260	260	428	315 bis 335 [61]
Laderaum (l)	255 bis 1.037	150	150	284 bis 947 [60]	341
Modell	Hyundai Getz CRDi 3-tg. [62]	Hyundai Getz CRDi 5-tg. [62]	Mitsubishi Colt 1.5 DI-D LP AMT	Mitsubishi Colt 1.5 DI-D LP AMT	smart forfour cdi 1.5
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	116	116	116	116	116
Leistung (kW)	60	60	50	70	50
Hubraum (ccm)	1.493	1.493	1.493	1.493	k.A.
Getriebe	M5	M5	AMT6	AMT6	S6A
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	316 bis 396	321 bis 402	k.A.	485	k.A.
Laderaum (l)	254 bis 977	254 bis 977	220 bis 1.070	220 bis 1.070	k.A.

Modell	smart forfour cdi 1.5	smart roadster 0.7 (softip)	Ford Fusion 1.4 TDCi	Peugeot 206 SW 1.4 HDi (hier: eco 70)	Renault Clio 1.5
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Sportwagen	SUV/Geländewagen	Kleinwagen	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	116	116	117	117	117
Leistung (kW)	70	45	50	50	42
Hubraum (ccm)	k.A.	698	1.399 [63]	1.398	k.A.
Getriebe	S6A	S6	M5 / A5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO3	EURO3	k.A.
Nutzlast (kg)	k.A.	232 [64]	477 [63]	476	480
Laderaum (l)	k.A.	145 [64]	377 bis 1.175 [63]	245 bis 1.130	255 bis 1.037
Modell	Renault Megane II 5-tg./3-tg. 1.5 (und Classic)	Toyota Yaris Sol 1.4 D-4D	Opel Astra (und Astra CC) 1,7 Eco4	Renault Twingo 1.2 16V Eco Quickshift	Audi A2 1.4 TDI
Fahrzeugklasse	Mittelklasse	Kleinwagen	Mittelklasse	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	117	117	118	118 / 120 [Ⓢ] [65]	119
Leistung (kW)	60	55	55	43	55 (oder 66)
Hubraum (ccm)	1.461 [66]	1.364 [56]	1.686	1.149	1.422
Getriebe	M5	M5	M5	S5A	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO4	k.A.	EURO4
Nutzlast (kg)	550 [67]	430 [56]	475	280 / 310 [Ⓢ]	k.A.
Laderaum (l)	330 bis 1.190 [66]	205 bis 950 [56]	480 bis 1.500	168 bis 1.096 [65]	390 bis 1.140 [68]

Modell	Fiat Punto 1.2 60 BIPOWER	Fiat Punto Multijet	Lancia Ypsilon 16v Multijet DFN- System	Mazda 2 1,6 CD-8V (und ~ Automatik)	Nissan Micra 1,5 TD
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	119	119	119	119	119
Leistung (kW)	38 (44 für Benzin)	51	51	50	60
Hubraum (ccm)	1.242	1.248	1.248	1.399 [69]	1.500 [70]
Getriebe	M5	M5	A5	M5	M5
Kraftstoff	Erdgas (bivalent)	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO4	EURO4	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	370	435	400 [71]	333 bis 375 [69]	k.A.
Laderaum (l)	162 bis 945	264 bis 1.080	215 bis 290 [71]	268 bis 1.044 [69]	371 [70]
Modell	Opel Corsa 1,3 CDTI 3tg	Opel Corsa 1,3 CDTI 5tg	Renault Megane II 5tg / 3tg 1,5 (und Classic)	Suzuki Alto 1,1	Toyota Yaris 1.0 VVT-i Eco
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Mittelklasse	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	119	119	119	119	119
Leistung (kW)	51	51	74	46	48
Hubraum (ccm)	1.248 [59]	1.248 [59]	1.461 [66]	1.061	998
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin	Benzin
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO3	EURO3	k.A.
Nutzlast (kg)	425 [59]	400 [59]	550 [72]	365 bis 385 [73]	340
Laderaum (l)	260 bis 1.060 [59]	260 bis 1.060 [59]	330 bis 1.190 [66]	k.A.	205 bis 950

Modell	VW Lupo 1,4 TDI PD	VW Lupo 1,7 SDI	Citroen C3 Pluriel 1.4 HDi	Citroen Xsara Kom- bi 1.4 HDi (Break)	
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse	
CO ₂ -Emission (g/km)	119	119	120	120	
Leistung (kW)	55	55	50	50	
Hubraum (ccm)	1.422	1.716 [74]	1.389 [75]	1.398 [76]	
Getriebe	M5	M5	M5	M5	
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	
Nutzlast (kg)	393 bis 466 [74]	388 bis 457 [74]	347 [75]	506 [76]	
Laderaum (l)	130 bis 830 [74]	130 bis 830 [74]	266 bis 660 [77]	517 bis 1.512 [76]	

- ① EOBD = Europäische On Board Diagnose, d.h. Überwachung abgasrelevanter Bauteile und Systeme während der Fahrt, Festhalten von Fehlfunktionen und Anzeige durch eine Warnlampe
- ② in Abhängigkeit vom Zubehör [78]
- ③ mit Klimaanlage und elektrischem Glaspanoramadach

Tab. 6: Pkw mit einer CO₂-Emission von 121 bis 140 g/km, aufsteigend nach CO₂-Emission geordnet [32, 48, 49] (Auswahl)

Modell	smart roadster 0,7	smart roadster-coupé 0,7	Mitsubishi Colt 1,5 DI-D HP	Mitsubishi Colt 1,5 DI-D LP	Renault Megane II Kombi 1,5 (= Grand-tour Authentique 1,5 dCi)
Fahrzeugklasse	Sportwagen	Sportwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Mittelklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	121	121	121	121	121
Leistung (kW)	60	60	70	50	74
Hubraum (ccm)	698	698	1.493	1.493	1.461
Getriebe	S6A	S6A	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4	k.A.
Nutzlast (kg)	240	220	485	k.A.	505 [79]
Laderaum (l)	104	163	220 bis 1.070	k.A.	520 bis 1.600 [79]
Modell	Ford Fusion 1.6 Minivan	Lancia Ypsilon 16v Multijet	Nissan Micra 1,5 TD	Opel Corsa 1,3 CDTI 3tg/5tg	Renault Megane II Kombi 1,5 (= Grand-tour Authentique 1,5 dCi)
Fahrzeugklasse	SUV/Geländewagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Mittelklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	122	122	122	122	122
Leistung (kW)	66	51	48	51	60
Hubraum (ccm)	1.560	1.248	1.500 [70]	1.248 [59]	1.461
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO3	EURO4	k.A.
Nutzlast (kg)	471	400 [71]	k.A.	425 [59]	505 [79]
Laderaum (l)	337 bis 1.175 [80]	215 bis 290 [71]	371 [70]	260 bis 1.060 [59]	520 bis 1.600 [79]

Modell	smart roadster 0.7	Nissan Micra 1.5 dCI	Opel Astra (und Astra CC) 1.7	Peugeot 307 Break 1.4 HDi	Seat Cordoba neu 1.4 TDI-PD
Fahrzeugklasse	Sportwagen	Kleinwagen	Mittelklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	122	124	124	124	124
Leistung (kW)	45	60	55	50	55
Hubraum (ccm)	698	1.461	k.A.	k.A.	1.422 [81]
Getriebe	S6A	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	240	456	475 [82]	k.A.	420 [81]
Laderaum (l)	104	251 bis 982	380 bis 1.300 [82]	594 bis 2.032 [83]	485 [81]
Modell	Seat Ibiza 1,4 TDI-PD	Skoda Fabia 1,4 TDI PD	Skoda Fabia Combi 1,4 TDI PD	Skoda Fabia Stufenheck 1,4 TDI PD	VW Polo 1,4 TDI PD
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	124	124	124	124	124
Leistung (kW)	55	55	55	55	55
Hubraum (ccm)	1.422 [81]	1.422 [84]	1.422 [84]	1.422 [84]	1.422 [74]
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	495 [81]	515 [84]	515 [84]	515 [84]	388 bis 552 [74]
Laderaum (l)	485 [81]	260 bis 1.016 [84]	426 bis 1.225 [84]	438 bis 789 [84]	270 bis 1.030 [74]

Modell	VW Polo Limousine 1,4 TDI PD	Opel Astra Caravan 1.6 CNG monovalent ^{plus}	Opel Corsa 1,0 3tg/ 5tg	Toyota Corolla Limousine 1,4 D-4D	smart roadster BRABUS 0,7
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Mittelklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Sportwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	124	125	125	125	126
Leistung (kW)	55	71	44	66	74
Hubraum (ccm)	1.422 [74]	1.598	998	1.364	698
Getriebe	M5	M5	A5 / M5	MMT	M6
Kraftstoff	Diesel	Erdgas (monovalent)	Benzin	Diesel	Benzin
Abgasnorm	EURO3	EURO3/D4	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	415 bis 532 [74]	475	425 [59]	505	198
Laderaum (l)	432 bis 1.127 [74]	800 bis 1.500	260 bis 1.060 [59]	289 bis 1.190	104
Modell	smart roadster- coupé BRABUS 0,7	Peugeot 206 1.6 HDi FAP	Peugeot 206 SW 1.6 HDi FAP	Toyota Corolla Combi (oder Hatchback) 1,4 D-4D	Opel Astra Caravan 1,7
Fahrzeugklasse	Sportwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Mittelklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	126	126	126	126	127
Leistung (kW)	74	80	80	66	55
Hubraum (ccm)	698	1.560 [83]	1.560 [83]	1.364 [85]	k.A.
Getriebe	M6	M5	M5	MMT	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4	EURO3
Nutzlast (kg)	178	420 [83]	391 [83]	335 bis 390 [85]	525 [86]
Laderaum (l)	104	245 bis 992 [83]	313 bis 1.136 [83]	402 (minimal) [85]	505 bis 1.540 [86]

Modell	smart fortwo coupé BRABUS 0,7	smart fortwo cabrio BRABUS 0,7	Toyota Corolla Limousine 1,4 D-4D	Mercedes A-Klasse A 160 CDI	Toyota Corolla Combi (oder Hatchback) 1,4 D-4D
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	127	127	127	128	128
Leistung (kW)	55	55	66	60	66
Hubraum (ccm)	698	698	1.398 [87]	1.991 [88]	1.364 [85]
Getriebe	S6A	S6A	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	260	250	335 bis 390 [85] 505 [89]	435 [90]	335 bis 390 [85]
Laderaum (l)	150	150	402 (minimal) [85] 289 bis 1.190	435 bis 1.370	402 (minimal) [85]
Modell	Daihatsu Sirion 1	Ford Focus C-max 1,6 TDCi	Honda Jazz 1,2i	Peugeot 307 1.6 HDi FAP 3-tg. (Tendance) /5-tg. (Premium)	Toyota Yaris 1,0 VVT-i 65
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Van/Minivan	Mittelklasse	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	129 (118 nach [49])	129	129	129	129
Leistung (kW)	43	80	57	80	48
Hubraum (ccm)	989	1.560	1.246	1.560	998
Getriebe	M5	M5	M5	M5	MMT
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Benzin	Diesel	Benzin
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	500 [91]	528	351 bis 419 [92]	473	395 bis 485 [93]
Laderaum (l)	225 bis 630 [91]	460 bis 1.620	380 [92]	341 bis 1.328	205 bis 950 [93]

Modell	Volvo S40 1,6 D DPF	Volvo S40 1,6 D	Fiat Punto 1,9 JTD	Mitsubishi Colt 1,1	Opel Corsa 1,7 CDTI 3tg/5tg
Fahrzeugklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	129	129	130	130	130
Leistung (kW)	80	80	63	55	74
Hubraum (ccm)	k.A.	k.A.	1.910	1.124	1.686 [59]
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO3 / EURO4	EURO3 / EURO4	EURO3	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	k.A.	k.A.	435	490 [94]	425 [59]
Laderaum (l)	k.A.	k.A.	264 bis 1.080	220 bis 595	260 bis 1.060 [59]
Modell	smart forfour 1,1	Suzuki Swift 1,0 3-tg/5-tg	Peugeot 307 Break (Tendance) 1.6 HDi FAP	Toyota Yaris Verso 1,4 D-4D Luna	Hyundai Accent CRDi
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen	Mittelklasse	Kleinwagen	Mittelklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	130	130	131	131	132
Leistung (kW)	55	39	80	55	60
Hubraum (ccm)	1.124	k.A.	1.560	1.364 [85]	k.A.
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO3	EURO4	EURO3	k.A.
Nutzlast (kg)	485	k.A.	507	320 bis 410 [85]	k.A.
Laderaum (l)	268 bis 910	k.A.	503 bis 1.675	390 [85]	k.A.

Modell	Seat Cordoba neu 1,9 SDI	Seat Ibiza 1,9 SDI	Skoda Fabia 1,9 SDI	Skoda Fabia Combi 1,9 SDI	Skoda Fabia Stu- fenheck 1,9 SDI
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	132	132	132	132	132
Leistung (kW)	47	47	47	47	47
Hubraum (ccm)	1.896 [81]	1.896 [81]	1.896 [84]	1.896 [84]	1.896 [84]
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	420 [81]	495 [81]	515 [84]	515 [84]	515 [84]
Laderaum (l)	485 [81]	267 bis 960 [81]	260 bis 1.016 [84]	426 bis 1.225 [84]	438 bis 789 [84]
Modell	Suzuki Swift 1,3 3-tg/5-tg	Volvo V50 1,6 D	Volvo V50 1,6 D DPF	VW Polo 1,9 SDI	VW Polo Limousine 1,9 SDI
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Mittelklasse	Mittelklasse	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	132	132	132	132	132
Leistung (kW)	63	80	80	47	47
Hubraum (ccm)	k.A.	k.A.	k.A.	1.896 [74]	1.896 [74]
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3 / EURO4	EURO3 / EURO4	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	k.A.	k.A.	k.A.	382 bis 547 [74]	415 bis 532 [74]
Laderaum (l)	k.A.	k.A.	k.A.	270 bis 1.030 [74]	432 bis 1.127 [74]

Modell	VW Polo 1,9 TDI PD	Fiat Panda 1.2	Hyundai Getz 1,1 I	Mitsubishi Colt 1,3	Suzuki Ignis 1,3 5TG DDI
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	132	133	133	133	133
Leistung (kW)	74	44	46	70	51
Hubraum (ccm)	1.896 [74]	1.242	1.086	1.332	1.248
Getriebe	M5	M5	M5	AMT6	M5
Kraftstoff	Diesel	Benzin	Benzin	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	380 bis 545 [74]	k.A.	390	490 [94]	485
Laderaum (l)	270 bis 1.030 [74]	206 bis 230, max. 775 [95]	254 bis 977	290 bis 595	236 bis 525
Modell	Toyota Yaris 1.3 VVT-i Luna	Toyota Yaris Verso 1,4 D-4D Sol	Ford Focus 4-tg 1,8 TDCi	Ford Focus Travel- ler 1,8 TDdi	Honda Civic (3-tg./5- tg.) 1,7 CTDi ES
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	133	133	134	134	134
Leistung (kW)	64	55	74	55	74
Hubraum (ccm)	k.A.	1.364 [93]	1.753	k.A.	1.686
Getriebe	MMT	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	445 bis 455 [93]	320 bis 410 [85]	430	k.A.	413
Laderaum (l)	205 bis 950 [93]	390 [85]	350 bis 1.205	k.A.	315

Modell	Peugeot 307 SW 1.6 HDi FAP	Toyota Yaris 1,0 VVT-i 65	Daihatsu Sirion 1,3 S	Daihatsu YRV	Fiat Idea 1.3 Multijet
Fahrzeugklasse	Mittelklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Van/Minivan
CO ₂ -Emission (g/km)	134	134	135	135	135
Leistung (kW)	80	48	75	43	51
Hubraum (ccm)	1.560	998	k.A.	989	1.248
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Benzin	Benzin	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	573	395 bis 485 [93]	k.A.	488	425
Laderaum (l)	503 bis 1.540	205 bis 950 [93]	k.A.	240 bis 1.076	320 bis 1.420
Modell	Fiat Panda 1.1	Ford Focus 5-tg 1,8 TDDi	Renault Scénic II 1,5 (= Authentique 1,5 dCi)	Renault Twingo 1,2	Seat Cordoba neu 1,9 TDI-PD
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Van/Minivan	Kleinwagen	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	135	135	135	135	135
Leistung (kW)	40	55	60	43 / 55	74
Hubraum (ccm)	1.108	1.753	1.461	1.149	1.896 [81]
Getriebe	M5	M5	M5	M5 / A5	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	k.A.	k.A.	EURO3
Nutzlast (kg)	340	418	505 [79]	335	420 [81]
Laderaum (l)	203	350 bis 1.205	430 bis 1.840 [79]	168 bis 1.096	485 [81]

Modell	Seat Ibiza 1,9 TDI-PD	Skoda Fabia 1,9 TDI PD	Skoda Fabia Combi 1,9 TDI PD	Skoda Fabia Stufenheck 1,9 TDI PD	VW Polo Fun 1,4 TDI PD
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	135	135	135	135	135 (132 nach [96])
Leistung (kW)	74	74	74	74	55
Hubraum (ccm)	1.896 [81]	1.896	1.896	k.A.	1.896 [96]
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	516 [81]	440	440	k.A.	343
Laderaum (l)	267 bis 960 [81]	260 bis 1.016	426 bis 1.225	k.A.	288 bis 1.048 [96]
Modell	Daihatsu Sirion 1.0 4WD	Fiat Punto 1.2	Hyundai Getz 1.3 I	Peugeot 206 2.0 HDi	Ford Focus Coupe 1.8 TDi
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kleinwagen	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	136	136	136	136	137
Leistung (kW)	43	44	63	66	55
Hubraum (ccm)	k.A.	1.242	1.493	1.997	k.A.
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Benzin	Benzin	Benzin	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3
Nutzlast (kg)	k.A.	435	424	440	k.A.
Laderaum (l)	k.A.	264 bis 1.080	254 bis 977	245 bis 992	k.A.

Modell	Honda Jazz 1.4i ES	Mercedes A-Klasse A 180 CDI	Opel Corsa 1,4 3- tg./5-tg.	Renault Clio 1.2	Ford Focus 5-tg. 1,8 TDCi
Fahrzeugklasse	Van/Minivan	Kompaktklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	137	137	137	137	138
Leistung (kW)	61	60	66	55	74
Hubraum (ccm)	1.339	k.A.	1.364	1.149	1.753
Getriebe	M5	M6	A5 / M5	A5	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Benzin	Diesel
Abgasnorm	EURO4	EURO4	EURO4	k.A.	EURO3
Nutzlast (kg)	403	k.A.	425 [59]	470	457
Laderaum (l)	380 bis 1.323	435 bis 1.370 [97]	260 bis 1.060 [59]	255 bis 1.037	520 bis 1.580
Modell	Ford Focus Coupe 1,8 TDCi	Mazda3 1,6 CD-16V (und ~Sport)	Opel Astra H 1.7 DTL	Peugeot 206 SW 2.0 HDi	Peugeot 307 1.6 HDi
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kompaktklasse	Mittelklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	138	138	138	138	138
Leistung (kW)	74	80	59	80	66
Hubraum (ccm)	k.A.	1.560	k.A.	1.997	k.A.
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO4	EURO4	EURO3
Nutzlast (kg)	k.A.	k.A.	475 [98]	420	k.A.
Laderaum (l)	k.A.	413	380 bis 1.300 [98]	313 bis 1.136	k.A.

Modell	Renault Twingo 1,2	Skoda Fabia 1,9 TDI PD	Toyota Yaris 1,3 VVT-i Sol	Honda Jazz 1,4i ES CVT	Opel Agila 1
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kleinwagen	Van/Minivan	Van/Minivan
CO ₂ -Emission (g/km)	138	138	138	139	139
Leistung (kW)	43 / 55	96	64	61	44
Hubraum (ccm)	1.149	1.896	1.298 [93]	1.339	998 [32]
Getriebe	A5 / M5	M6	M5	A7	M5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Benzin	Benzin	Benzin
Abgasnorm	k.A.	EURO3	EURO4	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	335	400	405 bis 415 [93]	k.A.	395 [32]
Laderaum (l)	168 bis 1.096	260 bis 1.016	205 bis 950 [93]	k.A.	240 bis 1.250 [32]
Modell	Renault Clio 1.2	Renault Clio 1.9	Renault Kangoo 1,5	Citroen C3 1.1	Daihatsu Cuore 1
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Kleinwagen	Van/Minivan	Kompaktklasse	Kleinwagen
CO ₂ -Emission (g/km)	139	139	139	140	140
Leistung (kW)	55	59	60	44	43
Hubraum (ccm)	1.149	k.A.	1.149	1.124	989
Getriebe	M5	M5	M5	M5	A5
Kraftstoff	Benzin	Diesel	Diesel	Benzin	Benzin
Abgasnorm	k.A.	k.A.	k.A.	EURO3	EURO4
Nutzlast (kg)	470	k.A.	460 [79]	485 [55]	480 [58]
Laderaum (l)	255 bis 1.037	k.A.	650 bis 2.600 [79]	279 bis 1.155 [55]	157 bis 421 [58]

Modell	Fiat Punto 1.9 Multijet	Fiat Stilo 1.9 JTD 115 3tg	Hyundai Atos 1.1 I	Opel Agila 1.3 CDTI	Opel Astra H 1,7 DTH
Fahrzeugklasse	Kleinwagen	Kompaktklasse	Kleinwagen	Van/Minivan	Mittelklasse
CO ₂ -Emission (g/km)	140	140	140	140	140
Leistung (kW)	74	85	43	51	74
Hubraum (ccm)	1.910	1.910	1.086	1.248	k.A.
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Benzin	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO4	EURO4
Nutzlast (kg)	435	435	377	395	475 [98]
Laderaum (l)	264 bis 1.080	305 bis 1.002	284 bis 990	240 bis 1.250	380 bis 1.300 [98]
Modell	Seat Leon 1.9 TDI	Seat Toledo 1.9 TDI	Skoda Octavia Combi 1.9 TDI	Skoda Octavia 1.9 TDI	Suzuki Wagon R+ 1.3 5-tg. DDI
Fahrzeugklasse	Kompaktklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	Mittelklasse	Van/Minivan
CO ₂ -Emission (g/km)	140 (135 nach [32])	140	140	140	140
Leistung (kW)	66 / 81	81	66 / 81	66 / 81	51
Hubraum (ccm)	1.896 [81]	1.896 [81]	1.896	k.A.	k.A.
Getriebe	M5	M5	M5	M5	M5
Kraftstoff	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
Abgasnorm	EURO3	EURO3	EURO3	EURO3	EURO4
Nutzlast (kg)	510 [81]	525 [81]	515	k.A.	k.A.
Laderaum (l)	340 [81]	500 [81]	548 bis 1.512	k.A.	k.A.

In der Emissionsspanne von 120 bis 140 g CO₂/100 km gibt es ebenfalls nur ein einziges Erdgas-Fahrzeug (**Opel Astra Caravan 1.6 CNG monovalent^{plus}**), dagegen knapp 120 Modelle, die mit konventionellem Treibstoff betrieben werden. Von diesen lagen 21 unter den spezifischen Emissionen des Erdgas-Fahrzeugs. Unter den knapp 120 Pkw erreichten 35 eine größere Leistung (größer 71 kW) wie dieses eine Erdgasfahrzeug (71 kW). In dieser Klasse sind sowohl Kleinwagen, Kompakte, Mittelklasse und SUV/Vans vertreten. So weisen zahlreiche Modelle auch hinsichtlich Nutzlast und maximalem Laderaumvolumen eine vergleichbare oder sogar noch größere Kapazität als das beste Erdgasauto in dieser Emissionsspanne auf. Beim Vergleich der Nutzlast muss zudem berücksichtigt werden, dass die bivalenten Erdgasfahrzeuge eine geringere Nutzlast aufweisen als vergleichbare Pkw, die mit Benzin oder Diesel betrieben werden, da die Installationen für den Gasantrieb ein Mehrgewicht von über 100 kg erreichen können.

Die Erdgas-betriebenen Pkw mit Emissionen oberhalb von 140 g CO₂/km (bei reinem Erdgasbetrieb) liegen emissionsseitig im Bereich konventionell angetriebener Fahrzeuge. Die Vielfalt des Marktes bietet für diesen Emissionsbereich eine Vielzahl von Fahrzeugen an, die hinsichtlich von Laderaum und Nutzlast mit den angebotenen Erdgasfahrzeugen vergleichbar sind.

7. Feinstaub (PM10)

7.1. Begrenzung und aktuelle Belastung der Luft mit PM10

Das derzeit wichtigste Luftreinhalteproblem in Wien (und Europa) ist Feinstaub. Feinstaub in der Atemluft führt zu Gesundheitseffekten wie Atemwegserkrankungen, Herzinfarkt, Herzrhythmusstörungen, Veränderung der Blutgerinnung oder Erhöhung der Gesamtsterblichkeit. Man unterscheidet [99]:

- **PM10 (Feinstaub)**: Thorakaler Schwebstaub (thoracic particulates) umfasst Partikeln, die einen in ISO 7708 definierten größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Der Anteil von PM_{2,5} an PM₁₀ liegt etwa bei 50 % bis 80 %.
- **PM_{2.5} (Feinstaub)**: Alveolengängiger Schwebstaub (respirable particulates) umfasst Partikeln, die einen in ISO 7708 definierten größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Er wird auch als (FP) bezeichnet.
- **UFP: Ultrafeine Partikel** umfassen Teilchen mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 0,1 µm. Wegen ihrer vergleichsweise geringen Masse wird ihre Konzentration in Partikelanzahl pro cm³ angegeben.

Die gesundheitlichen Risiken nehmen mit abnehmender Abmessung der Staubpartikel zu, denn je kleiner die Partikel, desto tiefer können sie in den Körper eindringen. Daher sind

Stäube geringerer Abmessung (UFP und PM2.5) sind gefährlicher als größere (PM10). UFP und PM2.5 stammen vor allem aus dem Emittentensektor **Verbrennung**, vgl. Tab. 7.

Tab. 7: Natürliche und anthropogene Quellen, Größe der Partikeln [100]

Quelle	Größe der Partikeln in μm	
natürliche Quellen	Bodenerosion	1 bis 150
	Sandstürme	1 bis 150
	Vulkane	0,005 bis 150
	Maritimes Aerosol	1 bis 20
	Waldbrände	0,005 bis 30
	biogene Stäube (Pollen, Schimmelpilze, Milbenexkrementen)	2 bis 50
anthro- pogene Quellen	stationäre Verbrennung (Heizung, Energieerzeugung)	0,005 bis 2,5
	mobile Verbrennung (Verkehr)	0,005 bis 2,5
	Verhüttung	0,1 bis 30
	industrielle Prozesse (Metallverarbeitung)	0,005 bis 2,5
	Schüttgutumschlag	10 bis 150
	Zigarettenrauch	0,02 bis 10

Das Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) begrenzt den PM10-Gehalt der Luft seit 2002 wie folgt:

- zulässiger Jahresmittelwert $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- zulässiger Tagesmittelwert: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – zulässige Überschreitungen pro Kalenderjahr: 35 in 2004, 30 in den Jahren 2005 bis 2009, 25 ab 2010.

Werden diese Grenzwerte nicht eingehalten, müssen die betroffenen Städte bzw. Bundesländer zwingend zielführende Maßnahmenpläne erstellen, ansonsten droht dem Land Österreich ein Vertragsverletzungsverfahren der EU vor dem Europäischen Gerichtshof.

Seit 2002 liegen umfassende Messdaten für Feinstaub aus ganz Österreich vor. Im Jahr 2002 wurde der Grenzwert für PM10 (mehr als 35 Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Städten **Wien**, Klagenfurt, Graz, Linz und Innsbruck, in zahlreichen Kleinstädten in Niederösterreich, der Steiermark, in Tirol und Vorarlberg sowie auch an ländlichen Standorten im Nordburgenland und in Niederösterreich überschritten [101]. An den Wiener Messstellen wurden im Jahr 2003 zwischen 40 und 95 Überschreitungstage registriert. Am höchstbelasteten Standort wurde auch der Grenzwert für den Jahresmittelwert mit $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ knapp überschritten [102].

7.2. PM10-Emissionsquellen in Wien

In Wien werden jährlich etwa 6.400 t Feinstaub emittiert und aufgewirbelt. Die Hauptverursacher von Feinstaub, sind nach MA 22 [102]:

- Straßenverkehr (Abriebemissionen von Bremsen, Straßen, Reifen sowie durch Wiederaufwirbelung; chemische Bildung aus Vorläufersubstanzen): ca. zwei Drittel
- diffuse Emissionen aus Baustellen und Gewerbe: knapp 20 %.
- Hausbrand: ca. 9 %
- Verkehrsabgase aus Kraftfahrzeugen: etwa 5 %
- Kraftwerke und Großfeuerungsanlagen: etwa 2 %
- Winderosion aus landwirtschaftlichen Flächen 1 %.

Der Anteil an Ferntransporten ist hier nicht berücksichtigt. Ein Vergleich mit Messungen an ländlichen Hintergrundstandorten ergab, dass im Jahresdurchschnitt oft weniger als ein Viertel der Belastung durch Wiener Emittenten verursacht wurde (Jahresmittelwerte). D.h., dass ein großer Teil des Feinstaub vom Ferntransport herrührt.

7.3. Wirksamkeit von Maßnahmen gegen PM10

Die Stadt Wien hat verschiedene Maßnahmen gegen die hohe Feinstaubbelastung unternommen, wie

- verstärkter Ersatz von Streusplitt durch Feuchtsalz seit neuer Winterdienstverordnung vom November 2003
- Abgasfernmessung und Kontrolle auffälliger Fahrzeuge: etwa 5 bis 10 % der Kfz sind durch überhöhte Abgaswerte für 50 % der Schadstoffe verantwortlich)
- forcierte Straßenreinigung, um Staubbelag auf der Straße und Wiederaufwirbelung zu verringern
- Anschaffung abgasarmer Fahrzeuge für den städtischen Fuhrpark [102].

Nach einer aktuellen Studie des Ingenieurbüros Lohmeyer, Karlsruhe, über Maßnahmen zur Luftreinhaltung und ihre Bewertung [103] führen Maßnahmen zur Flottenumstellung eines städtischen Fuhrparks nur zu einer Reduktion der Belastung mit PM10 und NOx im Bereich von weniger als 5 % bis weniger als 1 % Minderung der Partikelemission. Deutlich effektiver sind dagegen Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung, vgl. Tab. 8.

7.4. Dieselpartikelfilter (DPF)

Der Straßenverkehr ist in Wien zwar der größte Emittent für Feinstaub, allerdings sind hier vor allem die nicht-abgasseitigen Emissionen für die Staubbelastung verantwortlich. Auf der anderen Seite sind die Motorenabgase des Verkehrs besonders problematisch, da diese größtenteils für die Belastung mit Feinststäuben und Ultrafeinpartikel verantwortlich sind. Der Partikelfilter ist z.Z. die beste Maßnahme zur Reduktion dieser Partikel im Abgas.

Die aktuellen Abgas-Grenzwerte für Diesel-Pkw (EURO3) konnten mit konventionellen Abgasnachbehandlungssystemen erreicht werden. Die Fahrzeughersteller haben bislang versucht, die ab 1.1.2005 in Kraft getretenen EURO4-Grenzwerte ohne Dieselpartikelfilter (DPF)

zu erreichen. Die zukünftigen EURO5-Grenzwerte – diese treten voraussichtlich 2009 in Kraft – werden jedoch aufgrund des neuen NOx-Wertes einen Einsatz von DPF erzwingen [108].

Tab. 8: Effekte von Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung auf die Belastung mit PM10 und NOx im Stadtgebiet Stuttgart nach Ingenieurbüro Lohmeier [103]

Maßnahmen Verkehrsbeschränkung	Voraussichtliche Minderung in % (überschlägig berechnet)	
	Wirkung PM10	Wirkung NOx
Immissionsabhängiges Fahrverbot für alle Kfz im Stadtgebiet Stuttgart	> 25 %	> 25 %
Immissionsabhängige Fahrverbote im Stadtgebiet abwechselnd für gerade/ungerade Kennzeichen	> 10 %	> 10 %
Immissionsabhängiges Fahrverbot für alle Kfz schlechter EURO4 im Stadtgebiet Stuttgart	> 10 %	> 10 %
Immissionsabhängiges Fahrverbot für alle Lkw schlechter EURO4 im Stadtgebiet Stuttgart	5 - 10 %	> 10 %
Immissionsabhängiges Fahrverbot für den privaten Autoverkehr mit Fahrzeugen schlechter EURO4 im Stadtgebiet Stuttgart	> 5 %	> 10 %
Ganzjähriges Fahrverbot für alle Kfz schlechter als EURO4 im Stadtgebiet Stuttgart ab 2010	> 1 - 5 %	> 10 %
Ganzjähriges Fahrverbot für alle Kfz schlechter als EURO3 im Stadtgebiet Stuttgart ab 2010	1 - 5 %	5 - 10 %
Mindestbesetzung in Privatfahrzeugen (2 bis 3 Personen) an Tagen mit hoher Belastung	1 - 5 % (geschätzt)	1 - 5 % (geschätzt)
Ganzjähriges Fahrverbot für alle Kfz schlechter als EURO2 im Stadtgebiet Stuttgart ab 2010	< 1 %	1 - 5 %

Neufahrzeuge mit serienmäßigem DPF erreichen Feinstaub-Minderungsgrade von über 99 %. Die französischen Pkw-Hersteller Citroen und Peugeot haben bereits seit längerem ihre Fahrzeuge mit serienmäßigem DPF angeboten. Mittlerweile ziehen auch andere Hersteller wie Fiat, Mazda, Opel, Saab, Volkswagen mit der serienmäßigen Ausstattung nach oder bieten diese Ausrüstung gegen Aufpreis an [104].

Besonders hervorzuheben ist das D-CAT-System (*Toyota Diesel Clean Advanced Technologies*) im neuen Toyota Avensis, das mit dem DPNR-Speicherkatalysator (*Diesel Particulate NOx Reduction*) nicht nur die Partikel bis zu 90 %, sondern auch gleichzeitig – und das ist bisher einzigartig – die Stickoxide um 50 % unter Euro IV senkt. Im Gegensatz zu vielen heute bekannten Partikelfiltern arbeitet DPNR völlig wartungsfrei und kommt ohne den Zusatz von Additiven aus [105].

Die österreichische Bundesregierung will den serienmäßigen Einbau von Partikelfiltern schon ab 2005 durch eine steuerliche Förderung forcieren. Dieselfahrzeuge mit einem geringen Partikelausstoß (mit Partikelfilter oder vergleichbaren Technologien zur Reduktion von Partikelemissionen) und einer Leistung von mehr als 80 kW (109 PS) werden ab 1.7.2005 mit einer befristeten Reduktion der NOVA (Normverbrauchsabgabe) in einer Höhe von 300 € begünstigt. Demgegenüber werden neu zugelassene Diesel-Fahrzeuge ohne Partikelfilter oder vergleichbaren Technologien zur Reduktion von Partikelemissionen ab 1.7.2005 mit einem Malus von bis zu 150 € belegt, ab 1.7.2006 erhöht sich dieser Malus auf maximal 300 € [106].

Eine Nachrüstung in Betrieb befindlicher Diesel-Pkw mit einem DPF ist technisch möglich, aber vergleichsweise teuer und reduziert die Partikelemission um 30 bis 40 % [107]. Von Nachteil ist, dass der nachträglich eingebaute Partikelfilter nicht auf den Motor abgestimmt werden kann (kein Eingriff in die Motorsteuerung wie bei einem Original-Rußfilter). Eine Alternative, vor allem für Nachrüster, bietet nach Einschätzung des Umweltbundesamtes der Partikelkatalysator, der 40 bis 80 % der Partikel reduzieren soll [108]. Zur Nachrüstung wird der Serienkatalysator durch einen in einem Gehäuse befindlichen Voroxidationskatalysator mit nachgeschaltetem Oxidationskatalysator mit Partikelfilter ersetzt. Anbieter sind z.B. die Firmen Twin-Tec [<http://www.twintec.de>], Remus [<http://www.remus.at>], HJS [<http://www.hjs.com>] oder FINN-Katalyt [<http://www.finnkat.com>]. Allerdings stellt sich die Frage der Gewährleistung für Folgeschäden bei entsprechender Nachrüstung. Einzelne Anbieter bieten aber eine Gewährleistung für Folgeschäden. (z.B. Remus für seinen Partikelfilterkat [109]).

8. Zukunft Designer-Kraftstoffe ?

8.1. SynFuel

Wenn Erdgas direkt als Kraftstoff in Fahrzeugen eingesetzt werden soll, muss das Fahrzeug dafür umgerüstet werden. Einfacher wäre es, so die Überlegung, Erdgas zu einem flüssigen Treibstoff zu verarbeiten, der anstelle von Benzin oder Diesel ohne Umbau oder Nachrüstung in den vorhandenen Motoren eingesetzt werden könnte. Zugleich könnte mit diesen neuen Kraftstoffen das Problem der Bildung von Partikeln verhindert werden, was einen Partikelfilter überflüssig machen würde.

Die Idee von Gas to Liquids (GtL) oder Coal to Liquids (CtL) basiert auf dem Fischer-Tropsch-Verfahren (Fischer-Tropsch-Synthese), das von Franz Fischer und Hans Tropsch 1926 entwickeltes großtechnisches Verfahren zur Umwandlung von Synthesegas in flüssige Kohlenwasserstoffe. Die Fischer-Tropsch-Synthese war für Deutschland vor allem im zweiten Weltkrieg von enormer Bedeutung, da so der Bedarf an flüssigen Kraftstoffen aus einheimischer Steinkohle gedeckt werden konnte. Nach Angaben der Universität Karlsruhe liegen praktische Erfahrungen mit den fossilen Rohstoffen Kohle und Erdgas vor. "Das aktu-

elle Interesse an Erdgas liegt darin begründet, dass große Mengen an abgelegenen Stellen der Erde sowie als Erdöl-Begleitgas auftreten, die sich für eine Veredelung in hochwertige flüssige und damit leichter transportierbare Produkte anbieten sowie damit dem nutzlosen Abfackeln entgehen können." [110].

Der Mineralölhersteller SHELL hat das Verfahren weiterentwickelt zu SMDS – Shell Middle Distillate Synthesis. Aus Erdgas entsteht über Pyrolyse, Vergasung, Gasreinigung und Fischer-Tropsch-Synthese [111] der sog. SynFuel und daneben andere Produkte wie Kerosin, Naphtha (Rohbenzin) und Flüssiggas (Propan-Butan). Shell betreibt seit 1993 eine Gas-to-Liquids-Anlage im industriellen Maßstab im malaysischen Bintulu, die Synfuel lediglich für verschiedene Feldversuche herstellt. Derzeit investiert Shell in Katar fünf Milliarden US-\$ in den Bau der weltgrößten Anlage mit einer Kapazität von 140.000 Barrel (rund 22 Millionen Liter) pro Tag. Neben Shell investieren aber auch andere Mineralölgesellschaften, wie z.B. Sasol aus Südafrika, in GtL-Anlagen [112].

SynFuel ist schwefel-, stickstoff- und aromatenfrei und besitzt ein hohes Potenzial, um die Schadstoffemissionen der motorischen Brennverfahren, vor allem Stickoxide (NOx) und Rußpartikel, deutlich zu reduzieren – so die Volkswagen AG [113]. Die bei dem Flottentest 2003 in Berlin eingesetzten Fahrzeuge mit 100 PS starken TDI-Motoren erfüllen bereits die Euro-4-Abgasnorm. So betrug die Partikelemission für Dieselfahrzeuge 0,015 g/km und für SynFuel mit 0,011 g/km bei einem EURO4-Grenzwert von 0,025 g/km [114, 115]. *Dennoch wurden mit GtL im Vergleich zum Betrieb mit schwefelfreiem Diesel aus Erdöl deutlich geringere Abgaswerte erzielt, wie die Messungen der TU Berlin vor Ort ergaben:*

- Kohlendioxid: minus 4 Prozent
- Kohlenmonoxid: minus 91 Prozent
- Kohlenwasserstoff: minus 63 Prozent
- Stickoxide: minus 6 Prozent
- Partikel minus 26 Prozent.

Die Partikelemissionen lagen damit auf einem Niveau, das heute nur durch den Einsatz eines Partikelfilters noch unterboten wird. Ältere Fahrzeuge mit Euro 2 und schlechter, bei denen eine Umrüstung auf Partikelfilter nicht möglich ist, können sogar noch stärker zur Rußemissionsreduzierung beitragen. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang vor allem die Tatsache, dass die besseren Emissionswerte erreicht werden, ohne die Motoren technisch zu verändern [112].

Die Emissionsvorteile von SynFuel beim Einsatz in Verbrennungsmotoren wird zukünftig eine stärker auf Verbrauch optimierte Motorsteuerung ermöglichen, z.B. das Combined Combustion System (CCS) – ein Verbrennungsverfahren, das die Prinzipien von Otto- und Dieselmotoren verbindet. CCS soll die geringen Emissionen eines Benzinmotors mit dem sparsamen Verbrauch eines Diesels kombinieren [116]. *"Zur Realisierung des CCS-Verfahrens sind noch zahlreiche Hürden zu überwinden. Im stationären Betrieb konnte das Verfahren bereits sehr stabil dargestellt werden. Der dynamische Betrieb setzt aber die Ent-*

wicklung völlig neuer Regelkonzepte, Sensoren und Aktuatoren voraus. Mit einer Markteinführung ist daher in diesem Jahrzehnt nicht mehr zu rechnen." [113].

Der Verkehrsclub Deutschland – der inoffizielle Gegenpart zum autolastigen ADAC – sieht SynFuel eher kritisch:

„Synfuel, die Gewinnung flüssigen Kraftstoffs aus Erdgas (Gas-to-Liquid), wird sich als Flop erweisen, da die Umwandlung zu energieaufwändig ist. Die direkte Nutzung von Erdgas in optimierten Erdgasmotoren hat eine deutlich bessere Bilanz. Auch VW bezeichnet „Synfuel“ nur als Übergangslösung und Erprobungsphase für designbare Kraftstoffe aus Biomasse.“ [117].

8.2. SunFuel

Erdgas ist ein endlicher, nicht erneuerbarer Rohstoff. Daher wird derzeit mit Hochdruck an Kraftstoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe, z.B. Holz, Stroh oder Energiepflanzen (CO₂-neutrale Biomasse) geforscht (BtL, Biomass to Liquids). Der Mineralölkonzern SHELL ist hier führend; er hat mit SunFuel® einen CO₂-neutralen Treibstoff aus Biomasse entwickelt. Als Ausgangsmaterial kann eine Vielzahl von schnellwachsenden und anspruchslosen Pflanzen verwendet werden. Zusätzlich lassen sich auch Bioreststoffe wie z.B. Stroh oder Resthölzer einsetzen. Entscheidend ist, dass die Qualität des Endprodukts nicht von der Beschaffenheit der eingesetzten Primärenergie abhängig ist [112].

Damit daraus Sprit entsteht, wird die Biomasse zunächst gehäckselt, getrocknet und zu Pellets geformt. Diese kommen in einen Vergaser, der die handlichen Pflanzenbruchstücke zu Synthesegas, einem Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid, umwandelt. Pilotprojekte zur Vergasung laufen z.B. bei Choren Industries im sächsischen Freiberg oder am Forschungszentrum Karlsruhe [110] bereits recht erfolgreich. Choren hat für die Umwandlung das CarboV-Verfahren entwickelt. Dabei wird in einem ersten Schritt mit einer Niedertemperaturvergasung die Biomasse in einen gasförmigen (Schwielgas) und einen festen Bestandteil (Holzkohle) zerlegt. In der zweiten Stufe entsteht in einem Flugstromvergaser das Synthesegas, das anschließend z.B. mittels Fischer-Tropsch-Synthese in Kraftstoff umgewandelt wird. Am Ende verlässt eine paraffinische Flüssigkeit die Reaktoren. Nach einer Isomerisation, die die Wintertauglichkeit erhöht, kann zu etwa 60 Prozent der aromaten- und schwefelfreie Dieselkraftstoff abdestilliert und sofort verwendet werden. Ein kleiner Teil der höhersiedenden Paraffinwachse lässt sich als Grundstoff für die Chemieindustrie verwerten. Die leichten Fraktionen sind entweder nach Anpassung der Oktanzahl als Ottokraftstoff zu verwenden, oder werden erneut der Fischer-Tropsch-Synthese zugeführt. Dabei entstehen länger-kettige also schwerer siedende Dieselkraftstoffe. [112]

Nach einer Studie des Leipziger Instituts für Energetik und Umwelt von 2004 liegt das technisch umsetzbare Potenzial von SunFuel® im heutigen Europa – ohne Einschränkung der Nahrungsmittelproduktion – bei 70 Millionen Tonnen Kraftstoff [112]. *"Dieser Lösungsansatz eines biomassebasierten SunFuels kann als mittelfristig bezeichnet werden, da er heute*

noch nicht wirtschaftlich tragbar ist. Im Vergleich zum erdöl- oder erdgasbasiertem Kraftstoff (ca. 25 Cent/Liter) ergibt sich ein Kostennachteil von ca. 25 Cent/Liter in den reinen Herstellungskosten ohne Steuern (basierend auf einer Anlagengröße von 400 MWth). Jedoch liegen die Herstellungskosten weit unterhalb heutiger Tankstellenpreise, so dass es in der Hand der Politik liegt, durch entsprechende Steuergesetzgebung die Verfahrensentwicklung und erste Einführung dieser Kraftstoffe zu fördern, bis eine wirtschaftliche Machbarkeit dargestellt werden kann." [113]. Da die deutsche Bundesregierung seit Januar 2004 Biokraftstoffe von der Mineralölsteuer befreit hat, wäre SunFuel® bei diesen Herstellungskosten zu herkömmlichem Diesel aus Mineralöl konkurrenzfähig [112].

Gegenwärtig existieren kleinere Versuchsanlagen für Sunfuel®, neben Choren [118] im sächsischen Freiberg, je eine bei der CUTEC in Clausthal-Zellerfeld und in Eilenburg in Sachsen-Anhalt. Derzeit wird am CUTEC-Institut eine weitere Pilotanlage errichtet, der später weitere Anlagen in Brandenburg und Niedersachsen folgen sollen [119].

Die zurzeit von der Firma Choren in der Freiburger Pilotanlage erzeugten Mengen bewegen sich noch im Bereich von einigen Tausend Litern und werden ausschließlich für Forschungszwecke verwendet. Direkt neben der Pilotanlage wird derzeit die erste kommerzielle Anlage mit einer Produktionskapazität von 15 Millionen Litern SunDiesel pro Jahr errichtet. Bis 2010 plant CHOREN allein in Deutschland die Errichtung von fünf weiteren großindustriellen Kraftstofffabriken mit einer Jahresleistung von jeweils rund 250 Millionen Litern. Als Zwischenziel für 2010 ist die Produktion von 1 Mio. t und die Substitution von rund 4% des deutschen Dieserverbrauchs durch "SunDiesel made by CHOREN" geplant [120]. Derzeit ist nicht absehbar, ab wann SynFuel bzw. SunFuel/SunDiesel in Österreich verfügbar sein werden.

Eine speziell für die Pilotanlage in Freiberg erarbeitete Lebenszyklusanalyse (LCA), die von Volkswagen und DaimlerChrysler gemeinsam in Auftrag gegeben wurde, zeigt für den kompletten Weg von der Beschaffung der Biomasse über Aufbereitung Lagerung und Transport, die Konversion zu SunDiesel bis zur Nutzung im Fahrzeug, dass fast 90 % CO₂ vermieden werden, ohne dass in anderen Umweltbereichen Verschlechterungen eintreten [121].

Der VCD ist dennoch nur vorsichtig optimistisch:

"Zur Zeit wird in Deutschland nur an einer Pilotanlage zur Produktion von Sunfuel gearbeitet. Mit nennenswerten Mengen ist vorerst nicht zu rechnen, es besteht weiterhin großer Forschungsbedarf. Für die Automobilindustrie ist dieser synthetische Kraftstoff aus Biomasse auch deshalb so interessant, weil er über die vorhandene Tankinfrastruktur anpassungslos in allen vorhandenen Verbrennungsmotoren eingesetzt werden kann. Dazu lassen sich die Kraftstoffeigenschaften bedarfsgerecht „designen“." [117].

9. Infrastruktur Technik-Center der MA48

Der Fuhrpark der MA48 betreibt das Technik-Center, welches sich in die Werkstätten, Materialwirtschaft, Prüfstraße und die Lehrwerkstätte gliedert. Hier werden Service, Wartung, Reparaturen, Fahrgestell- und Aufbaumontage und Reifenwechsel für Lkw, Pkw, Traktoren oder Baumaschinen erledigt. Zu diesem Zweck wird auch Treibstoff vorrätig gehalten. Um die knappe Fläche optimal zu nutzen, wurde vor einiger Zeit beschlossen, nur für einen Basis-Treibstoff eine Bevorratung einzurichten. Da die schweren Nutzfahrzeuge mit Diesel betrieben werden – unter den im Jahr 2003 für die MA48 zugelassenen 1.226 Fahrzeuge befanden sich über 400 dieser Nutzfahrzeuge [122] – fiel die Entscheidung für Diesel.

Eine Umstellung der Pkw-Flotte auf Erdgas würde bedeuten, dass neben dem Lager für Diesel – das als Treibstoff für schwere Nutzfahrzeuge derzeit nicht ersetzbar ist – zwei weitere Lager eingerichtet werden müssten, nämlich für Benzin und für Erdgas. Hintergrund ist, dass die bivalenten Pkw nicht nur Erdgas benötigen, sondern auch Benzin. Bivalente Fahrzeuge mit Dieselantrieb sind technisch nicht realisierbar (Problem Fremdzündung bei Erdgas und Benzin / Selbstzündung bei Diesel) .

Für den Fall einer Umstellung der Pkw-Flotte auf Erdgas wäre daher das Technik-Center entsprechend um Lager für Erdgas **und** für Benzin zu erweitern. Die Kosten für eine Erdgas-Zapfsäule werden von VEW mit rund 180.000 € angegeben [114]. Zudem müsste das Technik-Center für Arbeiten an den Erdgas-führenden Pkw-Teilen zertifiziert werden (Ex-Schutz!).

10. Schlußfolgerungen

Aus den dargestellten Informationen lassen sich für die Beschaffungspraxis der MA48 konkrete Schlußfolgerungen ziehen.

10.1. Wichtigstes Instrument: Verkehrsvermeidung

Die effektivste Maßnahme zur Verringerung der Energieverbräuche und der verkehrsbedingten Luftschadstoffemissionen ist immer noch die Vermeidung und die Verminderung des Verkehrs, wie es auch KliP, das Klimaschutzprogramm Wiens [123], vorsieht. Hierfür sind verschiedene Maßnahmen zielführend, die auch von der MA48 praktiziert werden oder werden können, wie

- Tourenbündelung und optimierte Tourenplanung, zwecks Verkürzung der Wegstrecken, besserer Fahrzeugauslastung und Verminderung von Leerfahrten
- Fahrzeugführerschulung für ökonomisches Fahren zur Senkung des Treibstoffverbrauchs und des Reifenabriebs
- Förderung von innerbetrieblichen Fahrgemeinschaften (Car-Pooling) u.a.m..

Empfehlung:

- Die genannten Verkehrsvermeidungsmaßnahmen sind weiter fortzuführen und zu intensivieren.

10.2. Beschaffung von Neufahrzeugen (Pkw)

Erdgas ist ein fossiler Energieträger mit endlichen Ressourcen. Das bei seiner Verbrennung freigesetzte CO₂ ist genauso klimawirksam wie das von Benzin- oder Dieselfahrzeugen. Die vorgelegte Übersicht zeigt, dass heute schon zahlreiche Pkw-Modelle auf dem Markt sind, die **bei gleicher oder annähernd gleicher Leistung (Nutzlast, Laderaum)** deutlich weniger CO₂ pro km ausstoßen als Erdgasfahrzeuge bei reinem Erdgasbetrieb. Bei bivalentem Betrieb – also auch Verbrauch des mitgeführten Benzins, z.B. um die Reichweite zu vergrößern – erhöhen sich deren spezifische CO₂-Emissionen teilweise deutlich. So liegen die spezifischen CO₂-Emissionen der bivalenten Erdgasfahrzeuge bei Benzinbetrieb zwischen 150 und 250 g/km und damit in der gleichen Spanne wie nicht verbrauchsoptimierte Benzin- und Dieselfahrzeuge mit einem vergleichbaren Angebot an Nutzlast und Laderaum.

Aufgrund des steuerlichen Bonus/Malus-Systems und ggf. weiterer gesetzlicher Maßnahmen (Kennzeichnungspflicht für Pkw ohne Partikelfilter mit Fahrverboten in gefährdeten Bereichen) ist zukünftig mit einer deutlichen Senkung der Partikelemission aus dem Pkw-Bereich zu rechnen. Diese Emission wird daher zukünftig nicht mehr als Argument für den mit Aufwand verbundenen Umstieg auf Erdgasfahrzeugen dienen können. Vielmehr stehen zukünftig noch mehr die klimarelevanten Emissionen im Vordergrund des Interesses. Im Zuge der EU-Strategie zur Minderung der CO₂-Emissionen von Pkw hatten sich die europäischen, koreanischen und japanischen Automobilherstellerverbände verpflichtet, bis zum Jahr 2008/2009 die CO₂-Emissionen mit technischen Mitteln auf 140 g/km zu reduzieren. Während zahlreiche konventionell betriebene Pkw diese Marge bereits heute unterschreiten, liegen bis auf zwei Ausnahmen alle angebotenen Erdgas-Pkw bei reinem Erdgasbetrieb oberhalb dieses Wertes, bei bivalentem Betrieb sogar deutlich oberhalb.

Unter dem Aspekt des Klimaschutzes kann daher zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Anschaffung von Erdgas-Pkw **nicht** empfohlen werden. Aufgrund der niedrigeren spezifischen CO₂-Emissionen sollte bei einer Neuanschaffung vielmehr auf die im österreichischen Leitfaden über Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen [48] aufgelisteten besten Fahrzeuge (serienmäßig mit Dieselpartikelfilter) zurückgegriffen werden. Das von Toyota im neuen Avensis erstmals eingesetzte D-CAT-System [105] wird sicherlich zukünftig auch in anderen Modellen zum Einsatz kommen. Hervorzuheben ist, dass damit nicht nur die Partikel bis zu 90 %, sondern auch gleichzeitig die Stickoxide um 50 % unter EURO4 gesenkt werden, und dass das System nach Angaben des Herstellers völlig wartungsfrei arbeitet und ohne den Zusatz von Additiven auskommt.

Da der Dieselpartikelfilter absehbar Pflicht werden wird, ist eine Optimierung des Verbrennungsvorgangs zwecks Einhaltung der Grenzwerte ohne Partikelfilter nicht mehr zielführend.

Daher werden sich zukünftige Optimierungen auf die Energieeffizienz und Senkung des Kraftstoffverbrauchs konzentrieren, so dass zukünftig noch mehr Fahrzeugmodelle eine spezifische Emission von unter 140, besser sogar 120 g CO₂/km erreichen werden. Die Hersteller von Erdgasfahrzeugen müssen nachweisen, dass ihre Fahrzeuge ebenfalls diese Werte – und zwar auch bei Benzinantrieb – einhalten können.

Österreich wird in der Versorgung mit Erdgas nie autark sein, sondern immer von Importen abhängig sein. Der Ölpreisschock von 1973 war keine Versorgungskrise, beruhte also nicht auf einem Mangel an Erdölreserven. Er wurde durch die konzertierte Aktion der vornehmlich der OPEC-zugehörigen Förderstaaten verursacht. Auch für Erdgas bestehen diese Abhängigkeiten und Unwägbarkeiten.

Empfehlungen:

- Keine Anschaffung von Erdgas-Pkw, da diese **keine Verbesserung** gegenüber den besten Diesel-Pkw (oder Benzin-Pkw) darstellen.
- Bei Neuanschaffung von Pkw weiterhin sparsame Dieselmotore mit modernster serienmäßiger Abgasreinigungstechnologie (z.B. wie der D-CAT-System im neuen Toyota Avensis) auswählen. Dabei gilt: je niedriger die Leistung, je leichter das Fahrzeug, desto niedriger die spezifischen CO₂-Emissionen.
- Beschaffung von Fahrzeugen, die schon jetzt die nächste Abgasstufe (EURO5) einhalten.
- Des Weiteren werden die Empfehlungen von Prof. Lenz [124] inhaltlich unterstützt.

10.3. Nachrüstung von Altfahrzeugen

Für die vorhandenen Pkw sollte eine Nachrüstung mit Dieselpartikelfilterkat nur dann vorgenommen werden, wenn der Hersteller des Filters auch die Gewährleistung für Folgeschäden am Pkw übernimmt. Andernfalls trägt dieses Risiko der Fahrzeugbesitzer, in diesem Fall also die MA48.

Empfehlung:

- Vorhandene Pkw nur dann mit Dieselpartikelfilterkatalysator nachrüsten, wenn der Hersteller die Gewährleistung übernimmt, und wenn das Fahrzeug noch nicht zu alt ist.

10.4. "Saubere" Treibstoffe der Zukunft

Ein weiterer Aspekt für die Fahrzeugwahl ist die Möglichkeit, zukünftig auf "saubere" Treibstoffe wie SynFuel oder später SunFuel, wenn sie in ausreichender Menge auf dem Markt verfügbar sind, ausweichen zu können. Untersuchungen von Volkswagen mit SynFuel haben gezeigt: *"Setzt man die Kraftstoffe in einem Fahrzeug ein, ohne die Kalibrierung anzupassen, wie es bei einem Einsatz in bereits im Feld befindlicher Dieselmotoren der Fall wäre, so lassen sich mit einem EU III Fahrzeug ohne weitere Maßnahmen bereits die EU IV -*

Partikelgrenzwerte unterschreiten. In einem Golf mit 85kW PDE-Dieselmotor wurden mit Kraftstoff B Partikelwerte kleiner 0,008 g/km im NEFZ gemessen".[113].

Die Frage, ab wann SynFuel bzw. SunFuel in Österreich verfügbar sein werden, ist derzeit noch offen. Wenn sie verfügbar sind, kann die vorhandene Fahrzeugflotte – sofern es sich um Dieselfahrzeuge handelt – problemlos ohne Änderungen am Motor auf diese neuen Treibstoffe umgestellt werden. Für SunFuel spricht, dass es sich um nicht-fossile Ausgangsmaterialien handelt, d.h. bei der Verbrennung von SunFuel wird kein klimarelevantes CO₂ frei.

Allerdings warnt eine im Auftrag des deutschen Bundesumweltministeriums im Februar 2004 veröffentlichte Studie „Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland“ [125] vor zu großer Euphorie im Hinblick auf den Einsatz erneuerbarer Energieträger im Verkehrssektor: *„Die Szenarioanalyse macht deutlich, dass nur bei beträchtlichen Verbrauchsreduzierungen bzw. erfolgreichen Effizienzbemühungen erneuerbare Energien im Verkehrssektor in absehbarer Zeit und mit vertretbarem Aufwand nennenswerte Anteile werden decken können. Eine Strategie, die bei weitgehend unveränderten Mobilitätsstrukturen und fahrzeugspezifischen Energieaufwendungen versucht, fossile Kraftstoffe abzulösen, wird daher nicht erfolgreich sein können.“*

Empfehlung:

- Bei Neuanschaffung von Pkw weiterhin sparsame Dieselmotormodelle mit modernster serienmäßiger Abgasreinigungstechnologie auswählen, um die Option zu wahren, zukünftig auch auf erneuerbare Energieträger wie SunFuel ausweichen zu können.

11. Quellenverzeichnis

- 1 Energiebericht 2003 der österreichischen Bundesregierung, hier Anhang 1, S. 165
<http://www.bmwa.gv.at/NR/rdonlyres/DE2E4FF2-9F3B-4E11-8434-39C0C9206A43/13206/Energiebericht2003.pdf>
- 2 Fuhrpark effizient <http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/mobilitaet/fuhrpark.htm>
- 3 Alternative Antriebe und Treibstoffe
<http://www.magwien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/stadtverwaltung/alternativ.htm?SO=fuhrpark#P0>
- 4 pers. Mitt. Ing M. Wabeck, MA 48, 26.4.2005
- 5 Das Erdgasfahrzeug, Seite Fahrzeugangebot. <http://www.erdgasfahrzeuge.de/appFrameset.html>
- 6 Erdgasfahrzeuge <http://www.erdgasfahren.ch/index.php?id=19>
- 7 Richtlinie 1999/100/EG der Kommission vom 15. Dezember 1999 zur Anpassung der Richtlinie 80/1268/EWG über die Kohlendioxidemissionen und den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt (Text von Bedeutung für den EWR), ABl. L 334 vom 28.12.1999, S. 36
http://europa.eu.int/eur-lex/de/consleg/pdf/1999/de_1999L0100_do_001.pdf
- 8 Daten: OECD Energy Statistics and Balances, BP Amoco Statistical Review of World Energy; Analyse: LBST <http://www.energiekrise.de/gas/folie08.html>

- 9 Rempel H.: Geht die Kohlenwasserstoff-Ära zu Ende? http://www.bgr.de/b123/kw_aera/kw_aera.htm
- 10 AEIOU - das österreichische Kulturinformationssystem beim BMBWK: Erdgas
<http://www.aeiou.at/aeiou.encyclop.e/e720930.htm>
- 11 Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 8 – Umweltschutzrecht: Energiebericht 2001 - 2003
<http://www.ktn.gv.at/abteilungen/energie/Energiebericht2003.pdf>
- 12 OMV: OMV Konzern in Zahlen 2004
- 13 Größter Erdgasfund seit Jahrzehnten. Die Presse, 22.04.2005
<http://www.diepresse.com/Artikel.aspx?channel=e&ressort=eo&id=477817>
- 14 Erdöl und Erdgas, OMV Unterrichtsmaterialienmappe. Herausgeber: OMV Aktiengesellschaft, Wien, 1998
<http://qw.eduhi.at/thema/energie/erdol/erdol.htm#foerderd>
- 15 <http://www.erdgasinfo.de/275.htm>
- 16 <http://www.erdgasinfo.de/6648.asp?pid=6647>
- 17 Salzburg AG: Erdgas-Fahrzeuge. Fragen und Antworten <http://www.salzburg-ag.at/content/default.asp?Mainid=2&kapitel=140&l3menu=398>
- 18 Wiro Consultants: Erdgasfahrzeuge <http://www.wiro-consultants.de/erdgasfahrzeuge.html>
- 19 Richtlinie 1999/94/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 13. Dezember 1999 über die Bereitstellung von Verbraucherinformationen über den Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen beim Marketing für neue Personenkraftwagen. ABl. Nr. L 12, 18.1.2000, S 16
<http://www.europa.eu.int/comm/environment/co2/9994/de.pdf>
- 20 Bundesgesetz über die Bereitstellung von Verbraucherinformationen beim Marketing für neue Personenkraftwagen (Personenkraftwagen-Verbraucherinformationsgesetz – Pkw-VIG). BGBl. I, S. 539-546, 30. März 2001 http://www.automotive.co.at/bilder/010330_Bundesgesetzblatt_26.pdf
- 21 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>
- 22 MA48, Fuhrpark: Umweltbericht 2002 <http://www.wien.gv.at/ma48/pdf/umweltbericht2002.pdf>
- 23 Richtlinie 91/441/EWG: Richtlinie des Rates vom 26. Juni 1991 zur Änderung der Richtlinie 70/220/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen (EURO I für Pkw ab 1992/93)
- 24 EU-Kommission, Generaldirektion Energie und Transport: Alternative Fuels Contact Group: Report 2003
http://europa.eu.int/comm/energy_transport/envir/2003_report_en.pdf
- 25 Umweltbundesamt: CO₂-Emissionswerte neuzugelassener Pkw in Österreich 2003. Berichte BE-247, Wien, 2004 <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE247.pdf>
- 26 Umweltbundesamt Deutschland, <http://www.env-it.de/umweltdaten/jsp/document.do?event=download&ident=5999>
- 27 Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie und Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz: Treibhausgasemissionen des russischen Export-Pipeline-Systems. Projekt im Auftrag der E.ON Ruhrgas AG, Februar 2005 <http://www.wupperinst.org/download/1203-report-de.pdf>
- 28 Verband der Schweizerischen Gasindustrie VSG (Herausgeber): Methanemissionen bei Produktion und Export von russischem Erdgas, 1997 http://www.erdgas.ch/fileadmin/authors/pdf/bas5_97_d.pdf
- 29 <http://www.erdgasfahren.ch/index.php?id=33>
- 30 ECE R110: Europäische Regelung für Bauteile und Einbau von Bauteilen in Fahrzeuge, in deren Antriebssystem verdichtetes Erdgas (CNG) verwendet wird

- 31 ECE R115: Europäische Regelung für Nachrüstsyste me für verdichtetes Erdgas (CNG) und für Flüssiggas (LPG) zum Einbau in Fahrzeuge für deren Antriebssystem
- 32 <http://www.alle-autos-in.de>
- 33 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Punto_d.pdf
- 34 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Berlingo_MS_d.pdf
- 35 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Multipla_new_d.pdf
- 36 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Astra_d.pdf
- 37 Das Erdgasfahrzeug, Seite Fahrzeugangebot. <http://www.erdgasfahrzeuge.de/appFrameset.html>
- 38 <http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/OPEL-Astra.pdf>
- 39 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Zafira_d.pdf
- 40 <http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/Ford-CNG-Katalog.pdf>
- 41 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/Variant_d.pdf
- 42 http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/VW_Technische_Daten.PDF
- 43 <http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/OPEL-Zafira.pdf>
- 44 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/S60_d.pdf
- 45 http://www.kunden.01dd.de/erdgas2004/infospalte/downloads/Volvo_BiFuel_GermanD.pdf
- 46 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/V70_d.pdf
- 47 http://www.erdgasfahren.ch/fileadmin/user_upload/04_Kaufen/Fahrzeuge/Fact_Sheets/S80_d.pdf
- 48 Leitfaden über Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen, Österreich, <http://www.autoverbrauch.at>
- 49 Leitfaden zu Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen, Deutschland 2004, Ausgabe Januar 2005
<http://www.dat.de/leitfaden/LeitfadenCO2Aus2004.pdf>
- 50 Audi-Webseite http://www.audi.com/de/de/neuwagen/a2/a2/durchsicht/technische_daten.jsp
- 51 Volkswagen-Webseite
http://showrooms.volkswagen.de/vwcms_publish/vwcms/master_public/showrooms/de/Lupo/Lupo_3L_TDI/Highlights/sr_content_1.frameset_outer.html
- 52 <http://web.utonet.at/harrer/prius.html>
- 53 Citroën-Webseite http://www.citroen.at/NR/rdonlyres/FCCF5319-D999-41AB-93AF-754808496916/0/C2_Technik.pdf
- 54 <http://www.automagazin.at/neu/heft.php?kategorie=news&id=175>
- 55 Citroën-Webseite http://www.citroen.at/NR/rdonlyres/7B41BDE3-43AB-45C5-8E88-8A561AB65682/0/C3_Technik.pdf
- 56 <http://www.widloither.at/download/YarisT.pdf>
- 57 Peugeot-Webseite
http://www.peugeot.de/ihr_peugeot/modelle/motorvariante.php?c_version_16=1PT1A5B7P504A055
- 58 Daihatsu-Webseite <http://www.daihatsu-gps.at/Cuore/>
- 59 Opel-Webseite http://www.opel.de/res/download/pdf/0A_specs.pdf
- 60 Ford-Webseite <http://www.ford.de/ie/fiesta/-/fsfi01/#>
- 61 Honda-Webseite http://www.honda.at/specials/car/civic_ima/data/at/Civic_IMA_Technische_Daten.pdf
- 62 Hyundai-Webseite
http://www.hyundai.de/webcontent.omeco/folder_188.html?PHPSESSID=0c93095256f187bcaaac06edddb18e43
- 63 Ford-Webseite <http://www.ford.de/ie/fusion/-/fsfu01/#>

- 64 http://www.smart-roadster-board.de/info_technik.php, dort: Technische Daten smart roadster
- 65 Renault-Webseite http://www.renault.ch/download/pricelist/Twingo_de.pdf
- 66 <http://auto.excite.de/nuovo/AutoUK/visualizza.php3?arrayid=2822>
- 67 <http://focus.msn.de/D/DL/DLB/DLBE/DLBEA/DLBEAA/dlbeaa.htm?rub=5&snr=219>
- 68 Audi-Webseite <http://www.audi.ch/audi/index.jsp?webId=305>, dort: CarConfigurator
- 69 Mazda-Webseite http://www.mazda.de/pdf/forecourt/Mazda2_TD.pdf
- 70 Nissan-Webseite http://www.nissan.de/data/brochures/1_brochure_101588.pdf
- 71 Lancia-Webseite http://www.lancia.de/dialog/prospekte/pdf/preislisten/lancia_101.pdf
- 72 <http://focus.msn.de/D/DL/DLB/DLBE/DLBEA/DLBEAA/dlbeaa.htm?rub=5&snr=219>
- 73 Suzuki-Webseite http://www.suzuki.at/stuff/cars/pdf/alto_folder.pdf
- 74 Volkswagen-Webseite <http://www.volkswagen.at/>
- 75 Citroen-Webseite http://www.citroen.at/NR/rdonlyres/6F57E911-56B6-4F6F-83B8-24AEC04740A/0/C3_PlurIEL_Technik.pdf
- 76 Citroen-Webseite http://www.citroen.at/NR/rdonlyres/8C10C996-E7C3-42A0-8F3F-F6971457A402/0/Xsara_Break_Technik.pdf
- 77 http://www.lycos.de/startseite/auto/news_service/show_test.html,,i_1053_p_6/datenblatt-citroen-plurIEL-14-hdi-enten-enkel-mit-sparmodus-im-test.html
- 78 Opel-Webseite <http://www.opel.de/shop/cars/corsa/product/engine/content.act?engine=LJ4&.act>
- 79 Renault-Webseite <http://www.renault.de>
- 80 http://www.lycos.de/startseite/auto/news_service/show_test.html,,i_1245_p_6/datenblatt-ford-fusion-vergroesserter-fiesta-mit-offroad-optik.html
- 81 Seat-Webseite <http://www.seat.at/at/index.php>
- 82 für baugleichen Astra 1.7 CDTI mit 59 kW
- 83 Peugeot-Webseite <http://www.peugeot.at/>
- 84 Skoda-Webseite http://www.skoda.at/technik_te.php?B_ID=1
- 85 Toyota-Webseite www.toyota.de
- 86 Opel-Webseite http://www.opel.de/res/download/pdf/OT_35_specs.pdf
- 87 baugleicher Corolla Limousine 1.4 5-Gang, 71 kW www.toyota.de
- 88 <http://www.motorline.cc/article.php?article=126753>
- 89 http://www.alle-autos-in.de/toyota/toyota_corolla_14_d-4d_ktc1825.shtml
- 90 <http://www.motorline.cc/article.php?article=126753>
- 91 Daihatsu-Webseite <http://www.daihatsu.at/ez/index.php/filemanager/download/158/Datenblatt.pdf>
- 92 Honda-Webseite http://www.honda.at/specials/car/jazz_05/pdf/Honda_Jazz_techdata.pdf
- 93 http://box.motorline.cc/autowelt/pdf/toyota_yaris_technik.pdf
- 94 Mitsubishi-Webseite <http://www.mitsubishi-motors.at/models/coltcz3czt/technischdaten/?type=1.1>
- 95 <http://www.schwab-kolb.com/fia00011.htm>
- 96 http://pdfserver.datacase.ch/pdf/amag/vw-pw/deutsch/Preisliste/Polo_Fun_d.pdf
- 97 Mercedes-Benz A 180 CDI Elegance, 80 kW http://www.alle-autos-in.de/mercedes-benz/mercedes-benz_a_180_cdi_elegance_ktc1797.shtml
- 98 für baugleichen Astra 1.7 CDTI mit 59 kW

- 99 Lahl U., Steven W.: Reduzierung von Partikelmissionen – eine gesundheitspolitische Schwerpunktaufgabe, Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, Nr. 7/8 und Nr. 9, 2004
http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/partikelmissionen_reduzierung.pdf
- 100 Daten Umweltbundesamt, Berlin, 2004, zit in Lahl und Steven, 2004, s.o.
- 101 Umweltbundesamt: 7. Umweltkontrollbericht 2004
http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2004/0402_luft.pdf
- 102 Magistrat der Stadt Wien, MA 22: Feinstaub <http://www.magwien.gv.at/ma22/umweltber0203/pdf/061-feinstaub.pdf>
- 103 Nagel T., Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe und Dresden: Maßnahmen zur Luftreinhaltung und ihre Bewertung. PALLAS - Umweltgespräch im RP Stuttgart, 1.3.2005 <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1156980/rps-ref541-luftrein-tband.pdf>
- 104 FOCUS Nr. 14, 4.4.2005
- 105 Experten: "Partikelfilter & Co": ÖAMTC zeigt Möglichkeiten zur Reduzierung von Partikel- und Stickoxid-Emissionen auf; dort: Koga N. (TOYOTA Europe): Der sauberste Diesel der Welt. Vortrag am 23.11.2004, Kurzfassung http://www.oeamtc.at/netautor/download/document/auto/partikelfilter_koga.pdf
- 106 Umweltbundesamt: Schluss mit Ruß
<http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/verkehr/fahrzeugtechnik/abgasnachbehandlung/filter/>
- 107 Twin-Tec: <http://www.dieselfilter.de/deutsch/index2.html>
- 108 Umweltbundesamt: Neue Systeme führen zur Stickoxidreduktion
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/verkehr/fahrzeugtechnik/abgasnachbehandlung/noxkat/>
- 109 <http://www.remus.at/RFK/>
- 110 Unruh D., Rohde M., Schaub G. Universität Karlsruhe (TH): Fischer-Tropsch Synthese von Kohlenwasserstoffen ausgehend von Biomasse – In-situ H₂O-Abscheidung und Verbesserung der Kohlenstoff-Nutzung, 2003 http://www.fv-sonnenenergie.de/fileadmin/fvsonne/publikationen/ws2003/04_d_fischer_01.pdf
- 111 Seyfried F. (Volkswagen Konzernforschung): Renewable Fuels for Advanced Powertrains. EU-China workshop on liquid biofuels. Beijing, 4-5 November 2004
http://europa.eu.int/comm/research/energy/pdf/31_frank_seyfried_en.pdf
- 112 http://www.volkswagen-umwelt.de/buster/buster.asp?i=wissen_21698.asp
- 113 Steiger W. (Volkswagen AG): SunFuel®-Strategie. Basis nachhaltiger Mobilität. <http://www.world-council-for-renewable-energy.org/downloads/WCRE-Steiger-d.pdf>
- 114 Seyfried F., Nannen H. (Volkswagen Konzernforschung): Schritte zu einer postfossilen Mobilitätskultur. Randbedingungen, Positionen, Empfehlungen. 2. Mobilitätsdiskurs am 27.04.05, BBR, Berlin
http://www.deutsche-energie-agentur.de/page/fileadmin/DeNA/dokumente/Service/Veranstaltungen/Mobilitaetsdiskurs/1.0_Nannen.pdf
- 115 Mail von Herrn Nannen, Volkswagen Konzernforschung, an die Autorin, vom 26.5.2005 mit korrigierter Grafik
- 116 http://www.volkswagen-umwelt.de/buster/buster.asp?i=wissen_21683.asp
- 117 VCD-Diskussion: Alternative Kraftstoffe und Antriebe. Effizienzsteigerung – die beste Alternative.
https://www.vcd.org/themen/download/Alternative_Kraftstoffe_und_Antriebe_050218.pdf
- 118 Choren-Webseite <http://213.174.34.155/de/>
- 119 http://www.brandenburg.de/cms/detail.php?id=173914&_siteid=

- 120 Deutmeyer M.: Diesel aus Holz – ein neues Treibstoffkonzept. Vortrag auf der Mitteleuropäischen Biomassekonferenz 2005, Graz, 26.-29.1.2005 <http://www.oesfo.at/osf/?cid=6519#id6>, Präsentation http://www.oesfo.at/static/mediendatenbank/root01/Veranstaltungen%20Downloads/Mitteeurop%C3%A4ische%20Biomassekonferenz%202005/Vortr%C3%A4ge/Deutmeyer_ppt.pdf
- 121 Baitz M., Deimling S., Binder M. (alle PE Europe GmbH, Leinfeld-Echterdingen): Vergleichende Ökobilanz von SunDiesel (Choren-Verfahren) und konventionellem Dieselmotorkraftstoff im Auftrag der Volkswagen AG und der DaimlerChrysler AG. September 2004. Kurzfassung: http://www.mobilitaet-und-nachhaltigkeit.de/download/2004-10-25_Exec_Summ_LCA_Choren_konsolidiert.pdf
- 122 MA 48: Fuhrpark-Leistungsbericht 2003
- 123 <http://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/klip/>
- 124 Lenz H.P., TU Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau: Empfehlungen für die praktische Motorauswahl im Bereich des Magistrat der Stadt Wien für Pkw, Lkw, Traktoren, Rasenmäher und sonstige Maschinen. Bericht B2825, im Auftrag der MA48, Juni 2002
- 125 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu), Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie: Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland. Studie im Auftrag des BMU, 2004 <http://www.bmu.de/erneuerbare/energien/doc/5650.php>