

Departement
Wirtschaft und Manage-
ment

Zentrum für Accounting &
Controlling

Postfach 958
St. Georgenplatz 2
CH-8401 Winterthur

Markus Zwysig
Dr. oec. HSG et
dipl. Hdl. HSG

Telefon 052 267 79 33
Mobil 079 782 08 92
Fax 052 268 79 33
markus.zwysig@zhwin.ch

6. Juni 2005

Executive Summary

zur Studie

Vergleich der Flottenkosten von Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen

im Auftrag der Erdgas Ostschweiz AG

erdgas
ostschweiz ag

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	1
1.1	PROBLEMSTELLUNG.....	1
1.2	FORSCHUNGSGEGENSTAND	2
1.3	METHODISCHES VORGEHEN	3
2	GRUNDLAGEN	4
2.1	ERDGASFAHRZEUGE	4
2.1.1	<i>Vorteile.....</i>	4
2.1.2	<i>Nachteile.....</i>	4
2.2	KOSTENARTEN.....	5
3	KOSTENVERGLEICH.....	6
3.1	KOSTENVERGLEICH AUF BASIS WERKSANGABEN.....	6
3.1.1	<i>Annahmen</i>	6
3.1.2	<i>Kostenvergleich pro Fahrzeug.....</i>	7
3.1.3	<i>Kostenvergleich auf Stufe Fahrzeugflotte</i>	8
3.1.3.1	<i>Flotte der städtischen Werke Winterthur</i>	8
3.1.3.2	<i>Flotte der Erdgas Ostschweiz AG</i>	8
3.1.3.3	<i>Fahrzeugflotte der Erdgas Zürich AG.....</i>	9
3.1.4	<i>Folgerungen.....</i>	9
3.1.5	<i>Sensitivitätsanalyse.....</i>	10
3.1.5.1	<i>Kaufpreis</i>	10
3.1.5.2	<i>Treibstoffkosten.....</i>	10
3.1.5.3	<i>Förderbeiträge</i>	10
3.1.5.4	<i>CO2-Abgabe und / oder Klimarappen.....</i>	11
3.2	EMPIRISCHE DATEN	11
3.2.1	<i>Erfahrungen der städtischen Werke Winterthur.....</i>	11
3.2.2	<i>Daten der Erdgas Ostschweiz AG.....</i>	12
3.2.3	<i>Daten der Erdgas Zürich AG</i>	12
3.2.4	<i>Folgerungen aus der Analyse der empirischen Daten</i>	13
4	ANHANG - FAHRZEUGLISTE	14

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Für den Vollkostenvergleich von Fahrzeugflotten relevante Kostenarten (Teil 1).....	5
Tab. 2:	Für den Vollkostenvergleich von Fahrzeugflotten relevante Kostenarten (Teil 2).....	6
Tab. 3:	Annahmen für den Kostenvergleich.....	7
Tab. 4:	Übersicht über die Ergebnisse des Kostenvergleichs.	8
Tab. 5:	Übersicht über die empirischen Daten zur Fahrzeugflotte der Erdgas Ostschweiz AG (1.10.2003-30.9.2004).....	12
Tab. 6:	Vergleich der Kosten für Ersatzteile, Wartung und Reparatur zwischen der Erdgas Zürich AG und Erdgas Ostschweiz AG.	13
Tab. 7:	Liste der zurzeit in der Schweiz angebotenen Erdgasfahrzeugen mit entsprechend vergleichbaren Benzin- und Dieselfahrzeugen (Zeitpunkt: Mai 2005) Teil 1.....	14
Tab. 8:	Liste der zurzeit in der Schweiz angebotenen Erdgasfahrzeugen mit entsprechend vergleichbaren Benzin- und Dieselfahrzeugen (Zeitpunkt: Mai 2005) Teil 2.....	15

Abkürzungsverzeichnis

CHF	Schweizer Franken
CNG	Compressed Natural Gas
kg	Kilogramm
NZZ	Neue Zürcher Zeitung
PW	Personenwagen
Vgl.	Vergleiche
vs.	Versus

Zusammenfassung

Erdgasfahrzeuge sind in der Anschaffung zurzeit noch teurer als konventionelle Fahrzeuge. Dieser Nachteil wird jedoch auch bei geringen Kilometerleistungen durch die tieferen Treibstoffkosten nach relativ kurzer Zeit überkompensiert. Die Kostenvorteile von Erdgasfahrzeugen sind unter den getroffenen Annahmen schon erheblich und werden sich in der Tendenz durch sich abzeichnende Änderungen in den gesetzlichen Rahmenbedingungen wie etwa die Einführung einer CO₂-Abgabe bzw. des Klimarappens noch vergrössern. Neben geringeren Kosten bestechen Erdgasfahrzeuge insbesondere durch eine massiv bessere Ökobilanz. Die einzigen Nachteile sind geringe Leistungseinbussen bei Fahrzeugen, die noch nicht für den Erdgasbetrieb optimiert sind sowie ein noch beschränktes Tankstellennetz. Beide Nachteile werden sich jedoch mit der Zeit verringern.

Die dargestellten Aussagen leiten sich aus einem Vollkostenvergleich auf Basis von Werksangaben ab. Die Aussagen werden jedoch durch empirische Daten bestätigt. Im Flottenbetrieb sind Erdgasfahrzeuge unproblematisch und verursachen keine Mehrkosten. Der Einsatz von Erdgasfahrzeugen in Fahrzeugflotten ist aus ökonomischen und ökologischen Gründen uneingeschränkt empfehlenswert.

1 Einleitung

Das vorliegende „Executive Summary“ stellt eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Studie „Vergleich der Flottenkosten von Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen dar“. Für genauere Informationen sowie Literaturhinweise sei hier pauschal auf diese Studie verwiesen.

1.1 Problemstellung

Erdgasfahrzeuge stellen eine ökologisch sinnvolle Alternative zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen dar. Erdgas verursacht pro gefahrene Strecke weniger Schadstoffe, wie Kohlendioxid, Stickoxide oder Kohlenwasserstoffe, als Benzin und Diesel. Erdgasfahrzeuge weisen als Folge davon gegenüber vergleichbaren Fahrzeugen eine rund 50% bessere Umweltbilanz auf. Zusätzlich liegen die Treibstoffkosten rund 20-30% tiefer als bei Diesel oder Benzinfahrzeugen.

Trotz dieser eindrücklichen Vorteile haben Erdgasfahrzeuge in der Schweiz bisher nur eine relativ geringe Verbreitung erreicht. Dies ist auf verschiedene Ursachen zurückzuführen.

Ein wesentlicher Aspekt im Entscheidungsprozess für oder gegen den Erwerb von Erdgasfahrzeugen ist, wie bei den meisten Investitionsentscheidungen, der Kostenaspekt. Die vorliegende Studie legt aufgrund theoretischer Überlegungen, welche empirisch untermauert wurden, dar, dass der Betrieb von Erdgas getriebenen Fahrzeugen unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren mehr oder weniger vergleichbare Kosten generiert wie der Betrieb vergleichbarer Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb. Das beschränkte Tankstellennetz und die teilweise noch begrenzten Erfahrungen mit Erdgasfahrzeugen machen diese in einer ersten Phase insbesondere auch für die Betreiber von Fahrzeugflotten, wie beispielsweise Taxi-Betriebe, Betriebe der öffentlichen Hand oder Unternehmensflotten, interessant, da solche Fahrzeugflotten vielfach in einer geographisch relativ begrenzten Region operieren, was den Nachteil eines begrenzten Tankstellennetzes stark relativiert. Die Analyse der Kosten von Fahrzeugflotten erleichtert zudem ganz entschieden die Analyse der Ist-Kosten, da diese für eine grössere Zahl von Fahrzeugen in gleicher Art erhoben werden und somit konzentriert greifbar sind.

1.2 Forschungsgegenstand

Sämtliche in der Schweiz angebotenen Erdgasfahrzeuge sind keine reinen Erdgasfahrzeuge, sondern verfügen über einen so genannten „bivalenten“ Antrieb. Das heisst, sie verfügen neben einem Gastank über einen zusätzlichen Benzintank. Dies garantiert, auch bei leerem Gastank und auch wenn keine Gastankstelle in Reichweite ist, eine verzugslose Weiterfahrt. Die Umstellung zwischen Gas- und Benzinbetrieb erfolgt meist automatisch oder wahlweise auch per Knopfdruck. Der bivalente Antrieb erhöht die Reichweite der Fahrzeuge erheblich und ist insbesondere in der gegenwärtigen Aufbauphase des Tankstellennetzes von grosser Bedeutung, da dadurch das Faktum des beschränkten Tankstellennetzes als Argument gegen den Kauf eines Gasfahrzeuges weitgehend entkräftet wird.

Die Studie bezieht sich nur auf Fahrzeuge, die mit dem Führerschein Kategorie B gefahren werden können, also Motorfahrzeuge bis zu einem Gesamtgewicht von 3.5 Tonnen und maximal 9 Sitzplätzen (vgl. dazu die Liste im Anhang). Grössere Nutzfahrzeuge wie Lastwagen oder Busse werden nicht in die Betrachtungen mit einbezogen.

1.3 Methodisches Vorgehen

Die theoretischen Kosten-, Verbrauchs- und weitere technische Daten zu den einzelnen Fahrzeugen und Fahrzeugtypen sind über die Werksangaben der Hersteller sehr gut dokumentiert. Empirische Daten zum Betrieb von Erdgasfahrzeugen sind hingegen ungleich schwerer zugänglich als die entsprechenden Werksangaben. Wie sich zeigte, sind die tatsächlichen Daten in sehr viel stärkerem Masse von organisatorischen Gegebenheiten und somit von der einzelnen Unternehmung abhängig als vom Unterschied im Betrieb von erdgas- bzw. konventionell angetriebenen Fahrzeugen. Viele Elemente dieser indirekten Flottenkosten sind offenbar für beide Fahrzeugtypen gleich, für einen Vergleich zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen also irrelevant. Weiterhin sind Fahrzeugflotten mit Erdgasfahrzeugen zurzeit noch in den wenigsten Fällen reine Erdgasflotten, sondern enthalten immer auch konventionell angetriebene Fahrzeuge, was einen Vergleich der Flottenkosten zusätzlich erschwert.

Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Studie in einer ersten Phase der Studie die Kosten auf Stufe Fahrzeug aufgrund der Werksangaben verglichen. In einer zweiten Phase wurde ermittelt, welche unterschiedlichen Kosten zwischen den beiden Fahrzeugtypen im Flottenbetrieb auftreten. In einer dritten Phase wurden die Erkenntnisse der ersten beiden Phasen anhand empirischer Daten validiert. Dieser auf gewissen Annahmen beruhende Basisvergleich wurde anschliessend durch die Berücksichtigung verschiedener Szenarien für die zeitliche Entwicklung auf seine Gültigkeit überprüft.

2 Grundlagen

2.1 Erdgasfahrzeuge

2.1.1 Vorteile

Erdgasfahrzeuge weisen gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen drei wesentliche Vorteile auf: Erstens sind die **Treibstoffkosten** bei Erdgasfahrzeugen bis zu 30% tiefer als bei vergleichbaren Benzinfahrzeugen und bis zu 20% geringer als bei vergleichbaren Dieselfahrzeugen. Die Einsparungen resultierten sowohl aus einem geringeren Verbrauch als auch aus tieferen Preisen. Zweitens sind die Schadstoffemissionen bezogen auf Kohlendioxid- und Kohlenmonoxid, Stickoxide, Ozonbildung sowie Russpartikel bei Erdgasfahrzeugen massiv geringer als bei vergleichbaren Benzin- oder Dieselfahrzeugen - die **Umweltbilanz** fällt insgesamt rund 50% besser aus. Entgegen verbreiteten Vorurteilen sind, stellt Erdgas drittens bei einem Unfall ein geringeres Risiko dar als Benzin.

2.1.2 Nachteile

Den dargelegten Vorteilen stehen allerdings auch einige Nachteile gegenüber: Serienmässig hergestellte Erdgasfahrzeuge **kosten zwischen CHF 2'000 und 5'000 mehr** als vergleichbare Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Zur Kompensation bietet die Erdgasindustrie je nach Wohnregion beim Kauf zusätzliche Vergünstigungen in unterschiedlicher Zusammensetzung an, die kumuliert bis über CHF 2'000 ausmachen. Nachteilig wirkt sich ebenfalls die zurzeit noch **beschränkte Anzahl von Tankstellen** aus. Im Mai 2005 konnte in der Schweiz an 63 Tankstellen Erdgas getankt werden. Das Tankstellennetz wird allerdings ständig erweitert. Letztlich weisen die zur Zeit angebotenen Erdgasfahrzeuge im Erdgasbetrieb eine **leichte Leistungseinbusse** von ca. 8% im Vergleich zu entsprechenden Benzinfahrzeugen auf, da der Motor auf den Benzinbetrieb optimiert ist.

Moderne Erdgasfahrzeuge unterscheiden sich hingegen in der Wartungs- und Reparaturintensität nicht von entsprechenden benzin- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen.

2.2 Kostenarten

Tab. 1 und Tab. 3 geben eine Übersicht über die für einen Vergleich zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen relevanten Kostenarten:

Kostenarten	Bemerkungen
1. Betriebskosten	
• Anschaffung bzw. Amortisation (fix / var)	Unterscheidet sich zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von Fahrzeugtyp und Einkaufskonditionen (Rabatte). Der Anschaffungspreis serienmässig hergestellter Erdgasfahrzeuge liegt zwischen CHF 2'000 und 5'000 über dem Preis vergleichbarer konventioneller Fahrzeuge. In der Kostenrechnung sind die Anschaffungskosten als fixe (zeitabhängige) und / oder variable (leistungsabhängige) Abschreibung zu berücksichtigen.
• Treibstoff (var)	Unterscheidet sich zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von Verbrauch, gefahrenen Kilometern und Fahrverhalten. Treibstoffkosten für Erdgas aufgrund tieferer Preise und tieferem Verbrauch \approx 20-30% tiefer als bei vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen. Der Erdgaspreis bewegt sich meist parallel zu Erdölpreis. Bei geplanter Entlastung des Erdgases von der Mineralölsteuer wird Erdgas bis zu 40Rp. pro Liter günstiger.
• Reifen (var)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von gefahrenen Kilometern und Fahrverhalten. Kein Unterschied zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen.
• Wartung (fix / var)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von der Zeit und gefahrenen Kilometern. Planmässige Wartungsarbeiten (Service). Kein Unterschied zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen.
• Reparaturen (var)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig vom Fahrverhalten. Kein Unterschied zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen.
2. Steuern	
• Fahrzeugsteuern (fix)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig vom Fahrzeugtyp. Fahrzeugsteuern sind kantonal geregelt. Im Kanton Zürich sind die Abgaben vom Hubraum abhängig und liegen zwischen CHF 330 (1500cm ³) und CHF 558 (3000cm ³). Zu den Fahrzeugsteuern hinzuzuzählen ist pro Fahrzeug eine Autobahnvignette in der Höhe von CHF 40 pro Jahr. Die Kantone BS, BL, LU sowie die Städte Genf und Delemont bieten steuerliche Vergünstigungen, in den Kantonen AG und AI ist eine entsprechende Motion eingereicht.
3. Versicherungen	
• Haftpflichtversicherung (fix)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig vom Fahrzeugtyp. Kein Unterschied zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen.
• Teil- und Vollkasko (fix)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig vom Fahrzeugtyp. Kein Unterschied zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen.

Tab. 1: Für den Vollkostenvergleich von Fahrzeugflotten relevante Kostenarten (Teil 1).

Kostenarten	Bemerkungen
4. Kapitalkosten (fix)	Unterscheidet sich zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von Anschaffungskosten und Zinskonditionen. Unterschiede ergeben sich nicht im Zinssatz, sondern in der Höhe der Kapitalkosten, da diese von den Anschaffungskosten abhängig sind. Unterschiede sind aufgrund der relativ geringen Differenzen in den Anschaffungskosten sehr gering.
5. Förderbeiträge (fix)	Unterscheidet sich zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig vom Fahrzeugtyp. Förderbeiträge der Erdgasindustrie für Erdgasfahrzeuge sind je nach Wohnregion unterschiedlich. Bis ca. max. CHF 2'000 im ersten Jahr.
6. Flottenbewirtschaftung	
• Verwaltungskosten (fix / var)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von Organisation und Grösse der Flotte. z.B. Betriebsstoffabrechnungen, Fahrzeugausgabe etc.
• Infrastruktur (fix / var)	Unterscheidet sich <i>nicht</i> zwischen Erdgas- und konventionellen Fahrzeugen. Höhe abhängig von Organisation und Grösse der Flotte. z.B. Gebäude, Standplätze, Reparaturwerkstätten, Waschplätze, Tankstellen.

Tab. 2: Für den Vollkostenvergleich von Fahrzeugflotten relevante Kostenarten (Teil 2).

Die **wesentlichsten Unterschiede** in den Kosten zwischen Erdgas- und konventionell angetriebenen Fahrzeugen liegen in den **Anschaffungspreisen**, den **Treibstoffkosten** sowie den **Förderbeiträgen**. In allen anderen Kostenarten sind die Unterschiede entweder sehr gering oder sehr viel stärker von anderen, exogenen Faktoren abhängig als von der Unterscheidung Erdgas / nicht Erdgas.

3 Kostenvergleich

3.1 Kostenvergleich auf Basis Werksangaben

3.1.1 Annahmen

Für den Kostenvergleich wurden aufgrund der Erkenntnisse aus Abschnitt 2 folgende Annahmen getroffen:

Kostenart	Annahmen
1. Amortisation	<ul style="list-style-type: none"> • Basis: Listenpreise • Lineare Abschreibung in 10 Jahren • Kein Wiederverkaufswert
2. Treibstoff	<ul style="list-style-type: none"> • Basis: Werksangaben zum Verbrauch • Treibstoffpreise vom 24.1.2005: Erdgas 1.38 CHF/kg bzw. 0.92 CHF/lit, Benzin: 1.39 CHF/lit., Diesel: 1.51 CHF/lit.
3. Reifen	<ul style="list-style-type: none"> • Jahreskilometerleistung: 15'000 km • Preis für 4 Reifen inklusive Montage: CHF 960 • Lebensdauer Reifen: 40'000 km
4. Wartung	<ul style="list-style-type: none"> • CHF 1'000 pro Jahr und Fahrzeug
5. Reparaturen	<ul style="list-style-type: none"> • CHF 500 pro Jahr und Fahrzeug
6. Fahrzeugsteuern	<ul style="list-style-type: none"> • Basis: Motorfahrzeugsteuern des Kt. ZH • Werksangaben zum Hubraum • Autobahnvignette: CHF 40 / Jahr
7. Versicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Offerten TCS
8. Kapitalkosten	<ul style="list-style-type: none"> • 4% von der Hälfte des Kaufpreises¹
9. Förderbeiträge	<ul style="list-style-type: none"> • CHF 2'000 pro Fahrzeug im ersten Jahr
10. Verwaltungskosten	<ul style="list-style-type: none"> • CHF 1'050 pro Fahrzeug und Jahr²
11. Infrastrukturkosten	<ul style="list-style-type: none"> • CHF 1'800 pro Fahrzeuge und Jahr³

Tab. 3: Annahmen für den Kostenvergleich.

Die Auswirkungen unterschiedlicher Annahmen werden in Abschnitt 0 mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse überprüft.

3.1.2 Kostenvergleich pro Fahrzeug

Im Kostenvergleich wurden die im Anhang aufgeführten 28 Fahrzeuge unter Berücksichtigung der Annahmen aus Tab. 3 einem Kostenvergleich unterzogen. Der Kostenvergleich pro Fahrzeug ergab die folgenden Ergebnisse:

¹ Verzinsung des durchschnittlich während der ganzen Lebensdauer gebundenen Kapitals.

² Schätzung aufgrund Aufwandschätzung städtische Werke Winterthur: CHF 100'000 / 95 Fahrzeuge.

³ Schätzung: CHF 150 pro Monat und Fahrzeug.

Fahrzeuge	Preis		Kosten	
	Æ Preis	Æ Preisdifferenz zu Erdgas	Æ Kosten / Jahr	Æ Kostendifferenz zu Erdgas
Erdgas	34'885		12'862	0
Benzin	30'469	-4'416	13'148	+285
Diesel	34'003	-883	13'489	+579

Tab. 4: Übersicht über die Ergebnisse des Kostenvergleichs.

3.1.3 Kostenvergleich auf Stufe Fahrzeugflotte

Wie bereits erwähnt, ist ein Kostenvergleich auf Stufe Fahrzeugflotte hypothetisch, da in der Praxis keine zwei Fahrzeugflotten direkt verglichen werden können. In den folgenden zwei Abschnitten wird für die drei Fahrzeugflotten der städtischen Werke Winterthur, der Erdgas Ostschweiz AG und der Erdgas Zürich AG ein hypothetischer Kostenvergleich zu reinen Benzin- / Dieselflotten unter den folgenden Annahmen gemacht:

- Es gelten die grundsätzlichen Annahmen aus Tab. 1 und Tab. 2
- Die gegenwärtige Anzahl von Erdgasfahrzeugen würde gegen eine entsprechende Anzahl vergleichbarer Benzin- bzw. Dieselfahrzeuge ausgetauscht.

3.1.3.1 Flotte der städtischen Werke Winterthur

Die Fahrzeugflotte der städtischen Werke Winterthur besteht aus 16 Bifuel-Fahrzeugen. Durch den Betrieb dieser Erdgasfahrzeuge erzielen die Städtischen Werke Winterthur gegenüber entsprechenden Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen pro Jahr bei den Betriebskosten eine Einsparung zwischen CHF 3'588 bzw. CHF 12'138. Dieser Betrag wird sich durch den beabsichtigten Ersatz von 18 konventionellen Fahrzeugen durch Erdgasfahrzeuge in den nächsten Jahren etwa verdoppeln.

3.1.3.2 Flotte der Erdgas Ostschweiz AG

Die Fahrzeugflotte der Erdgas Ostschweiz AG besteht aus 7 Bifuel-Fahrzeugen. Der Vergleich zeigt, dass die Erdgas Ostschweiz AG durch den Betrieb dieser Erdgasfahrzeuge

gegenüber entsprechenden Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen pro Jahr mindestens zwischen CHF 2'446 bzw. CHF 3'217 Betriebskosten einsparen.

3.1.3.3 Fahrzeugflotte der Erdgas Zürich AG

Die Flotte der Erdgas Zürich AG besteht in der Kategorie B (bis 3.5 Tonnen, mit normalem PW-Ausweis zu fahren) aus 34 Bifuel-Fahrzeugen.⁴ Der Vergleich zeigt, dass die Erdgas Zürich AG durch den Betrieb dieser Erdgasfahrzeuge gegenüber entsprechenden Benzin- bzw. Dieselfahrzeugen pro Jahr mindestens zwischen CHF CHF 11'441 bzw. CHF 23'541 Betriebskosten einsparen.

3.1.4 Folgerungen

Unter den in Tab. 3 getroffenen Annahmen sind die jährlichen Kosten der untersuchten Erdgasfahrzeuge durchschnittlich um CHF 285 geringer als bei den entsprechenden Benzinfahrzeugen und um CHF 579 geringer als bei den verglichenen Dieselfahrzeugen. Die **Kaufpreise der Erdgasfahrzeuge** sind zwar im Durchschnitt um CHF 4'416 bzw. CHF 883 **teurer als die entsprechenden Benzin- bzw. Dieselfahrzeuge**. Dieser **Preisnachteil wird jedoch durch die geringeren Treibstoffkosten und die Förderbeiträge** der Erdgaswirtschaft **überkompensiert**. Dominierend ist dabei der Faktor der Treibstoffkosten, welche wesentlich von der Anzahl gefahrener Kilometer abhängen. Unter den getroffenen Annahmen einer Fahrleistung von 15'000 km pro Jahr ist der Break/Even, also der Zeitpunkt, ab welchem Erdgasfahrzeuge gesamthaft kostengünstiger sind, im Vergleich zu Benzinfahrzeugen durchschnittlich nach 4.6 Jahren⁵ erreicht. Berücksichtigt man die einmaligen Förderbeiträge, so sind Dieselfahrzeugen ohnehin im Durchschnitt CHF 1'117 teurer als Benzinfahrzeuge, d.h. Erdgasfahrzeuge sind aufgrund der tieferen Treibstoffkosten ab dem ersten Kilometer günstiger als entsprechende Dieselfahrzeuge.

⁴ Es existieren lediglich noch einige alte Benzinfahrzeuge, die jedoch aufgrund ihres Alters für einen Vergleich nicht brauchbar sind.

⁵ Durchschnittlicher Kaufpreisunterschied zwischen Erdgas- und Benzinfahrzeugen inklusive einmalige Förderbeiträge (CHF 2'416)/ Durchschnittliche Kostendifferenz zwischen Erdgas- und Benzinfahrzeugen (CHF 527) (ohne Amortisationskosten, da sonst die Anschaffungskosten doppelt berücksichtigt würden) = 1.7 Jahre.

3.1.5 Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wird im Folgenden überprüft, ob die Resultate des Kostenvergleichs (vgl. Abschnitt 3.1.2) durch plausible Änderungen der ihm zu Grunde liegenden Annahmen wesentlich verändert werden. Ausgangspunkt der Sensitivitätsanalyse sind die in Abschnitt 3.1.2 dargelegten Berechnungen.

3.1.5.1 Kaufpreis

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht wird der höhere Preis von Erdgasfahrzeugen im Vergleich zu Benzin- oder Dieselfahrzeugen in Zukunft tendenziell sinken. Diese Einschätzung basiert auf der Vermutung, dass die Nachfrage nach Erdgasfahrzeugen und damit die Produktionszahlen steigen werden, was aufgrund von Skaleneffekten (sinkende Durchschnittskosten) eine Senkung der Preise erlaubt. Für konventionelle Fahrzeuge zeichnet sich aus heutiger Sicht weder eine generelle Preiserhöhung noch eine Preissenkung ab. Die Resultate des oben dargestellten Kostenvergleichs werden sich also durch zukünftige Kaufpreisänderungen am ehesten zu Gunsten der Erdgasfahrzeuge entwickeln, wobei die Auswirkungen in den nächsten Jahren vermutlich noch gering sein werden.

3.1.5.2 Treibstoffkosten

Die Treibstoffkosten sind ein Produkt aus Treibstoffverbrauch und Kosten pro Treibstoffeinheit. Eine generelle Veränderung in den Verbrauchszahlen ist bei allen drei Fahrzeugtypen in der nächsten Zeit kaum zu erwarten. Tendenziell wird der Verbrauch aller drei Fahrzeuge mit der Zeit eher sinken.

Tendenziell verläuft die Preisentwicklung von Erdgas, Benzin und Diesel parallel. Für 2007 ist eine steuerliche Entlastung umweltschonender Treibstoffe geplant. Mit diesen geplanten steuerlichen Vergünstigungen werden die Treibstoffpreise für Erdgas in der gesamten Schweiz harmonisiert.

3.1.5.3 Förderbeiträge

Lässt man die im Rechnungsmodell angenommenen Förderbeiträge weg, so ist der Betrieb eines Erdgasfahrzeuges durchschnittlich nur noch um rund CHF 85 günstiger als der Betrieb eines Benzinfahrzeuges. Die Resultate des Vergleichs sind in diesem Bereich

dann sehr stark vom Fahrzeugmodell und der Ausprägung der anderen Annahmen abhängig. In Zukunft werden die Förderbeiträge bei grösserer Verbreitung von Erdgasfahrzeugen und tendenziell sinkenden Fahrzeugpreisen (vgl. dazu Abschnitt 3.1.5.1) in der gleichen Grössenordnung wie die Fahrzeugpreise gegen Null sinken. Der Kostenvorteil der Erdgasfahrzeuge bleibt dadurch insgesamt unangetastet.

3.1.5.4 CO₂-Abgabe und / oder Klimarappen

Im März 2005 beschloss der Bundesrat eine CO₂-Abgabe auf Brennstoffen und die Einführung des freiwilligen Klimarappens auf Treibstoffen. Kommt die Klimarappen-Abgabe bis 2007 nicht zustande oder erbringt er nicht die erhoffte Wirkung, will der Bundesrat auch auf Benzin eine CO₂-Abgabe einführen. Es besteht die Möglichkeit, dass Diesel von der Abgabe befreit wird.⁶ Die Einführung des Klimarappens oder allenfalls einer CO₂-Abgabe würde zwar sowohl konventionelle Treibstoffe (Benzin, Diesel) als auch Erdgas verteuern. Die Verteuerung würde jedoch beim Erdgas geringer oder mindestens gleich ausfallen. Der Kostenvorteil von Erdgasfahrzeugen würde also unter Beibehaltung aller anderen Annahmen im obigen Kostenvergleich mindestens erhalten bleiben, sich tendenziell sogar vergrössern.

3.2 Empirische Daten

3.2.1 Erfahrungen der städtischen Werke Winterthur

Die Erfahrungen der städtischen Werken Winterthur mit Erdgas-Fahrzeugen sind durchaus positiv bzw. als „problemlos“ zu bezeichnen. Die Fahrzeuge unterscheiden sich im Aufwand für Unterhalt und Wartung nicht von konventionellen Fahrzeugen. Die Fahrzeuge legen durchschnittlich pro Jahr zwischen 5'000 und 7'000 km zurück, den grössten Teil davon im Erdgasbetrieb. Die Treibstoff- und Wartungskosten werden zwar pro Fahrzeug separat erfasst, die Daten wurden jedoch bis jetzt noch nicht systematisch ausgewertet. Stichproben zeigen jedoch, dass die Kosten sich im Rahmen der Werksangaben bewegen.

⁶ BUWAL CO₂-Abgabe auf Brennstoffe, 2005; NZZ, 23. März 2005.

3.2.2 Daten der Erdgas Ostschweiz AG

Tab. 5 gibt eine Übersicht über die empirischen Daten der Erdgas Ostschweiz AG. Die Erdgasfahrzeuge weisen um 25% tiefere Treibstoffkosten auf als die Benzinfahrzeuge. Im untersuchten Zeitraum sind die Wartungskosten der Erdgasfahrzeuge tiefer als bei den entsprechenden Benzinfahrzeugen, was unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass bei den Volvo-Fahrzeugen die Wartungskosten im Kaufpreis inbegriffen sind. Die Kosten für Reparatur und Ersatzteile sind jedoch bei den Erdgasfahrzeugen um einiges höher als bei den Benzinfahrzeugen, was gemäss Aussagen der Erdgas Ostschweiz AG darauf zurückzuführen ist, dass die Erdgasfahrzeuge hauptsächlich für den rauen Stations- und Leitungsbesuch verwendet werden. Die Gesamtkosten sind in der untersuchten Stichprobe für die Erdgasfahrzeuge als Folge davon insgesamt höher als bei den Benzinfahrzeugen. Die Wartungs- und Reparaturkosten werden also durch die spezifische Zusammensetzung der Stichprobe verzerrt und lassen keine allgemeingültigen Aussagen zu. Die Aussagen zum Treibstoffverbrauch bestätigen hingegen die theoretischen Erkenntnisse. Es liegen keine Hinweise vor, dass die Treibstoffkosten in der Stichprobe systematisch durch irgendwelche Faktoren verzerrt würden – die Aussagen sind also unter Einschränkungen verallgemeinerbar.

Typ	Modell	Neupreis in CHF	Treibstoff	Gefahrene Kilometer	Treibstoff / Kilometer	Ersatzteile inkl. Reifen	Wartung	Reparatur	Gesamtkosten	Gesamtkosten / Kilometer
Benzin	Ford Escort 1.8 ZH 389706	21'200	1'346.15	15'600	0.09	664.00	1'413.00	0.00	3'423.15	0.22
Benzin	Ford Galaxy 20 ZH 269220	33'793	2'160.25	18'383	0.12	679.00	1'032.00	0.00	3'871.25	0.21
Benzin	Ford Mondeo ZH 180619	27'220	1'281.66	11'951	0.11	82.00	1'586.05	520.00	3'469.71	0.29
Benzin	Ford Mondeo ZH 68290	26'760	2'178.10	20'472	0.11	1'141.00	2'755.00	0.00	6'074.10	0.30
Benzin	Ford Scorpio ZH 313508	35'255	1'750.70	14'828	0.12	103.00	713.00	1'805.00	4'371.70	0.29
BiFuel	Fiat Multipla ZH 325709	24'885	1'721.04	21'960	0.08	66.00	1'344.00	2'273.00	5'404.04	0.25
BiFuel	Fiat Multipla ZH 398681	24'885	2'125.79	24'331	0.09	32.00	863.00	2'457.90	5'478.69	0.23
BiFuel	Fiat Multipla ZH 461193	24'885	1'884.47	23'735	0.08	363.00	855.00	1'721.00	4'823.47	0.20
BiFuel	Volvo V60 ZH 414336	33'039	1'121.48	14'004	0.08	0.00	130.00	929.00	2'180.48	0.16
BiFuel	Volvo V70 ZH 459140	37'538	1'114.40	12'918	0.09	1'527.00	718.00	1'050.00	4'409.40	0.34
BiFuel	VW Golf 2.0 ZH 165545	34'506	453.45	5'576	0.08	770.00	0.00	0.00	1'223.45	0.22
Durchschnittstreibstoffkosten BiFuel				17'087.33	0.08	459.67	651.67	1'405.15	3'919.92	0.23
Durchschnittstreibstoffkosten Benzin				16'246.80	0.11	533.80	1'499.81	465.00	4'241.98	0.26

Tab. 5: Übersicht über die empirischen Daten zur Fahrzeugflotte der Erdgas Ostschweiz AG (1.10.2003-30.9.2004).

3.2.3 Daten der Erdgas Zürich AG

Die 34 Bifuel-Fahrzeuge der Erdgas Zürich AG erzeugten im untersuchten Zeitraum im bivalenten Betrieb Treibstoffkosten von CHF 0.08 pro km. Diese Zahl deckt sich sehr gut mit dem auf Werksangaben basierenden theoretischen Wert von CHF 0.07 pro km für die

betreffenden Fahrzeuge sowie mit den Erfahrungen der Erdgas Ostschweiz AG mit einem Wert von CHF 0.09 pro km. Der Vergleich zu entsprechenden konventionellen Fahrzeugen ist mit der vorhandenen Datengrundlage leider nicht möglich.

Die folgende Tabelle vergleicht die Kosten für Ersatzteile, Wartung und Reparatur bei den Bifuel-Fahrzeugen pro km für die Erdgas Zürich AG und die Erdgas Ostschweiz AG.

	Erdgas Zürich AG	Erdgas Ostschweiz AG
Ersatzteile inklusive Reifen	CHF 0.04	CHF 0.03
Wartungskosten	CHF 0.03	CHF 0.04
Reparaturkosten	CHF 0.01	CHF 0.07

Tab. 6: Vergleich der Kosten für Ersatzteile, Wartung und Reparatur zwischen der Erdgas Zürich AG und Erdgas Ostschweiz AG.

Der Vergleich zeigt, dass sich die Daten für Ersatzteile und Wartung in beiden untersuchten Flotten sehr gut decken. Weiterhin zeigt sich, dass die ausserordentlich hohen Reparaturkosten bei der Erdgas Ostschweiz AG im Vergleich tatsächlich sehr viel höher ausfallen, was die getroffene Vermutung, dass diese hohen Reparaturkosten auf ausserordentliche Faktoren zurückzuführen sind, bestätigt.

3.2.4 Folgerungen aus der Analyse der empirischen Daten

Aus der Analyse der empirischen Daten bestätigt die theoretischen Erkenntnisse und lässt insbesondere die folgenden Schlüsse zu:

1. Die aus den Werksangaben abgeleiteten Treibstoffkosten pro Kilometer von durchschnittlich CHF 0.08/km über alle zur Zeit erhältlichen Erdgasfahrzeuge liess sich für die Flotten der Erdgas Ostschweiz AG und der Erdgas Zürich AG mit Werten von CHF 0.09/km bzw. CHF 0.08/km praktisch exakt bestätigen.
2. Wartungs- und Reparaturkosten unterscheiden sich bei Erdgas und konventionellen Fahrzeugen nicht systematisch.

4 Anhang - Fahrzeugliste

Nr.	Typ	Modell	Preis	Verbrauch	Gewicht
1	CNG	Citroën Berlingo Fourgon 800 1.4GNV	22'630	5.5 kg/100km	1'850
	Benzin	Citroën Berlingo Fourgon 800 1.4i	18'900	8.8 lt/100km	1'890
	Diesel	Citroën Berlingo Fourgon 800 2.0HDi	22'020	6.8 lt/100km	1'790
2	CNG	Citroën Berlingo Multispace 1.4GNV	25'800	5.5 kg/100km	1'810
	Benzin	Citroën Berlingo Multispace 1.4i	16'990	7.5 lt/100km	1'780
	Diesel	Citroën Berlingo Multispace 2.0HDi	25'600	5.5 lt/100km	1'920
3	CNG	Citroën Jumper 2.0GNV Kombi 33M	42'341	8.7 kg/100km	3'300
	Benzin	Citroën Jumper 2.0i 33M Kombi	36'583	12.8 lt/100km	3'300
	Diesel	Citroën Jumper 2.2HDi 33M Kombi	38'467	8.5 lt/100km	3'300
4	CNG	Fiat Doblò SX 1.6 Bi-Power	23'900	5.9 kg/100km	1'930
	Benzin	Fiat Doblò SX 1.6i	18'400	8.6 lt/100km	1'830
	Diesel	Fiat Doblò Dynamic 1.9JTD	22'900	6.4 lt/100km	1'875
5	CNG	Fiat Doblò Cargo SX 1.6 Bi-Power	24'088	5.9 kg/100km	2'070
	Benzin	Fiat Doblò Cargo SX 1.6i	17'754	8.6 lt/100km	1'890
	Diesel	Fiat Doblò Cargo SX 1.9JTD	21'349	6.4 lt/100km	1'935
6	CNG	Fiat Ducato 15 Bi-Power Kombi	39'376	8.7 kg/100km	3'300
	Benzin	Fiat Ducato 15 2.0i Kombi	34'162	13.0 lt/100km	3'300
	Diesel	Fiat Ducato 15 2.3JTD Kombi	36'072	11.0 lt/100km	3'300
7	CNG	Fiat Multipla SX Bi-Power	29'400	5.8 kg/100km	2'050
	Benzin	Fiat Multipla SX 1.6i	25'400	9.0 lt/100km	1'870
	Diesel	Fiat Multipla SX 1.9JTD	28'400	6.4 lt/100km	2'050
8	CNG	Fiat Punto 1.2 Bi-Power	18'450	4.3 kg/100km	1'470
	Benzin	Fiat Punto 1.2i 60	16'400	5.5 lt/100km	1'385
	Diesel	Fiat Punto 1.3JTD	21'300	4.5 lt/100km	1'490
9	CNG	Erdgas Ford Ka 1.3i	21'000	4.3 kg/100km	1'265
	Benzin	Ford Ka 1.3i	15'800	6.2 lt/100km	1'265
10	CNG	Erdgas Ford Fiesta 1.4i	23'250	4.7 kg/100km	1'540
	Benzin	Ford Fiesta 1.4i	18'200	6.5 lt/100km	1'520
	Diesel	Fiesta 1.4 TDCi	19'900	4.6 lt/100km	1'530
11	CNG	Erdgas Ford Fusion 1.4i	27'850	4.6 kg/100km	1'605
	Benzin	Ford Fusion 1.4 16 V	22'650	6.6 lt/100km	1'605
	Diesel	Ford Fusion 1.4 TDCi	25'850	4.4 lt/100km	1'640
12	CNG	Erdgas Ford Focus 1.6i Ti-VCT	35'650	4.7 kg/100km	1'825
	Benzin	Ford Focus 1.6i	29'650	6.4 lt/100km	1'825
	Diesel	Ford Focus 1.6 TDCi	31'650	4.8 lt/100km	1'950
13	CNG	Erdgas Ford Focus C-MAX 1.8i	36'400	5.3 kg/100km	1'910
	Benzin	Ford FocusC-MAX 1.8i	30'950	7.1 lt/100km	1'910
	Diesel	Ford FocusC-MAX 1.8 TDCii	32'950	5.4 lt/100km	1'995
14	CNG	Erdgas Ford Mondeo 2.0i	43'900	5.8 kg/100km	2'080
	Benzin	Ford Mondeo 2.0 16 V	38'650	7.8 lt/100km	1'924
	Diesel	Ford Mondeo 2.0 16 V TDCi	41'000	5.6 lt/100km	2'051

Tab. 7: Liste der zurzeit in der Schweiz angebotenen Erdgasfahrzeugen mit entsprechend vergleichbaren Benzin- und Dieselfahrzeugen (Zeitpunkt: Mai 2005) Teil 1.

Nr.	Typ	Modell	Preis	Verbrauch	Gewicht
15	CNG	Erdgas Ford Maverick 2.3i	39'400	7.7 kg/100km	1'970
	Benzin	Ford Maverick 2.3i	33'950	10.4 lt/100km	1'978
16	CNG	Mercedes Benz E200NGT Kompressor Automat	63'380	6.0 kg/100km	2'275
	Benzin	Mercedes Benz E200 Kompressor Automat	58'270	8.7 lt/100km	2'105
	Diesel	Mercedes Benz E220 CDI Automat	59'670	6.7 lt/100km	2'145
17	CNG	Opel Astra 1.6CNG Caravan	28'750	4.6 kg/100km	1'875
	Benzin	Opel Astra 1.6i Caravan	24'750	7.1 lt/100km	1'720
	Diesel	Opel Astra 2.0DTI	29'750	5.9 lt/100km	1'835
18	CNG	Opel Zafira 1.6CNG	30'450	5.3 kg/100km	2'115
	Benzin	Opel Zafira 1.6i	27'450	7.5 lt/100km	1'950
	Diesel	Opel Zafira 2.0DTI	30'450	6.3 lt/100km	2'055
19	CNG	Peugeot Partner XT 1.4GNV	23'430	5.5 kg/100km	1'850
	Benzin	Peugeot Partner 1.4i XT	20'240	7.5 lt/100km	1'780
	Diesel	Peugeot Partner 2.0HDi XT	23'030	5.8 lt/100km	1'920
20	CNG	Peugeot Partner 190 C 1.4GNV	19'303	5.5 kg/100km	1'810
	Benzin	Peugeot Partner 1.4i Kastenwagen	15'317	8.9 lt/100km	1'890
	Diesel	Peugeot Partner 2.0HDi Kastenwagen	18'437	6.0 lt/100km	1'790
21	CNG	Peugeot Boxer 2.0GNV Kombi 330M	37'241	8.7 kg/100km	3'300
	Benzin	Peugeot Boxer 2.0i Kombi 330M	31'174	12.8 lt/100km	3'300
	Diesel	Peugeot Boxer 2.0HDi Kombi 330M	32'035	8.7 lt/100km	3'300
22	CNG	Volvo S60 Bi-fuel 5-Gang	42'000	5.8 kg/100km	2'020
	Benzin	Volvo S60 2.4i 5-Gang	38'800	8.8 lt/100km	1'980
	Diesel	Volvo S60 2.4D 5-Gang	43'400	6.3 lt/100km	2'030
23	CNG	Volvo S60 Bi-fuel Automat	44'950	6.4 kg/100km	2'050
	Benzin	Volvo S60 2.4i Automat	41'750	9.5 lt/100km	2'000
	Diesel	Volvo S60 2.4D Automat	46'350	7.5 lt/100km	2'050
24	CNG	Volvo S80 Bi-fuel 5-Gang	47'500	6.0 kg/100km	2'060
	Benzin	Volvo S80 2.0T 5-Gang	48'150	9.0 lt/100km	2'050
	Diesel	Volvo S80 D5 5-Gang	49'150	6.5 lt/100km	2'080
25	CNG	Volvo S80 Bi-fuel Automat	50'450	6.7 kg/100km	2'080
	Benzin	Volvo S80 2.0T Automat	51'100	9.8 lt/100km	2'070
	Diesel	Volvo S80 D5 Automat	52'100	7.7 lt/100km	2'100
26	CNG	Volvo V70 Bi-fuel 5-Gang	47'350	6.1 kg/100km	2'150
	Benzin	Volvo V70 2.4i 5-Gang	43'200	9.0 lt/100km	2'100
	Diesel	Volvo V70 2.4D 5-Gang	49'200	6.5 lt/100km	2'160
27	CNG	Volvo V70 Bi-fuel Automat	50'300	6.7 kg/100km	2'180
	Benzin	Volvo V70 2.4i Automat	46'150	9.7 lt/100km	2'130
	Diesel	Volvo V70 2.4D Automat	52'150	7.9 lt/100km	2'180
28	CNG	VW Golf Variant Bi-Fuel	38'250	5.4 kg/100km	1'890
	Benzin	VW Golf Variant 2.0i	32'340	8.0 lt/100km	1'860
	Diesel	VW Golf Variant 1.9TDI PD	30'890	6.5 lt/100km	2'000

Tab. 8: Liste der zurzeit in der Schweiz angebotenen Erdgasfahrzeugen mit entsprechend vergleichbaren Benzin- und Dieselfahrzeugen (Zeitpunkt: Mai 2005) Teil 2.