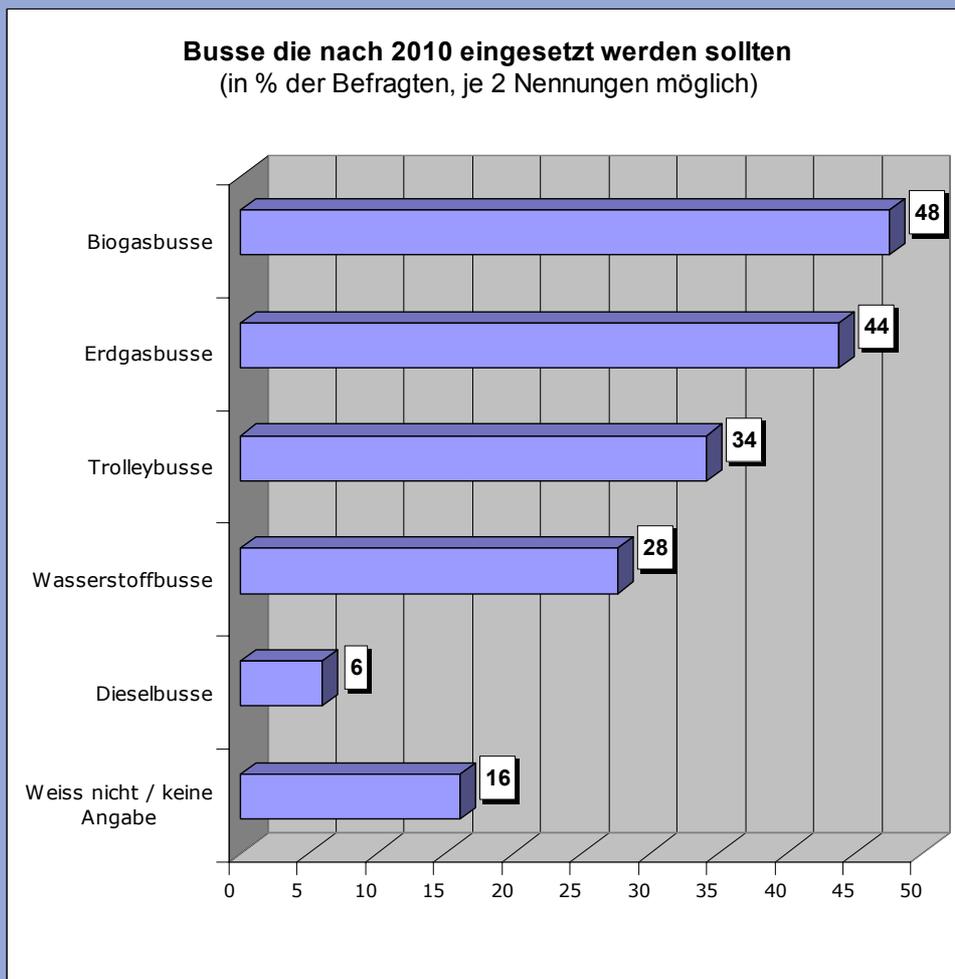


# Betriebserfahrungen und Bevölkerungsakzeptanz von Erdgas- und Biogasbussen

Erkenntnisse aus novatlantis-Akzeptanzstudien in der Pilotregion Basel und Erfahrungen zweier Busbetreiber in der Schweiz sowie eine Stellungnahme der EMPA zur SVGW-Busvergleichsstudie



Basis: 600 Befragte (Region Basel)

April 2005

**Auftraggeber**  
**Gasverbund Mittelland (GVM)**

**Studie gestaltet von**  
**sustainerv GmbH ([www.sustainerv.com](http://www.sustainerv.com))**  
**EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, [www.empa.ch](http://www.empa.ch))**

**Eine Studie im Rahmen von**  
**novatlantis – Nachhaltigkeit im ETH Bereich ([www.novatlantis.ch](http://www.novatlantis.ch))**  
**Überlandstrasse 133**  
**CH-8600 Dübendorf**

**Autoren:**  
**Dr. Stephan Lienin (sustainerv)**  
**Dr. Bernd Kasemir (sustainerv)**  
**Christian Bach (EMPA)**

**Kontakt:**  
**Dr. Stephan Lienin**  
**sustainerv GmbH, Zwinglistrasse 24, CH-8004 Zürich**  
**Tel. +41 1 240 2568, [stephan.lienin@sustainerv.com](mailto:stephan.lienin@sustainerv.com)**

**Christian Bach**  
**Abteilungsleiter Verbrennungsmotoren**  
**EMPA, Überlandstrasse 129, 8600 Dübendorf**  
**Tel. +41 1 823 4137, [christian.bach@empa.ch](mailto:christian.bach@empa.ch)**

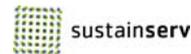
#### **Danksagung**

Die Autoren möchten den Herren Erwin Jundt (Busbetriebe Olten Gösigen Gäu), Daniel Dürst (Baudirektion des Kantons Glarus), Emil Niederer (Autobetriebe E. Niederer im Kanton Glarus) und Andreas Schneider (Werkbetriebe Glarus) dafür danken, ihre Erfahrungen zum Betrieb von Erdgas- und Dieselnissen mit uns zu teilen. Ausserdem danken möchten wir dem Energieversorger a.en für Angaben zur Erdgastankstelle in Olten.

# Betriebserfahrungen und Bevölkerungsakzeptanz von Erdgas- und Biogasbussen

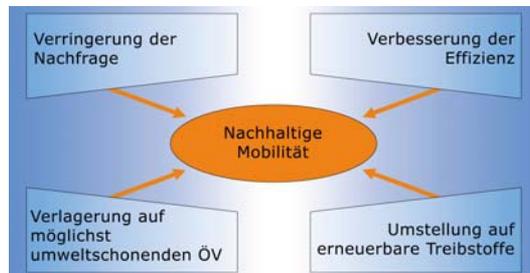
Erkenntnisse aus novatlantis-Akzeptanzstudien in der Pilotregion Basel und Erfahrungen zweier Busbetreiber in der Schweiz sowie eine Stellungnahme der EMPA zur SVGW-Busvergleichsstudie

Bern, 18.4.2005



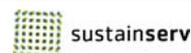
## Einleitung: Umweltschonende Busse für eine nachhaltigere Mobilität

- ÖV-Betriebe spielen Schlüsselrolle für nachhaltigere Mobilität.
- Sie haben dabei auch Beispieleffekt für den Individualverkehr.



- Erdgas- und Biogasbusse sind nicht die einzige, aber eine kurzfristig realisierbare Möglichkeit für besonders umweltverträglichen ÖV.

Bern, 18.4.2005 2



## Ergänzende Stellungnahme der EMPA zur Busvergleichsstudie des SVGW (1)

- Im schweizweiten Mittel nimmt die Luftbelastung zwar ab, aber Luftreinhaltegrenzwerte können lokal - vor allen in Städten – oft nicht eingehalten werden.
- Aufgrund des sensiblen Einsatzbereichs in unmittelbarer Umgebung vieler Personen und auf stark befahrenen Strassen sind möglichst saubere Stadtbusse wichtig. Dafür stehen grundsätzlich Dieselmotoren mit Partikelfilter und Erdgasbusse zur Auswahl.
- Beide Technologien sind heute aus technischer Sicht ausgereift und erfüllen die Anforderungen für den Betrieb als Stadtbusse. Im Emissionsverhalten gibt es aber neben den vom Gesetzgeber limitierten Schadstoffen auch bei nicht direkt reglementierten Schadstoffen systematische Unterschiede beider Technologien.

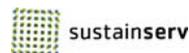
Bern, 18.4.2005 3



## Ergänzende Stellungnahme der EMPA zur Busvergleichsstudie des SVGW (2)

- Dieselmotoren mit CRT-Filter: Partikelproblem gelöst bei etwas Mehrverbrauch (+3%) und stärkeren NO<sub>2</sub>-Emissionen.
- Erdgasbusse haben Potential für sehr niedrige Emissionen. Niedrigere Emissionen vor allem auch bei den toxischen, vom Gesetzgeber jedoch nicht direkt limitierten Emissionen wie Formaldehyd, Acetaldehyd, 1,3-Butadien und Benzol.
- Erdgasbusse haben heute noch einen höheren Verbrauch als Dieselmotoren. Wegen des niedrigeren Kohlenstoffgehalts im Treibstoff belasten Erdgasbusse das Klima trotzdem weniger als Dieselmotoren.
- Centre D'Énergétique: indirekte Kosten von modernen Erdgasbussen aufgrund des o.g. Schadstoffprofils 3 – 5 mal niedriger als diejenigen von Dieselmotoren mit Partikelfilter.

Bern, 18.4.2005 4



# Akzeptanzstudien: Was wünscht die Bevölkerung?

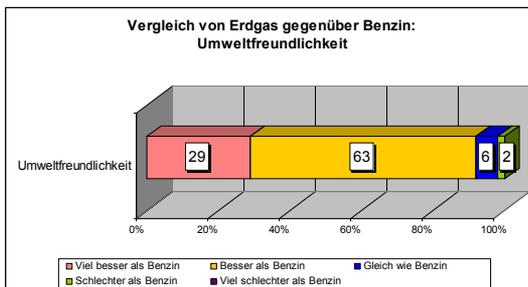
- Schritte in Richtung einer nachhaltigeren Mobilität können nur erfolgreich sein, wenn sie von der Bevölkerung akzeptiert werden.
- Daher wurden in der Region Basel vertiefte Diskussion in 4 Fokusgruppen, und auf dieser Grundlage eine repräsentative Marktumfrage mit 1000 Teilnehmenden in der Deutschschweiz (davon 600 in der Region Basel) durchgeführt.
- Zusammen ergeben Fokusgruppen und standardisierte Befragung der repräsentativen Stichprobe ein umfassendes Bild von Wissen und Akzeptanz zu Erdgastreibstoff und Erdgasbussen.

Bern, 18.4.2005 5



# Erd- und Biogas als Treibstoffe haben hohe Akzeptanz.

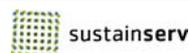
Erdgastreibstoff wird häufig mit Umweltvorteilen assoziiert. Beispiel aus den Fokusgruppen: "Sauber. Also Erdgas gleich saubere Energie."



Basis: 1000 ohne „weiss nicht“

Die Marktumfrage zeigt, dass Erdgas als Treibstoff einen ausserordentlichen Imagevorteil bezüglich Umweltfreundlichkeit genießt.

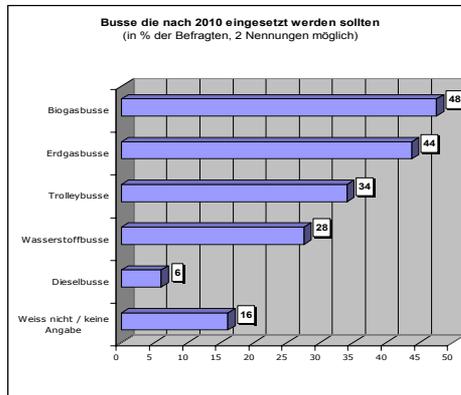
Bern, 18.4.2005 6



## Erdgas- und Biogasbusse werden als Qualitätsmerkmal im ÖV begrüsst.

Bei Frage nach zwei gewünschten Busarten für die Zeit nach 2010 in der Region Basel ergab sich starke Zustimmung für Biogas- und Erdgasbusse.

Fokusgruppen zeigten klare wahrgenommene Vorteile für Anwohnende und Verkehrsteilnehmer: "Man merkt, wenn man hinter einem solchen Bus mit dem Velo fährt. Es ist angenehmer als hinter einem anderen Bus."



Basis: 600 (Region Basel)

Bern, 18.4.2005 7



## Trotz hoher Akzeptanz wollen Fahrgäste aber nicht mehr bezahlen

Die Fokusgruppen zeigen aber auch, dass die Verantwortung für die wirtschaftliche Tragbarkeit von Gasbussen bei der öffentlichen Hand, nicht bei den Fahrgästen gesehen wird:

- "Wenn die Billette nicht teurer sind ... das ist die Voraussetzung."
- "Weil es eine Vorbildfunktion hat, würde der normale Fahrgast vermuten, dass es der Staat so finanziert dass es ... gleich günstig ist."

Die starke Akzeptanz des Einsatzes von Gasbussen setzt also dennoch eine Kostenneutralität für den Fahrgast voraus. Daher sind Erfahrungen mit Betriebskosten von Erdgasbussen wichtig.

Bern, 18.4.2005 8

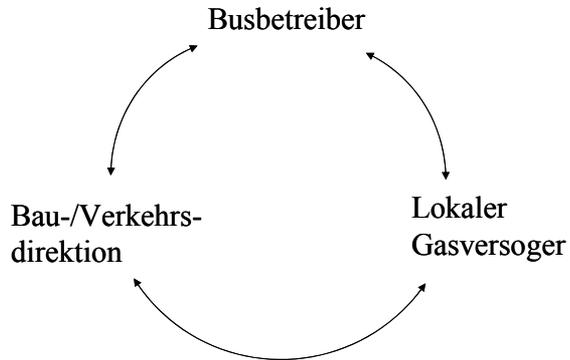


## Einsatz von Erdgasbussen braucht gute Zusammenarbeit lokaler Akteure.

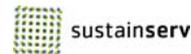
Busbetreiber für Serviceleistung am Kunden

Politische Organe als Auftraggeber oder Rahmengestalter

Bei Erdgasbussen:  
Lokaler Gasversorger für Treibstoffpreis und Tankmöglichkeiten



Bern, 18.4.2005 9



## Die Beispielbetriebe Olten und Glarus

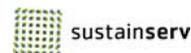
### Glarus:

- Erster Kanton mit Erdgasbussen (abgeltungspflichtiger ÖV)
- Einführung von zwei VanHool/MAN-Erdgasbussen in April 2002
- Führende Rolle der Baudirektion bei der Einführung. Hauptmotivation: Luftreinhalteverordnung und gute Beispiele aus Deutschland.

### Olten:

- Städtischer Busbetrieb mit 33 Kursfahrzeugen.
- 3 EEV-Erdgasbusse (4. Generation) seit Anfang 2004
- Umweltschuld des proaktiven Busbetriebers als Hauptmotivation, ebenfalls motiviert durch Luftreinhalteverordnung

Bern, 18.4.2005 10



## Direkte Kosten (1): (Mehr)kosten Erdgasbusse nehmen von 3. nach 4. Generation klar ab.

<b>Kostenvergleich Erdgas vs. Diesel</b>	<b>Einheit</b>	<b>Olten</b>	<b>Glarus</b>
Kapitalkosten	CHF / Jahr	5880	6720
Unterhaltskosten	CHF / Jahr	1500	3500
Energiekosten nach Rückerstattung	CHF / Jahr	-8100	9700
<b>Summe</b>	<b>CHF / Jahr</b>	<b>-720</b>	<b>19920</b>

**Tabelle 6:** Vergleich zwischen den jährlichen direkten Kosten für Erdgasbusse gegenüber Dieselbusse für die Busbetriebe in Olten und Glarus.

Bern, 18.4.2005 11



## Kostenvergleich (2): Treibstoffpreis Erdgas ist ein zentraler Unterschied im Beispiel Olten und Glarus.

	<b>Einheit</b>	<b>Olten</b>	<b>Glarus</b>
Fahrleistung	Km / Jahr	65000	65000
Verbrauch Diesel	l / 100 km	40.7	36.0
Verbrauch Erdgas	kg / 100 km	41.0	41.0
Dieselpreis nach Rückerstattung	CHF / l	0.93	1.02
Erdgaspreis nach Rückerstattung	CHF / kg	0.62	1.26
Energiekosten Diesel	CHF / Jahr	24600	23900
Energiekosten Erdgas	CHF / Jahr	16500	33600

**Tabelle 5:** Vergleich von Fahrleistung, Treibstoffverbrauch und -preis mit den resultierenden Energiekosten, für die Busbetriebe in Olten und Glarus.

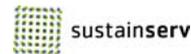
Bern, 18.4.2005 12



## Ausserdem: Nutzerperspektive, Interne Perspektive, Lernperspektive

- Glarus: **Anwohner** nehmen Unterschiede bei Lärmemissionen beim Betrieb der Busse wahr
- Mehrere **Hersteller** (Chassis-Motor) können Komplexität erhöhen.
- **Werkstatt**: Technische Probleme haben von 3. Generation (Glarus) zur 4. Generation (Olten) klar abgenommen.
- **Chauffeure** müssen auf Umstellung vorbereitet werden. Schulung sollte Kommunikation mit Fahrgast beinhalten.

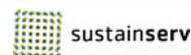
Bern, 18.4.2005 13



## Schlussfolgerungen

- Olten zeigt, dass ein kostengünstiger Normalbetrieb mit Erdgasbussen möglich ist.
- Treibstoffpreise Erdgas sind eine entscheidende Stellgrösse beim Kostenvergleich.
- Zukunft bez. Streichung Rückerstattung Mineralölsteuer kann zusätzlicher Anreiz für Erdgasbusse sein.

Bern, 18.4.2005 14



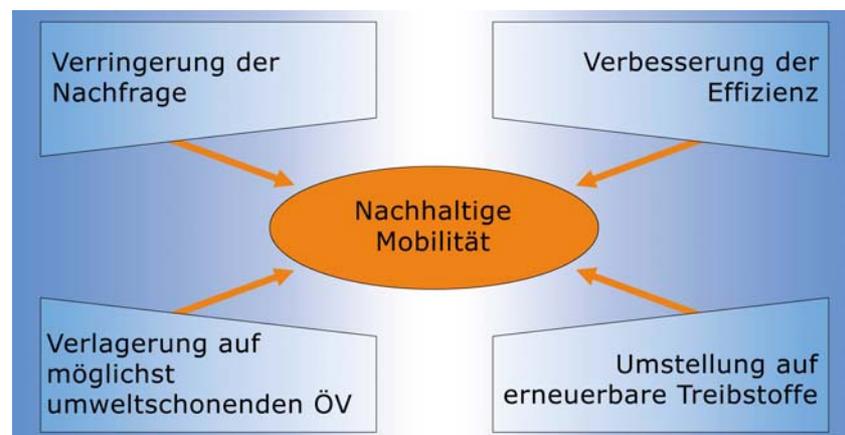


# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung: Umweltschonende Busse für eine nachhaltigere Mobilität</b>	<b>1</b>
<b>Teil A: Ergänzende Stellungnahme der EMPA zur Busvergleichsstudie des SVGW</b>	<b>3</b>
<b>Teil B: Ergebnisse zur Bevölkerungsakzeptanz von Erdgas- und Biogasbussen</b>	<b>4</b>
<b>Teil C: Erfahrungen zweier Busbetreiber beim Einsatz von Erdgasbussen</b>	<b>11</b>
C.1    Verschiedene Akteure im Bereich Busse	11
C.2    Die Beispiele Olten und Kt. Glarus	12
C.2.1    Motivation für die Einführung von Erdgasbussen	12
C.2.2    Ausgangslage und Profil	12
C.2.3    Finanzielle Perspektive: Kostenvergleich Erdgas- und Dieselse aus Sicht der Busbetreiber	14
C.2.4    Nutzerperspektive: Reaktionen von Fahrgästen und Anwohnern	17
C.2.5    Interne Perspektive: Umsetzung des Busbetriebs in der Praxis	18
C.2.6    Lern- und Entwicklungsperspektive: Umgang mit neuer Technologie	19
C.2.7    Ausblick	19
C.3    Strategiefindung für andere Busbetreiber	20
<b>Literaturangaben</b>	<b>21</b>

# Einleitung: Umweltschonende Busse für eine nachhaltigere Mobilität

Betriebe des öffentlichen Verkehrs spielen eine Schlüsselrolle beim Übergang zu einer nachhaltigeren Mobilität. Neben der Verringerung der Verkehrsnachfrage und der Steigerung der Transportmitteleffizienz ist für diesen Übergang ein attraktives, qualitativ hoch stehendes Angebot im öffentlichen Verkehr zentral, damit ein möglichst grosser Teil der Mobilität damit abgedeckt wird [1]. Dabei sind speziell Transportmittel sinnvoll, die möglichst umweltschonend sind, als attraktive Vorbilder auch einen Beispieeffekt für einen umweltschonenderen Individualverkehr haben, und zumindest teilweise die Umstellung auf erneuerbare Energien ermöglichen.



**Abbildung 1:** Die 4 Säulen für eine nachhaltigere Mobilität [1].

Erdgas- und Biogasbusse sind dafür nicht die einzige, aber eine der interessantesten kurzfristig realisierbaren Möglichkeiten. Aus diesem Grund hat das Programm ‚novatlantis – Nachhaltigkeit im ETH Bereich‘ den vorliegenden Ergänzungsbericht zur Busvergleichsstudie des SVGW von Erdgas- und Dieselnbussen [2] erstellt. Es ist das Ziel von novatlantis, die Umsetzung von neuen Technologien zu fördern, die die Umwelt schonen und gleichzeitig zu einer hohen Lebensqualität beitragen ([3,4], [www.novatlantis.ch](http://www.novatlantis.ch)).

Die europäische Kommission hat in ihrem Grünbuch zur Energiefrage die Antriebsoptionen der Zukunft für die EU erläutert und einen Richtlinienentwurf für die verschiedenen alternativen Energieträger aufgelegt. Die Richtlinie geht vom Ansatz der Versorgungssicherheit, der Verringerung der Abhängigkeit von fossilen Energieträgern und dem vermehrten Einsatz von erneuerbaren Energien bei gleichzeitiger Reduktion der Schadstoffemissionen aus. Gasförmige Treibstoffe spielen in diesem Kontext eine wichtige Rolle. Die Richtlinie, die so genannte 20-20 Initiative, sieht vor, dass bis 2020 10 % des Treibstoffverbrauchs der EU mit Erdgas gedeckt werden, 8 % durch biogene Treibstoffe und 5 % durch erneuerbaren Wasserstoff. Vor diesem Hintergrund scheint der vermehrte Einsatz gasförmiger alternativer Treibstoffe in Europa möglich. Erdgas und Biogas werden in diesem Kontext als kosteneffektiv und breit verfügbar dargestellt mit dem Potential, rasch realisierbar zu sein. Da in Agglomerationen die Erschliessung über das Erdgasnetz vergleichsweise günstig ist, wenige Tankstellen für den ÖV genügen und die Schadstoffbelastung in der Regel am Höchsten ist, ist der Einsatz von Erdgas und Biogas als Treibstoff vor allem bei Linienbusse im Agglomerationsverkehr sinnvoll.

Nachhaltigkeit beinhaltet neben Umweltschutz auch gesellschaftliche Akzeptanz und langfristige wirtschaftliche Tragbarkeit. Für einen nachhaltigen ÖV der Zukunft müssen alle drei Aspekte ausgewogen erfüllt sein. Der vorliegende Ergänzungsbericht ist daher so aufgebaut, dass er Entscheidungsträgern im öffentlichen Verkehr Informationen zu allen drei Aspekten zugänglich macht. In Teil A nimmt die EMPA Stellung zur SVGW-Busvergleichsstudie und ergänzt diese mit einigen Überlegungen zu Technologie und Umweltemissionen von Diesel- und Erdgasbussen. In Teil B werden novatlantis-Akzeptanzstudien [1, 5] zu Erdgas und Biogas als Treibstoff für PW und Busse zusammengefasst. Schliesslich folgt im Teil C die Darstellung der Erfahrungen von zwei Busbetrieben in Olten und im Kanton Glarus zum Einsatz von Erdgasbussen im Vergleich zu Dieselnissen.

## Teil A: Ergänzende Stellungnahme der EMPA zur Busvergleichsstudie des SVGW

Christian Bach (EMPA) war Mitglied im Begleitgremium der Busvergleichsstudie des SVGW [2]. Es folgen einige ergänzende Kommentare zu Umweltemissionen und die Rolle von Erdgas- und Dieselnbussen:

Die Einführung von Katalysatoren, Verdampfungskontrollsystemen, Gaspendingungen bei Benzin-Betankungsanlagen und Verbesserungen bei Schmier- und Treibstoffen hat zu deutlich niedrigeren Emissionen der Strassenfahrzeuge geführt. Allerdings werden diese Fortschritte durch das Verkehrswachstum teilweise wieder kompensiert. Regional (z.B. schweizweit oder kantonal) betrachtet, nehmen die Emissionen zwar deutlich ab [6], während die Luftreinhaltgrenzwerte für die aus gesundheitlicher Sicht problematischen NO<sub>2</sub>, PM10- und Ozonemissionen lokal, vor allem in städtischen Bereichen, nach wie vor deutlich überschritten werden. Ein wesentlicher Rückgang dieser Emissionen ist nicht feststellbar [7,8].

Aber auch in Städten ist die Luftbelastung nicht homogen über das ganze Gebiet verteilt. Die höchsten Belastungen von PM10 werden in der Nähe von stark befahrenen Strassen gemessen [9,10]. In der Relevanz ähnlich ist die Situation bei den NO<sub>x</sub>-Emissionen: in städtischen Bereichen weist der Verkehr einen Anteil von 60% (Winter) bis 75% (Sommer) an den NO<sub>x</sub>-Emissionen auf [11]. Dies führt einerseits zu lokal hohen Stickoxidwerten in Strassennähe und andererseits, in Verbindung mit VOC's und der Sonneneinstrahlung, zu einer hohen Ozonbelastung, die sich aufgrund der Reaktionszeit dann allerdings vor allem in der Agglomeration und dem Hinterland auswirkt. Bei der Deckung des Bedarfs an Mobilität in städtischen Zentren spielt der öffentliche Verkehr eine zentrale Rolle. Durch Verdichtung der Fahrpläne und Betriebsnetze vor allem in Agglomerationen ist eine Erhöhung der Fahrleistung von Stadtbussen absehbar. Aufgrund des sensiblen Einsatzbereichs in unmittelbarer Umgebung von vielen Personen, spielen die Emissionen von Stadtbussen selbst bei regional oder global betrachtet geringerem Anteil an den Gesamtemissionen eine nicht unbedeutende Rolle.

Aktuell stehen bei Neuanschaffungen Dieselnbuse mit Partikelfilter und Erdgasbusse zur Auswahl, wie sie der SVGW in seiner aktuellen Busvergleichsstudie verglichen hat. Beide Technologien sind heute aus technischer Sicht ausgereift und erfüllen die Anforderungen für den Betrieb als Stadtbuse. Im Emissionsverhalten gibt es neben den vom Gesetzgeber limitierten Schadstoffen auch bei nicht direkt reglementierten Schadstoffen systematische Unterschiede, die bei Berücksichtigung des städtischen Einsatzgebietes durchaus relevant sein können.

Für die Partikelfilterung bei Stadtbussen mit Dieselnmotoren werden heute vorwiegend kontinuierlich regenerierende Partikelfilter (CRT) eingesetzt. Diese haben den Vorteil, dass sie keine Treibstoffadditive benötigen und keinen besonderen Betriebsaufwand verursachen. Die Erhöhung des Verbrauchs aufgrund des Gegendrucks und der Regenerationsstrategien gegenüber Motoren ohne Partikelfilter beträgt ca. 3% [12]. Die Partikelemissionen können in CRT-Systemen bis zu 99% gefiltert und kontinuierlich verbrannt werden. Damit unterscheidet sich die

Partikelkonzentration im Abgas nicht mehr signifikant von derjenigen in der Aussenluft. Für die kontinuierliche Verbrennung der zurückgehaltenen Partikel wird  $\text{NO}_2$  eingesetzt, das in einem Oxidationskatalysator vor dem Partikelfilter aus den motorischen  $\text{NO}$  gebildet wird. Weil das optimale  $\text{NO}_2$ /Partikel-Verhältnis nicht immer eingehalten werden kann, weisen Dieselmotoren mit CRT-Partikelfilter typischerweise erhöhte  $\text{NO}_2$ -Emissionen auf [13], die im direkten Umfeld von Personen aufgrund der Toxizität durchaus relevant sein können.

Erdgasbusse haben im Vergleich mit Dieselnissen aufgrund des vorgemischten Verbrennungsprozesses das Potential für sehr niedrige Emissionen. Dies gilt besonders für stöchiometrisch betriebene Erdgasmotoren mit geregelter 3-Wege-Katalysator. Bei den vom Gesetzgeber reglementierten Schadstoffen weisen Erdgasbusse vor allem niedrigere  $\text{NO}_x$ -Emissionen auf als Dieselnisse mit Partikelfilter. Höhere Werte weisen sie bei den  $\text{CH}_4$ -Emissionen auf. Die  $\text{CH}_4$ -Emissionen zählen wirkungsseitig jedoch nicht zu den giftigen Komponenten sondern zu den Treibhausgasen. Diese tragen aber – umgerechnet in ein  $\text{CO}_2$ -Äquivalent – nur sehr wenig zu der Treibhausgasbilanz eines Motors bei. Niedrigere Emissionen weisen Erdgasmotoren hingegen auch bei den toxischen, vom Gesetzgeber jedoch nicht direkt limitierten Emissionen wie Formaldehyd, Acetaldehyd, 1.3-Butadien und Benzol auf [14]. Mit Erdgasmotoren lassen sich heute noch nicht die hohen Wirkungsgrade von Dieselnissen erreichen, was sich in einem höheren Verbrauch niederschlägt. Aufgrund des niedrigeren Kohlenstoffgehaltes im Treibstoff liegen die  $\text{CO}_2$ -Emissionen von Erdgas-Busmotoren (selbst bei entsprechender Berücksichtigung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen) trotzdem bis zu 10% unterhalb derjenigen von partikelgefilterten Diesel-Busmotoren [12].

Neben dem vorteilhaften Emissionsverhalten sind Erdgasbusse deutlich leiser als Dieselnisse und entschärfen damit ein zusätzliches, für städtische Bereiche relevantes Problem. Eine Studie des Centre D'Énergétique in Paris [15] kommt zum Schluss, dass die indirekten Kosten von modernen Erdgasbussen aufgrund des o.g. Schadstoffprofils 3 – 5 mal niedriger sind, als diejenigen von Dieselnissen mit Partikelfilter. Dem stehen die etwas höheren direkten Betriebskosten für die Anschaffung und Wartung von Erdgasbussen für den Betreiber gegenüber, wie sie im Teil C beispielhaft dargestellt sind.

## Teil B: Ergebnisse zur Bevölkerungsakzeptanz von Erdgas- und Biogasbussen

Dieser Teil des novatlantis Ergänzungsberichts stellt Ergebnisse verschiedener novatlantis-Studien zur Akzeptanz von Erdgas- und Biogasbussen in der Bevölkerung dar [1,5]. Diese Studien wurden erstellt, weil Erdgas- und Biogasbusse für viele Bürgerinnen und Bürger etwas Neues sind und daher im Vergleich zu anderen Busarten – zum Beispiel Dieselnissen – noch weniger über deren Akzeptanz in der Bevölkerung bekannt war.

Für eine Fokusgruppenstudie wurden 400 Bürgerinnen und Bürger aus der Region Basel kontaktiert. Aus diesen wurden 35 Teilnehmende so ausgewählt, dass sie unter anderem in Bezug auf Wohnort (Basel-Landschaft und Basel-Stadt), Geschlecht, Alter, Ausbildung und Einkommen einen möglichst breiten Querschnitt

durch die Bevölkerung widerspiegeln. Die Teilnehmenden wurden in vier Fokusgruppen aufgeteilt, in denen an je zwei abendlichen Sitzungen jeweils 2,5 Stunden lang diskutiert wurde. Die Auswertung typischer Standpunkte zu umweltrelevanten Fahrzeuginnovationen und speziell zu Einstellungen zu Erdgas, Biogas und Wasserstoff als Treibstoffe erfolgte auf der Grundlage eines wörtlichen, über 200-seitigen Transkripts. Zusätzlich wurde eine Marktumfrage mit 1000 Befragten in der Deutschschweiz durchgeführt. Dabei wurde ein Teil der Fragen an alle Teilnehmenden gestellt, ein anderer Teil der Fragen nur an Teilnehmende aus der Region Basel.<sup>1</sup> Die weitaus grössere Anzahl der an der Marktumfrage Beteiligten steht dabei der grösseren Diskusstiefe gegenüber, die in den mit weniger Personen durchgeführten, längeren Fokusgruppensitzungen möglich war. Zusammen geben beide Studien ein umfassendes Bild des momentanen Wissens und der Akzeptanz zu Gasfahrzeugen in der Deutschschweiz.

Ergebnisse aus diesen Studien werden in weiteren novatlantis-Berichten im Detail dargestellt [1,5]. Im Folgenden werden zunächst einige wenige Resultate zur Wahrnehmung von Erd- und Biogas als Treibstoffe im Allgemeinen dargestellt.<sup>2</sup>

### Erd- und Biogas als Treibstoffe haben hohe Akzeptanz

In den Fokusgruppen fiel auf, dass Erdgastreibstoff häufig mit Umweltvorteilen assoziiert wurde.

*Sauber. Also Erdgas gleich saubere Energie.*

Gregor Jud, 57, Kunststoffapparatebauer

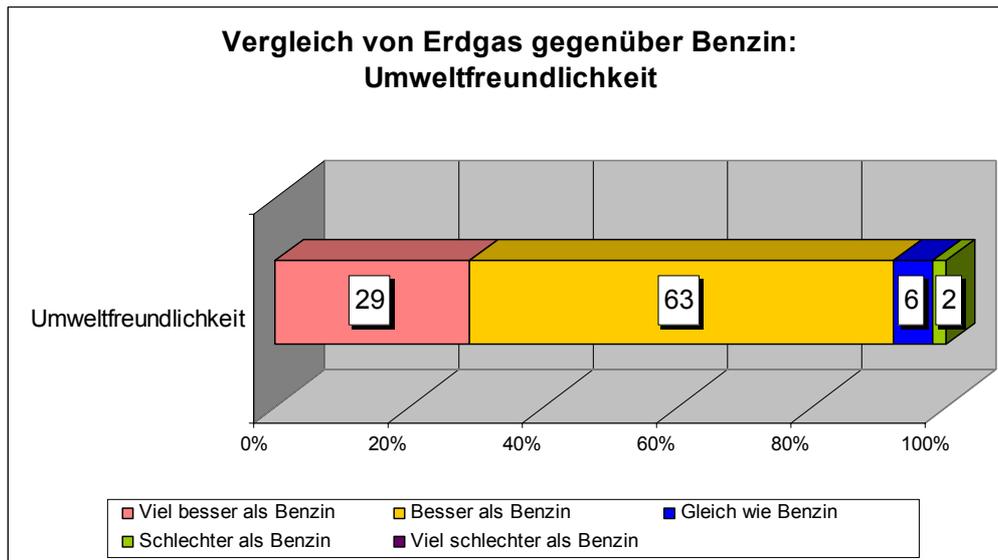
Die positive Wahrnehmung der Umwelteigenschaften von Erdgas als Treibstoff zeigte sich auch klar in der Marktumfrage, bei der folgende Frage (eher bezüglich Treibstoffen für Personenwagen) gestellt wurde:

*Wie beurteilen Sie Erdgas als Treibstoff in Bezug auf Umweltfreundlichkeit im Vergleich zu Benzin?*

Dabei wurden den Befragten folgende Antwortmöglichkeiten gegeben: *viel besser als Benzin, besser, gleich wie bei Benzin, viel schlechter, schlechter, weiss nicht*

<sup>1</sup> Um für die Fragen in der Region Basel (umfasst Basel-Stadt und Basel-Landschaft) genügend Antworten von Teilnehmenden zu erhalten, war die Region im Gesamtsample mit 600 von 1000 Befragten übervertreten. Bei der Auswertung von Fragen, die in der gesamten Deutschschweiz gestellt wurde, stellte dann eine entsprechende kleinere Gewichtung von Antworten aus der Region Basel sicher, dass die Region bei diesen Auswertungen nicht übergewichtet war.

<sup>2</sup> Bei der Darstellung von Fokusgruppenergebnissen sind die Namen der Teilnehmenden geändert, um ihre Anonymität zu wahren.



**Abbildung 2:** Vergleich von Erdgas gegenüber Benzin in Bezug auf die Wahrnehmung der Umweltfreundlichkeit. Ergebnisse aus [5], Basis: 1000 Befragte (ohne „weiss nicht“)

Insgesamt 92% der Antwortenden, die eine Beurteilung abgegeben haben, sahen Erdgas als besser oder viel besser als Benzin bezüglich Umweltaspekten. Nur 2% sahen es als schlechter (und 0% als viel schlechter) in Bezug auf Umweltfreundlichkeit.

Hingegen gibt es auch kritischere Stimmen zu Erdgas als Treibstoff. Diese sind oft von der Art, dass Erdgas besser als herkömmliche Treibstoffe sei, aber als problematisch angesehene Umweltprobleme nicht vollständig löst. Vor allem sehr umweltbewusste Bürgerinnen und Bürger merken an, dass Erdgas immer noch eine fossile Ressource ist, deren Nutzung CO<sub>2</sub> freisetzt und die nicht erneuerbar ist.

*Ich möchte sagen, wir produzieren noch immer CO<sub>2</sub>. Und das ist der Haken. Weil das ist schon das 'Dach' für die Erwärmung unseres gesamten Klimas. Und das haben wir mit dem Erdgas einfach nicht vom Tisch.*

Bernd Kummer, 62, Chemiker

Diese Umweltbedenken schwanden dort, wo klimaneutrales Kompo- oder Biogas als erneuerbarer Treibstoff für Erdgasfahrzeuge erwähnt wurde.

*Also ich habe letzthin einen Artikel über Kompostgasautos in St. Gallen gelesen. Also das finde ich vielleicht eine geniale Sache. Irrsinnig. Das hat mich fasziniert ... die Idee, dass man Abfälle so verwerten kann, dass sie ein Fahrzeug vorwärts bringen, das finde ich ausgezeichnet.*

Katja Rieder, 38, Musiklehrerin

In den Fokusgruppen ergaben sich Luftqualität und Klimaschutz als wichtigste Vorteile von Gastreibstoffen für die Teilnehmenden, das noch lückenhafte Tankstellennetz wurde hingegen als wichtigster Nachteil gesehen. Da das Tankstellenproblem bei Bussen leichter lösbar ist als bei Personenwagen, erscheinen Busse als besonders günstige Vorreiter bei der Einführung der Erdgasmobilität. Wie die Teilnehmenden den Einsatz von Erdgas- und Biogasbussen beurteilten, wird in den folgenden Abschnitten kurz dargestellt.

## Erdgas- und Biogasbusse werden als Qualitätsmerkmal im ÖV begrüsst

In den Fokusgruppen wurde auch die Wahrnehmung von Bürgerinnen und Bürgern bezüglich Erd- und Biogasbussen geprüft. Dabei waren vor dem betreffenden Diskussionsblock Hintergrundmaterialien verteilt worden, die folgende Aussagen zu Erdgasbussen enthielten:

### *Erdgas für Stadtbusse?*

Erdgas kann auch in Stadtbussen eingesetzt werden. Busse sind als Pionieranwendungen besonders günstig, da sie an einem Ort aufgetankt werden können und genügend Platz für die Speicherung von gasförmigem Treibstoff haben. Moderne *Erdgasbusse* fahren leiser als Busse mit Dieselantrieb und stossen wesentlich weniger lokal wirksame Schadstoffe aus, die Luftqualität und Gesundheit belasten. Sie haben aber keine Vorteile bezüglich des Klimaschutzes (die Dieseltechnologie ist für Busse so stark optimiert, dass sie in dieser Hinsicht mindestens genauso gut ist).

Im allgemeinen Teil des Informationsmaterials war zusätzlich erwähnt worden, dass Biogas im Wesentlichen klimaneutral ist. Im Licht der nun vorliegenden Erdgasbus-Dieselbus-Vergleichsmessung [2] waren die obigen Aussagen bezüglich des Erdgases, die auf älteren Untersuchungen beruhten, sehr zurückhaltend formuliert. Neben den Vorteilen bei Lärm und lokalen Schadstoffen, die sich in der Vergleichsmessung bestätigt haben, haben Erdgasbusse nach dieser Messung doch einen (wenn auch nur geringen) Vorteil in Bezug auf Klimaschutz.

Auch mit diesen zurückhaltenden Informationen, zusammen mit ihren eigenen Erfahrungen, die eine ganze Reihe der Teilnehmenden aus der Region Basel bereits mit Erdgasbussen machen konnten, zeigte sich, dass Gasbusse weithin als begrüsstester Teil eines hochqualitativen ÖV wahrgenommen werden.

*Erdgasbusse ... also ich denke, es ist der beste Treibstoff für einen Bus. ... Und ich denke mir, was kommt dabei heraus? Wir haben weniger Schadstoffe und die Qualität wird genauso aufrechterhalten wie bei einem Benziner. Also ist für mich der Fall klar.*

Marc Künzle, 26, Student

Dabei betraf die positive Wahrnehmung nicht nur Umweltvorteile im Allgemeinen, sondern häufig auch Wahrnehmungen von Vorteilen in der persönlichen Lebensqualität, vor allem in Bezug auf Geruch oder Lärm. Dies war der Fall speziell auch bei Teilnehmenden, die Gasbusse von aussen – als Anwohnende oder andere Verkehrsteilnehmer – kennen.

*Also ich meine 'abgasarm' und das hat mit den BVB-Bussen zu tun. Als wir am morgen gerade unseren Kaffee getrunken haben, und da ist unten gerade unsere Bushaltestelle, und der war also wirklich sauber. Von den anderen Bussen kam immer ein Gestank rauf.*

Sandro Bacca, 55, Berufswahllehrer

*Man merkt es, wenn man hinter einem solchen Bus mit dem Velo fährt. Es ist angenehmer als hinter einem anderen Bus.*

Judith Mohler, 38, Biologin

Diese positiven Wahrnehmungen zeigen das Potential von Erdgasbussen, das Image des öffentlichen Verkehrs allgemein zu steigern.

*Ich fände das gut. Dann könnte man die ganzen Privatautos einstellen in der Stadt und nur noch mit solchen Bussen herumfahren. ... Ja, und alle würden mit den Erdgasbussen fahren.*

Herta Halbmann, 39, Graphikerin

Auch wenn eine klare Mehrheit der Teilnehmenden den Einsatz von Erdgasbussen im öffentlichen Verkehr begrüsst, gibt es einzelne Stimmen, die darin keinen Mehrwert sehen.

*Also ich finde es nicht schlecht, Erdgas in den Bussen, sicher nicht. Aber ich finde es eigentlich unnötig. Mit der heutigen Dieselsechnik, mit der Verbrennung des Russes etc. die es heute gibt, ist der Diesel erwiesenermassen wesentlich umweltfreundlicher als z.B. Benzinmotoren. Also ich würde sagen, das ist grad so gut wie Erdgas.*

Gregor Jud, 57, Kunststoffapparateschlosser

Wie auch bei Erdgas als Treibstoff im Allgemeinen, ist aber die Verbindung von Gasbussen mit erneuerbarem Biogas ein zusätzlicher Qualitätsvorteil, der die positiven Wahrnehmungen weitergehend verstärkt.

*Das wäre ja noch gescheiter.*

Paul Schneider, 66, Bautechniker

Dabei wird neben dem zusätzlichen Klimavorteil gelegentlich auch die Freiheit von Abhängigkeiten vom Ausland, wie sie in der Schweiz bei allen fossilen Treibstoffen gegeben ist, als Vorteil von Biogas für den Einsatz in Bussen gesehen. Aber es ist vor allem der Vorteil für Umwelt und Klima, der Erdgasbusse – und sogar noch stärker Biogasbusse – in den Augen vieler Bürgerinnen und Bürger zu einem positiven Element einer qualitativ hochstehenden und verantwortungsbewussten ÖV-Versorgung macht.

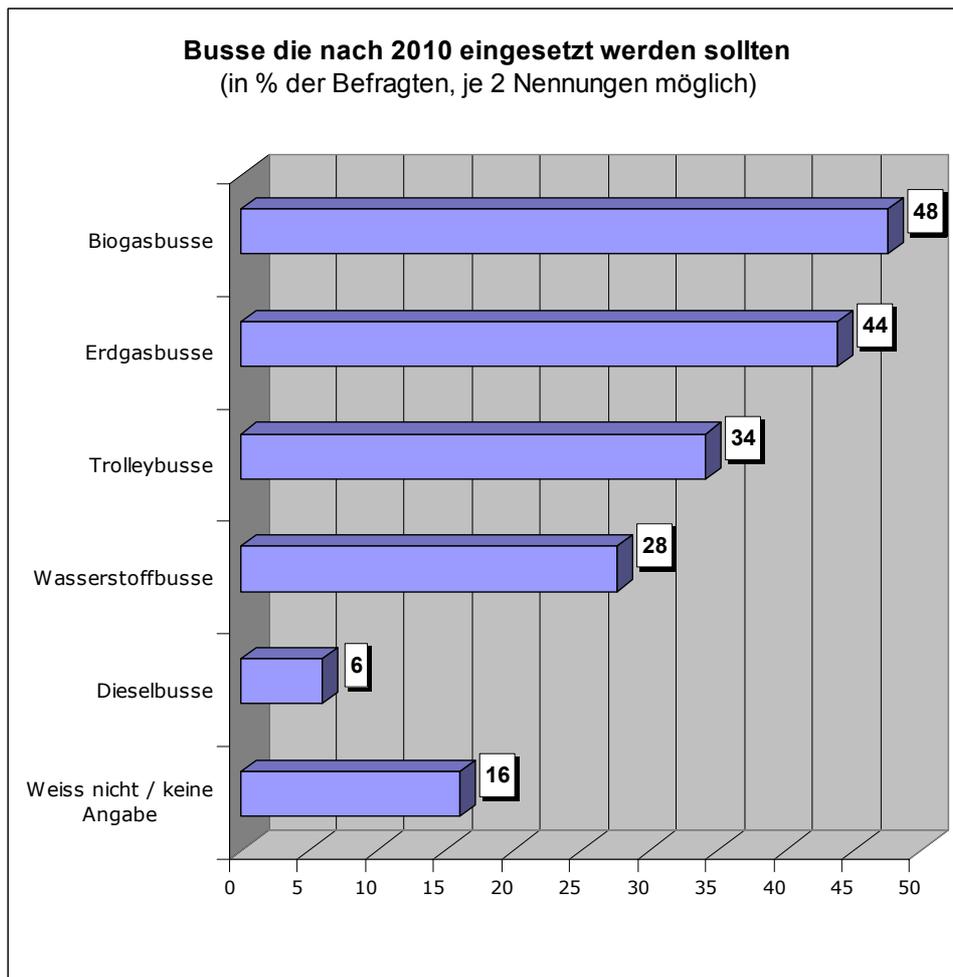
*Ich würde das sehr begrüssen, wenn man das machen würde. Ich denke auch öffentliche Ämter, der Kanton, die Stadt, die haben ein Stück weit wie auch eine Pflicht in solchen Sachen Pioniere zu sein.*

Monika Schmol, 32, Betriebsökonomin

Diese positive Wahrnehmung von Gasbussen in den Fokusgruppen hat sich auch in der Marktumfrage bestätigt. Die folgende Frage wurde dabei speziell den Befragten in der Region Basel gestellt, aus der auch die Fokusgruppenteilnehmerinnen und -teilnehmer ausgewählt worden waren.

*Die öffentlichen Verkehrsbetriebe in der Region Basel setzen neben Trams auch verschiedene Arten von Bussen ein. Welche Art von Bussen sollten nach dem Jahr 2010 vor allem eingesetzt werden? Nennen Sie bitte die 2 Arten von Bussen, die Ihnen am liebsten wären.*

Die Frage konnte mit zwei der folgenden vorgegebenen Antwortoptionen beantwortet werden, die der befragten Person vorgelesen wurde (mit nach Zufallsprinzip variiertes Reihenfolge): *Dieselbusse, Trolleybusse, Erdgasbusse, Biogasbusse, Wasserstoffbusse.*



**Abbildung 3:** Art der gewünschten Busse, die nach 2010 eingesetzt werden sollen. Ergebnisse aus [5], Basis: 600 Befragte (Region Basel).

Dabei ergab sich eine starke Zustimmung zum zukünftigen Einsatz von Gasbussen. Die am häufigsten befürworteten Busarten waren Biogasbusse (von 48% der Befragten gewählt) und Erdgasbusse (44%). In der Erwünschtheit für die Zukunft werden Gasbusse gefolgt von Trolleybussen, Wasserstoffbussen und Dieselnissen.

Durch die Wahl von besonders gut akzeptierten Busarten ergibt sich die Möglichkeit für Betriebe des öffentlichen Verkehrs, ihr Image in der Bevölkerung weiter zu verbessern. Dabei sind aber auch Einstellungen der Fahrgäste bezüglich der Verantwortung für allfällige Umstellungskosten wichtig. Ergebnisse zu diesen Einstellungen werden im nächsten Abschnitt dargestellt.

## Trotz hoher Akzeptanz von Gasbussen wollen Fahrgäste nicht mehr bezahlen

Ein öffentlicher Verkehr, der Gasbusse einsetzt, wird von der überwiegenden Mehrheit der Teilnehmenden klar positiv gesehen. Dennoch findet sich kaum Bereitschaft, als Fahrgast dafür mehr zu zahlen. In Bezug auf Erdgasbusse äussert sich diese geringe Bereitschaft, einen Aufpreis zu akzeptieren, zum Beispiel folgendermassen.

*Das fände ich auch gut [wenn Erdgasbusse eingeführt würden]. Wenn die Billette nicht teurer sind, schon. Das ist die Voraussetzung.*

Vittorio Pellegrini, 20, DMS-Abschluss

Die finanzielle Tragbarkeit wird klar als Voraussetzung gesehen, die bei der Einführung von Erdgasbussen zu erfüllen ist. Nur falls die wirtschaftlichen Implikationen für ÖV-Betreiber tragbar sind, werden Gasbusse als sinnvolle Lösung gesehen. Wenn dies jedoch gewährleistet ist, gehen die Wünsche teilweise sehr weit.

*Wenn es finanziell machbar ist, dann sollten BVB und BLT 100% umsteigen.*

Sandro Bacca, 55, Berufswahllehrer

Ein Aufpreis auf ÖV-Tickets für den Einsatz von Erdgasbussen wird selten befürwortet, und auch dann nur in engen Grenzen.

*Ich würde vielleicht 20 Rappen mehr bezahlen.*

Herta Halbmann, 39, Graphikerin

Auch in Bezug auf Biogasbusse, die als besonders umwelt- und klimaschonend wahrgenommen werden, herrscht nur eine geringe Bereitschaft, als Fahrgast zu möglichen Mehrkosten beizutragen.

*Ich meine auch, der Öffentliche Verkehr darf deswegen nicht teurer werden. Man muss ihn ja möglichst eher verbilligen. Man muss ja die Leute anziehen, damit sie die öffentlichen Verkehrsmittel benutzen.*

Ruth Pauli, 76, Ethnologin

Diese Zurückhaltung in der Bereitschaft zu Aufpreisen ist mit der Wahrnehmung verbunden, dass es eine Aufgabe des Staates sei, zu gewährleisten, dass im öffentlichen Verkehr möglichst umweltschonende Technologie zum Einsatz kommt.

*Also ich denke auch nicht, dass ich bereit wäre, mehr für eine Busfahrt zu bezahlen, wenn ich jetzt wüsste, dass es Biogas wäre. Es müsste genau gleich teuer sein. Eher noch günstiger ... weil es ja diese Vorbildfunktion hat, denke ich mir, dass der normale Fahrgast erwarten würde, dass es der Staat so finanziert oder subventioniert, dass es als Einstiegsmittel oder Werbemittel mindestens gleich günstig ... ist.*

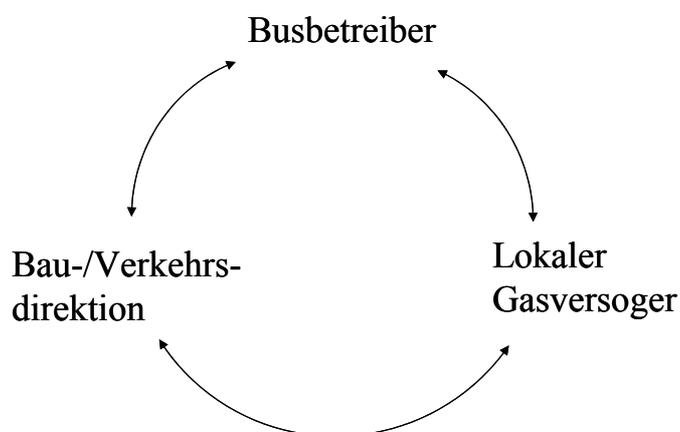
Mario Meier, 39, Marketingleiter

Diese Ergebnisse legen nahe, dass Kostenneutralität für den Fahrgast eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass der Einsatz von Erdgasbussen im ÖV von der Bevölkerung begrüsst wird. Daher sind Erfahrungen mit Betriebskosten von Erdgasbussen sehr wichtig. Diese werden im nächsten Kapitel anhand zweier Beispielen diskutiert.

## Teil C: Erfahrungen zweier Busbetreiber beim Einsatz von Erdgasbussen

### C.1 Verschiedene Akteure im Bereich Busse

Für die Gestaltung des Betriebs von Bussen als Teil des öffentlichen Verkehrs sind grundsätzlich mehrere Akteure entscheidend. Neben dem durchführenden Busbetreiber sind die politischen Organe (meist Verkehrsdirektion, Baudirektion) entweder als direkter Auftraggeber oder rahmengebende Behörde massgeblich an den lokalen Ausgangsbedingungen beteiligt. Im Falle eines Einsatzes von Erdgasbussen kommt der lokale Gasversorger als wichtiger Akteur hinzu. Meistens sind mehrere dieser drei Bereiche sehr eng miteinander verknüpft, z.B. können Busbetriebe und lokale Gasbetriebe von der gleichen Direktion geleitet werden. In jedem Fall werden Entscheidungen zum Einsatz von Diesel- oder Erdgastechnologie von diesen Akteuren im Wechselspiel getroffen:



**Abbildung 4:** Zentrale Akteure für die Einführung von Erdgasbussen.

Für den Einsatz von Erdgastechnologie bei Bussen ist eine enge Abstimmung der verschiedenen Akteure notwendig. Dies gilt sowohl für Stadtbetriebe als auch für den kantonalen Betrieb, wobei sich beide Bereiche in einigen Aspekten klar unterscheiden (beim abgeltungspflichtigen kantonalen Betrieb ist letztlich der Bund mit involviert). Im Folgenden sind zwei unterschiedliche Beispiele von Betreibern von Erdgasbussen beschrieben: die städtischen Busbetriebe Olten Gösigen Gäu (BOGG) sowie der kantonale Busbetrieb im Kanton Glarus.

## C.2 Die Beispiele Olten und Kt. Glarus

Für die Darstellung der Beispiele Olten und Kanton Glarus wurden umfangreiche Interviews mit den Betreibern und anderen Akteuren vor Ort geführt (siehe Danksagung, Impressum). Die wichtigsten Erfahrungen hinsichtlich Motivation, Ausgangslage, Wirtschaftlichkeit, Nutzen, interner Organisation sowie Lern- und Entwicklungsprozesse sind im Folgenden zusammengefasst. Weitere Detailinformationen werden entweder referenziert oder können bei den Busbetreibern vor Ort eingeholt werden.

### C.2.1 Motivation für die Einführung von Erdgasbussen

In beiden Fällen war letztlich die vorliegende Luftreinhalteverordnung Anlass, Verbesserungen bei den Umweltemissionen im Busbetrieb anzustreben und Erdgasbusse als Teil der Busflotte zu testen.

Der Kanton Glarus ist der erste Kanton der Schweiz, der Erdgasbusse eingeführt hat. Der Kanton hat damit eine Vorreiterrolle eingenommen, da die Busse im abgeltungsberechtigten ÖV eingesetzt werden und der Bund diese Entscheidung letztlich unterstützen musste. Die Initiative der Baudirektion zum Test von Erdgasbussen wurde (zeitgleich) durch einen Massnahmenplan Luftreinhaltung des Landrates unterstützt. Die Baudirektion gewann einerseits als Mitentscheidungsträger die Betriebskommission der zusammengeschlossenen Gemeinden für diese Initiative und überzeugte andererseits den lokalen Gasversorger, durch die Werkbetriebe Glarus eine Erdgastankstelle bauen zu lassen. Für die Baudirektion waren Städte in Deutschland, wo hunderte Erdgasbusse im Einsatz sind, ein wichtiges Vorbild, Erdgasbusse wegen ihrer Umweltvorteile testweise einzuführen.

Im Falle der Busbetriebe Olten Gösgen Gäu prägte die Anforderungen der Luftreinhalteordnung schon in den 90iger Jahren das Umweltleitbild des städtischen Busbetreibers. Im aktuellen Leitbild des Busbetrieb heisst es: „Wir sind uns der Bedeutung eines praktisch gelebten Umweltschutzes bewusst und setzen unser Know-How auch dafür ein. Wir verpflichten uns, die natürlichen Ressourcen zu schonen und den eigenen Energie- und Wasserverbrauch zu optimieren. Wir sind bestrebt, Umweltbelastungen zu vermindern oder zu vermeiden“. Der VR-Präsident des Busbetreibers ist gleichzeitig Präsident des örtlichen Gasversorgers a.en, so dass die Einführung Erdgasbusse gut abgestimmt mit dem Bau einer Erdgastankstelle erfolgte. Zum Zeitpunkt der Entscheidung waren Euro 4-Diesel-Busse mit Partikelfilter nicht erhältlich, EEV-Erdgasbusse wurden als Chance gesehen, „fast Euro 6 zu erreichen“ und damit hinsichtlich Luftreinhalteanforderungen langfristig gesehen sinnvoll zu investieren.

### C.2.2 Ausgangslage und Profil

#### C.2.2.1 Kanton Glarus

Der Busbetrieb im Kanton Glarus umfasst insgesamt 10 Busse. Dabei kommen vier Mercedes Citaro-Busse (Mercedes, Euro 2 mit CRT-Filter) im Glarner Unterland zum Einsatz. Vier ältere NAW Postautos (Mercedes, Euro 0 ohne CRT-Filter) kommen im

Klöntal zum Einsatz (nur Sommerbetrieb) bzw. stehen als Schul- und Ersatzbusse zur Verfügung. Für den Betrieb im Glarner Mittelland wurden zwei neue Busse benötigt. Dabei war die Treibstoffwahl nur ein Teilaspekt der Entscheidungsfindung. Ein Hauptaspekt war die Umstellung von kleineren auf grössere Fahrzeuge. Der Auftrag zur Anschaffung von zwei Erdgasbussen wurde von der Betriebskommission an die Post erteilt, welche den Busbetrieb wiederum durch die Autobetriebe E. Niederer durchführen lässt. Seit April 2002 sind zwei VanHool-Erdgasbusse mit MAN-Motor (Euro 3) im Einsatz. Der technische Betrieb der gesamten Busflotte im Kanton Glarus ist im Bericht von BfE und ETH Zürich „Erdgasbusprojekt“ [16] beschrieben, in dem sich auch Daten zum Energieverbrauch und zu Schadstoffemissionen der Erdgas- und Dieselsebusse finden. Das Wichtigste hinsichtlich der Buscharakteristika für die vorliegende Studie wird in folgender Tabelle kurz zusammengefasst:

	<b>Erdgasbusse</b>	<b>Dieselsebusse</b>
<b>Marke</b>	VanHool	Mercedes Citaro
<b>Motor</b>	MAN E2866 LUH 01, Oxidationskat	Mercedes OM 457 hLA, CRT-Filter
<b>Abgasnorm</b>	Euro 3	Euro 2
<b>Leistung</b>	228 kW (310 PS) bei 2000 U/min	220 kW (299 PS) bei 2000 U/min
<b>Max. Drehmoment</b>	1250 NM bei 1200-1600 U/min	1250 NM bei 1100 U/min
<b>Plätze</b>	80 (26 Sitzplätze)	96 (40 Sitzplätze)
<b>Länge</b>	10.7 m	12 m
<b>Leergewicht</b>	12'760 kg	11'220 kg
<b>Reichweite (Praxis)</b>	400-500 km	600 km

**Tabelle 1:** Vergleich der technischen Daten der Erdgas- und Dieselsebusmodelle von VanHool/MAN und Mercedes, die in Glarus im Einsatz sind.

### C.2.2.2 Olten Gösigen Gäu

Der städtische Busbetrieb Olten Gösigen Gäu (BOGG) betreibt 11 Linien des öffentlichen Verkehrs in der Region Olten - Gösigen – Gäu. Der Wagenpark umfasst insgesamt 33 Kursfahrzeuge. Seit Anfang 2004 wurden im Fahrzeugpark 3 EEV-Erdgasbusse von MAN mit Euro 5-Norm integriert. Die Busvergleichsstudie des SVGW [2] fand im Bereich der BOGG statt, wobei ein MAN-Erdgasbus der BOGG mit einem hinzugemieteten, möglichst identischen MAN-Dieselsebus verglichen wurde. Obwohl sich die im nachfolgenden Kapitel dargestellten wirtschaftlichen Vergleichswerte nicht auf diesen hinzugemieteten Dieselsebus sondern auf andere Euro 3-Dieselsebusse der BOGG beziehen, geben wir an dieser Stelle die wichtigsten Kenndaten der in der SVGW-Studie verwendeten Busse wieder:

	<b>Erdgasbusse</b>	<b>Dieselsebusse</b>
<b>Marke</b>	MAN NL 313 CNG EEV	MAN NL313 Diesel
<b>Motor</b>	MAN E 2876 LUH 01, Oxidationskat	D 2866 LUH 24, CRT-Filter
<b>Abgasnorm</b>	Euro 5 /EEV	Euro 3
<b>Leistung</b>	228 kW (310 PS)	228 kW (310 PS)
<b>Max. Drehmoment</b>	1250 Nm	1250 Nm

<b>Plätze</b>	83 (35 Sitzplätze)	87 (37 Sitzplätze)
<b>Länge</b>	11.9 m	11.9 m
<b>Leergewicht</b>	12'400 kg	12'200 kg
<b>Reichweite (Praxis)</b>	370 km	-

**Tabelle 2:** Vergleich der technischen Daten der Erdgas- und Dieselbusmodelle von MAN, wie sie in der Busvergleichsstudie [2] verwendet wurden. Der MAN-Erdgasbus ist im Bereich der BOGG im Einsatz.

### C.2.3 Finanzielle Perspektive: Kostenvergleich Erdgas- und Dieselbusse aus Sicht der Busbetreiber

Es muss betont werden, dass im Folgenden die direkten Kosten aus Sicht des Busbetreibers (BOGG, Autobetriebe E. Niederer) analysiert werden. Es werden also nicht die Kosten für z.B. den Auftraggeber im Kanton Glarus (Baudirektion) oder für den Tankstellenbau im Detail diskutiert. Es werden auch keine indirekten Kosten durch Umweltschäden diskutiert. Weiterhin ist es wichtig, die Einschränkungen des gemachten Kostenvergleichs zu betonen: in beiden Fällen liegen keine wirtschaftlichen Vergleichsdaten für gleich alte Diesel- und Erdgasbusse identischer Bauart vor, die auf der gleichen Strecke eingesetzt werden. Vielmehr spiegeln die Daten die Sichtweise und praktische Erfahrung der Betreiber wieder, in denen Werte für den Referenzwert beim Dieselbus aus der praktischen Erfahrung geschätzt sind. Für Busbetriebe scheint dies aber eine normale Situation, so dass die angegebenen Daten zu Investitionskosten, Unterhaltskosten und Energiekosten eine gute Richtschnur für andere Betreiber in der Schweiz darstellen, die in der Entscheidungsphase sind.

1. **Investitionskosten:** Im Beispiel des Kantons Glarus werden die Investitionsmehrkosten des Erdgasbusses mit 80 kCHF angegeben (bezogen auf 400 kCHF Neupreis für einen entsprechenden Dieselbus, wie es bei der Kaufentscheidung in 2002 abgeklärt wurde). Umgerechnet auf jährliche Kapitalmehrkosten (Nutzungsdauer 13 Jahre, Zinssatz 3% ergibt Annuität 9.4%) entspricht dies ca. 7500 CHF. Im Beispiel Olten werden die Mehrkosten bei der Kaufentscheidung in 2004 mit 70 kCHF angegeben (ebenfalls bezogen auf 400 kCHF Neupreis bei Dieselbus), mit jährlichen Kapitalmehrkosten von ca. 5900 CHF (angegeben wurden Nutzungsdauer 15 Jahre, Zinssatz 3% mit Annuität 8.4%). In beiden Beispielen wurden Zweiachsbusse gekauft, im Fall Glarus Erdgasbusse der 3. Generation, im Fall Olten Erdgasbusse der 4. Generation. Unterschiedliche Generationen bei der Technologie und unterschiedliche Spezifikationen schränken einen Vergleich zwischen den beiden Beispielen ein. Es scheint jedoch plausibel, dass die Mehrkosten bei der Beschaffung mit der 4. Generation Erdgasbusse abnehmen, da die Erdgastechnologie etablierter wird und europaweit in grösseren Stückzahlen umgesetzt wird.
2. **Unterhaltskosten:** Sowohl für Diesel- als auch Erdgasbusse sind in den ersten Jahren nach dem Kauf Garantieleistungen durch den Hersteller vorgesehen. Die angegebenen Daten beziehen sich auf die realen Mehrkosten des Busbetreibers. Im Beispiel des Pionierprojektes Glarus mit einer Spezialanfertigung (VanHool-Bus, MAN-Motor) fielen im Betrieb einige vermehrte Wartungs- und Reparaturdienste ins Gewicht (siehe C.2.6), so dass die Mehrkosten beim

Erdgasbus vom Busbetreiber im Durchschnitt auf 3500 CHF pro Jahr geschätzt werden. Im Beispiel Olten wurden –dank einer kurzen Eingewöhnungszeit und wenigen Problemen- Mehrkosten von 1500 CHF pro Jahr angegeben (entspricht gemäss Busbetreiber 10-15% der Unterhaltskosten bei einem modernen Bus in den ersten Jahren). In den Gesprächen hat sich deutlich gezeigt, dass durch die Fortschritte zwischen 3. und 4. Generation Erdgasbusse die Mehrkosten beim Unterhalt nach unten gehen.

3. **Energiekosten:** Die Kosten für den Bau einer Tankstelle wurden in beiden Fällen nicht dem Busbetreiber angelastet, sondern vom lokalen Gasversorger übernommen. Eine kurze Diskussion findet sich in C.2.5. Hier wird nur ein Kostenvergleich hinsichtlich der Treibstoffkosten angestellt. Dabei muss zunächst der Treibstoffverbrauch von Diesel- und Erdgasbussen in beiden Beispielen verglichen werden. Für die Erdgasbusse werden in beiden Beispielen die realen Praxiswerte (Jahresmittel) verwendet. Für einen vergleichbaren Dieselbus mit Euro 3-Norm und CRT-Filter auf ähnlichem Streckenprofil haben die Betreiber einen Vergleichswert geschätzt, der sich an der hauseigenen Dieselbusflotte orientiert. Es zeigt sich, dass der Mehrverbrauch im Beispiel Glarus mit ca. +50% recht hoch geschätzt wird und im Fall Olten mit +33% tiefer ausfällt. Im Beispiel von Olten kann zusätzlich die Studie des SVGW [2] herangezogen werden. Es zeigt sich, dass der Mehrverbrauch in dieser Studie (mit einem direkt vergleichbaren Referenz-Dieselbus) um einiges tiefer gemessen wurde. Diese Differenz kann möglicherweise in der Schwierigkeit der Schätzung des Praxiswertes durch den Busbetreiber oder durch ungünstige Faktoren in der Praxis (z.B. anderer Fahrstil) begründet liegen. Im Beispiel Olten wird im Sinne einer konservativen Kostenrechnung der für den Erdgasbus ungünstigere Schätzwert verwendet. Die Werte für den Energieverbrauch sind in folgender Tabelle dargestellt:

	Einheit	Olten	Glarus	Bemerkung
Verbrauch Diesel	l /100 km	40.7 <sup>3</sup>	36.0	geschätzt durch Busbetreiber
Verbrauch Erdgas	kg / 100 km	41.0	41.0	Jahresmittel Busbetreiber
Verbrauch Erdgas	l Äqui Diesel/ 100km <sup>4</sup>	54	54	Jahresmittel Busbetreiber
Verbrauch Erdgas vs. Diesel	%	133	150	
Verbrauch Erdgas vs. Diesel	%	120		Studie SVGW [2] , half load
Verbrauch Erdgas vs. Diesel	%	114		Studie SVGW [2], Durchschnitt

**Tabelle 3:** Vergleich des Treibstoffverbrauchs zwischen den in Olten und Glarus eingesetzten Erdgas- und Dieselbusfahrzeugen.

<sup>3</sup> Im Busbetrieb BOGG liegt das Jahresmittel eines Euro 3-Busses ohne CRT-Filter im Stadtbetrieb bei 39.5 Liter pro 100 km. Mit dem geschätzten Mehrverbrauch von 3% durch einen CRT-Filter [12] ergeben sich 40.7 Liter pro 100 km.

<sup>4</sup> In dieser Studie wird gemäss Praxis der EMPA folgender Umrechnungsfaktor verwendet:

- Normdichte Erdgas: 0.79 kg/m<sup>3</sup> (Quelle: Merkblatt G2004/2 SVGW)
- Normdichte Diesel: 0.835 kg/dm<sup>3</sup> (Quelle: EU-Richtlinie 70/220/EWG)
- Energieinhalt Diesel: 42.5 MJ/kg (Quelle: Bosch), 42.5 MJ/kg = 35.5 MJ/dm<sup>3</sup>
- Energieinhalt Erdgas: 10.3 kWh/m<sup>3</sup> (Quelle: Merkblatt G2004/2 SVGW),  
10.3 kWh/m<sup>3</sup> = 37.1 MJ/m<sup>3</sup> bzw. 47.0 MJ/kg

Damit entspricht 1 kg Erdgas energetisch **1.32 dm<sup>3</sup>** Diesel.

Für die Berechnung der Energiekosten sind weiter die Treibstoffpreise entscheidend. Gemäss Angaben der Busbetreiber im März 2005 wird der Dieselpreis in Olten mit 1.52 CHF pro Liter und in Glarus mit 1.61 CHF pro Liter angenommen. Die Preise für Erdgas als Treibstoff differieren beträchtlich in beiden Beispielen. Dies hängt damit zusammen, dass sich der nationale Markt hier erst etabliert, dass die Preise mit geographischen Gegebenheiten zusammenhängen (Glarus ist kostenintensiver mit Erdgas erschlossen als Olten) und vor allem, dass die lokalen Gasversorger in ihrer Preispolitik differieren. Im Beispiel Glarus wird Erdgas mit 1.89 CHF pro kg oder 1.43 CHF pro Literäquivalent Diesel zwar noch billiger als Diesel verkauft aber deutlich teurer als in Olten, wo die BOGG vom lokalen Gasversorger einen Spezialtarif von 1.25 CHF pro kg oder 0.95 CHF pro Literäquivalent Diesel erhalten. Folgende Tabelle zeigt alle Werte inkl. Mineralölsteuer und gibt ausserdem bereinigte Treibstoffpreise an, wie sie nach Rückerstattung durch den Bund (wie dies für berechnete Transportunternehmen der Fall ist) effektiv vorliegen.

	Einheit	Olten	Glarus
<i>inklusive. Mineralölsteuer</i>			
Diesel	CHF / l	1.52	1.61
Erdgas	CHF / kg		1.89
Erdgas	CHF / l Äqui		1.43
Erdgas	CHF / kg	1.25	
Erdgas	CHF / l Äqui	0.95	
<i>nach Rückerstattung Teil Mineralölsteuer</i>			
Diesel	CHF / l	0.93	1.02
Erdgas	CHF / kg		1.26
Erdgas	CHF / l Äqui		0.96
Erdgas	CHF / kg	0.62	
Erdgas	CHF / l Äqui	0.47	

**Tabelle 4:** Vergleich zwischen den Treibstoffpreisen (Stand: März 2005), die die Busbetreiber in Olten und Glarus für Erdgas und Diesel bezahlen. Effektive Preise nach teilweiser Rückerstattung der Mineralölsteuer sind errechnet gemäss Angaben der Oberzolldirektion.

Mit den von beiden Busbetreibern angegebenen durchschnittlichen Fahrleistungen pro Bus von 65'000 km pro Jahr lassen sich für beide Beispiele folgende Energiekosten berechnen (nach Rückerstattung Mineralölsteuer):

	Einheit	Olten	Glarus
Fahrleistung	Km / Jahr	65000	65000
Verbrauch Diesel	l / 100 km	40.7	36.0
Verbrauch Erdgas	kg / 100 km	41.0	41.0
Dieselpreis nach Rückerstattung	CHF / l	0.93	1.02
Erdgaspreis nach Rückerstattung	CHF / kg	0.62	1.26
Energiekosten Diesel	CHF / Jahr	24600	23900
Energiekosten Erdgas	CHF / Jahr	16500	33600

**Tabelle 5:** Vergleich von Fahrleistung, Treibstoffverbrauch und -preis mit den resultierenden Energiekosten, für die Busbetriebe in Olten und Glarus.

Es zeigt sich, dass der Erdgasbus im Beispiel Olten durch den wesentlich tieferen Erdgaspreis und den geringeren Mehrverbrauch insgesamt gegenüber dem Dieselmotor eine deutliche Kosteneinsparung bei den Energiekosten darstellt, während es im Beispiel Glarus wegen des überdurchschnittlich hohen Erdgaspreises und des ungünstigeren Mehrverbrauchs gerade umgekehrt ist.

**Zwei Bemerkungen sind hierbei wichtig:**

- Die Preispolitik der lokalen Energieversorger wird oft vom Kanton bzw. der Stadt mitbestimmt und ist zu einem guten Teil eine politische Entscheidung. Die Festsetzung des Erdgaspreises ist eine entscheidende Stellgrösse für die Kostenrechnung des Busbetreibers. Eine Vollkostenrechnung, die einen möglichen Lastenausgleich zwischen den Akteuren beleuchtet, wird in dieser Studie nicht durchgeführt.
- Im Rahmen der Sparpläne des Bundes ist die Rückerstattung der Mineralölsteuer an die zugelassenen Transportbetriebe in Frage gestellt (siehe VöV, aktuelle Informationen unter [www.voev.ch](http://www.voev.ch)). Gleichzeitig ist die Steuerteilbefreiung von Erdgas und Steuer-Freistellung von Biogas als Treibstoff in Vorbereitung (siehe aktuelle Informationen der Oberzolldirektion unter [www.zoll.admin.ch](http://www.zoll.admin.ch)). Sollte beides eintreten, erhalten Erdgasbusse in Zukunft einen zusätzlichen wirtschaftlichen Anreiz, da sie von einer ausbleibenden Rückerstattung weniger betroffen sind als Dieselmotoren.

4. **Vergleich Kosten:** In nachfolgender Tabelle sind die unterschiedlichen Kosten von Erdgas- und Dieselmotoren in den Beispielen Glarus und Olten entsprechend den oben diskutierten Angaben zu Kapitalkosten, Unterhaltskosten und Energiekosten zusammengefasst:

Kostenvergleich Erdgas vs. Diesel	Einheit	Olten	Glarus
Kapitalkosten	CHF / Jahr	5880	6720
Unterhaltskosten	CHF / Jahr	1500	3500
Energiekosten nach Rückerstattung	CHF / Jahr	-8100	9700
<b>Summe</b>	<b>CHF / Jahr</b>	<b>-720</b>	<b>19920</b>

**Tabelle 6:** Vergleich zwischen den jährlichen direkten Kosten für Erdgasbusse gegenüber Dieselmotoren für die Busbetriebe in Olten und Glarus. Aus Vergleichbarkeitsgründen sind die Kapitalkosten für Glarus ebenfalls mit 15 Jahren Nutzungsdauer berechnet.

Im Beispiel Glarus sind die Mehrkosten von knapp 20 kCHF vor allem durch einen im nationalen Vergleich hohen Treibstoffpreis und die technischen Nachteile der 3. gegenüber der 4. Generation Erdgasbusse bedingt. Im Beispiel Olten wird durch den tiefen Treibstoffpreis des lokalen Gasversorgers und einer guten Performance der 4. Generation Erdgasbusse sogar ein leicht positives Gesamtergebnis direkter Kosten zugunsten des Busbetreibers erzielt. Falls für die Berechnung der Energiekosten im Fall Olten die Verbrauchswerte der SVGW-Studie [2] verwendet würden, wäre der Vorteil zugunsten des Erdgasbusses noch deutlicher ausgeprägt.

## C.2.4 Nutzerperspektive: Reaktionen von Fahrgästen und Anwohnern

In Teil B wurde eingehend auf die Akzeptanz von Erdgas- und Biogashussen bei der Bevölkerung eingegangen. In diesem Abschnitt soll kurz die Frage behandelt

werden, wie Fahrgäste und Anwohner auf den Einsatz von Erdgasbussen reagiert haben. Hier waren insbesondere einige Aussagen im Kanton Glarus interessant. Im Bericht des BfE/ETH [16] werden einige Aussagen zur Akzeptanz bei Fahrgästen gemacht. Diese wurden vom Busbetreiber nochmals bestätigt. Im Wesentlichen haben viele Fahrgäste die Umstellung auf Erdgas als Treibstoff zwar bemerkt (insbesondere natürlich bei der Startveranstaltung), inzwischen hat jedoch eher ein Gewöhnungsprozess stattgefunden, d.h. der Fahrbetrieb mit Erdgasbus wird zunehmend als Normalität gesehen. Interessant ist die Sensibilität der Anwohner, wie sie von der Baudirektion wahrgenommen wird. In Ausnahmefällen, bei denen Dieselbusse den Linienbetrieb der Erdgasbusse übernommen hatten, gab es von Anwohnerseite Beschwerden bei der Baudirektion hinsichtlich des wieder grösseren Lärmpegels. D.h. der Vorteil bei Lärmemissionen wurde von einigen Anwohnern wahrgenommen.

## C.2.5 Interne Perspektive: Umsetzung des Busbetriebs in der Praxis

Für die Umsetzung eines Betriebs von Erdgasbussen ist ein Zusammenspiel verschiedener lokaler Akteure wesentlich. Hierzu gehört die Abstimmung zwischen lokalem Gasversorger und Busbetrieb (und auch der Baudirektion). Neben der Festlegung des Treibstoffpreises (siehe vorheriges Kapitel) war in beiden Beispielen zunächst entscheidend, dass eine Tankstelle für die Erdgasbusse gebaut wurde. Im Beispiel Glarus wurde eine Tankstelle auf dem Gelände der Werksbetriebe Glarus gebaut, für die die Erdgas Linth AG und die Werksbetriebe Glarus zuständig sind. Die Tankstelle in Glarus (mit ca. 300 kCHF Investitionskosten eher unterdurchschnittlich dimensioniert) wird derzeit vor allem für den Busbetrieb genutzt, kann aber grundsätzlich auch durch Personenwagen genutzt werden. Für den Busbetrieb funktioniert die Tankstelle gemäss Busbetreiber ausreichend schnell und zuverlässig. Im Beispiel Olten wurde vom lokalen Gasversorger a.en eine Kombitankstelle für PW und Busse gebaut:

- (Interne) Tankstelle / Zapfsäule für Erdgas-Busse BOGG
- 7 x 24 h öffentlich zugängliche Tankstelle mit Zapfsäule und Zahlautomat

Die Bruttoinvestition von 600 kCHF mit jährlichen Unterhaltskosten von ca. 30 kCHF zeigt deutlich, dass dies im Vergleich zu Glarus eine grösser dimensionierte Anlage ist, die vor allem auch den PW-Verkehr unterstützen soll. Auch im Fall Olten wurden gemäss Angabe Busbetreiber keine Probleme beim Tankvorgang der Busse attestiert.

Für den Busbetrieb ist weiterhin eine gute Unterstützung durch den Hersteller wichtig, sowohl bei der Kaufentscheidung als auch später im Falle technischer Probleme. Hier zeigten sich Unterschiede in den beiden Beispielen. Im Falle einiger technischer Probleme der Erdgasbusse in Glarus (siehe C.2.6) war es von Nachteil, dass die Hersteller des Chassis (VanHool) und des Motors (MAN) nicht die gleichen waren, da Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten komplizierter werden. In Olten, wo ein EEV-Erdgasbus von MAN geliefert wurde, liegt eine eindeutige Zuständigkeit vor. Zusammen mit der Tatsache, dass die 4. Generation Erdgasbusse einige technische Probleme der 3. Generation (wie in Glarus) beseitigt hat, ermöglicht laut Busbetriebe Olten Gösigen Gäu einen normalen Betrieb der Erdgasbusse im Vergleich zu den Dieselbussen.

## C.2.6 Lern- und Entwicklungsperspektive: Umgang mit neuer Technologie

Grundsätzlich ist es eine Herausforderung, wenn ein Busbetrieb mit einer neuen Technologie konfrontiert wird. In der Werkstatt müssen neue Erfahrungen gemacht werden und die zuständigen Mechaniker müssen mit Unterstützung des Herstellers praktisches Know-How erwerben, um einen normalen Betrieb gewährleisten zu können. Im Beispiel des Kanton Glarus waren die Autobetriebe E. Niederer beim neuen Erdgasbus mit einigen technischen Problemen konfrontiert, die ihre Ursache in der Verölung von Motorventilen und Luftmassenmesser hatte. Durch Einbau eines Öl-Filters bei der Erdgastankstelle, eines Ölabscheiders im Erdgasbus sowie einer bestimmten Reinigungsprozedur konnte das Problem reduziert werden, so dass ein praktisch normaler Busbetrieb möglich ist. Im Beispiel Olten gab es mit dem Erdgasbus der 4. Generation nur ganz am Anfang ein Problem mit dem Luftmassenmesser, der vom Hersteller ersetzt wurde. Seitdem ist ein reibungsloser Betrieb möglich. Dies legt nahe, dass technische Mängel der 3. Generation Erdgasbusse in den modernen EEV-Erdgasbussen verbessert wurden und diese in puncto Zuverlässigkeit dem Diesibus nahekommen. Dabei ist allerdings wichtig, dass europaweit die Stückzahlen von Erdgasbussen weiter nach oben ansteigen, um die Hersteller zu immer weitergehender Innovation zu animieren.

Die Buschauffeure müssen ebenfalls in einen Lernprozess eingebunden werden. Die Busbetreiber wiesen darauf hin, dass ein Erdgasbus eine grössere Fahrdynamik als ein Diesibus hat und deshalb mit „sanfterem Fuss“ gefahren werden muss. Gerade bei Chauffeuren, die langjährig mit Dieseltechnologie gefahren sind, ist hierbei und beim Grundverständnis für die Erdgastechnologie ein Lern- und Umstellungsprozess nötig. Beide Busbetreiber gaben an, dass nach einer anfänglichen Umstellungsphase die Akzeptanz bei den Chauffeuren mittlerweile gut sei. Dabei sei wichtig, die Chauffeure auch in allgemeinen Fragen zu schulen, da sie auf Fragen der Fahrgäste zu Erdgas als Treibstoff (z.B. betreffend Sicherheit) kompetent Antwort geben sollten.

## C.2.7 Ausblick

Im Kanton Glarus ist die Baudirektion in einer Entscheidungsfindung hinsichtlich eines Einsatzes weiterer Erdgasbusse im Glarner Unterland (bis zu vier Busse). Wichtig hierzu ist aus Sicht der Baudirektion jedoch, dass in diesem Fall eine weitere Tankstelle gebaut wird, um den Busbetrieb in diesem Gebiet zu unterstützen, dass die technischen Probleme beim Erdgasbus reduziert werden, dass der Erdgaspreis reduziert wird und dass geklärt wird, wie die Entwicklung bei der Rückerstattung der Mineralölsteuer weitergehen wird.

Der Busbetreiber Olten Gösgen Gäu zeigt sich insgesamt zufrieden mit dem Test der ersten 3 Erdgasbusse. Inzwischen ist ein 4. Erdgasbus bereits bestellt worden und weitere 4 sollen nächstes Jahr dazukommen.

## C.3 Strategiefindung für andere Busbetreiber

Für die Entscheidungsfrage, ob Erdgasbusse für einen Busbetrieb eine attraktive Alternative zu Dieselnissen darstellen, gibt die vorliegende Studie einige Anhaltspunkte. Es ist aber weiterhin die Präferenz von kantonalen und städtischen politischen Akteuren sowie Busbetreibern entscheidend, welche Bedeutung dem Umweltschutz beigemessen wird und wieweit Innovations- und Risikobereitschaft vorhanden sind, einen Teil der Busflotte auf Erdgas und Biogas als Treibstoff umzustellen.

Die in dieser Studie zusammengefassten Erfahrungen mit modernen EEV-Erdgasbussen in Olten legen nahe, dass ein Normalbetrieb mit Erdgasbussen möglich ist. Hierbei scheint entscheidend, dass die moderne Erdgastechnologie Fortschritte gemacht hat und einige technische Mängel der früheren Generation beseitigt wurden. Wie in der Busvergleichsstudie des SVGW [2] dargelegt, bringt ein Einsatz von Erdgasbussen eindeutige Umweltvorteile. Diese werden vor allem dann verstärkt, wenn Biogas als erneuerbarer Treibstoff klimaneutral eingesetzt werden kann. Gemäss den novatlantis-Akzeptanzstudien hat der öffentlich sichtbare Busbetrieb eine wichtige Vorbildrolle; dabei werden Umweltvorteile von Erdgas und speziell von Biogas positiv wahrgenommen. Allerdings werden keine Mehrkosten akzeptiert. Die Umstellung für Werkstatt und Chauffeure auf eine neue Technologie ist in der Übergangsphase eine Herausforderung. Ob es zu Mehrkosten beim Busbetrieb kommt, hängt allerdings vor allem von den Treibstoffpreisen und daher auch von der Abstimmung der lokalen Akteure inkl. Gasversorger ab, was im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden muss. Falls die Rückerstattung der Mineralölsteuer in naher Zukunft gestrichen wird und die Steuer-Reduktion auf Erdgas als Treibstoff wie vorgesehen umgesetzt wird, erhalten Erdgasbusse einen zusätzlichen Anreiz.

## Literaturangaben

- [1] B. Kasemir, S. Lienin, F. Gassmann, et al., „Gas im Tank, Duft in der Luft? Chancen und Risiken der Einführung von Erdgas, Biogas und Wasserstoff als Treibstoffe“, novatlantis-Bericht, 2004.
- [2] M. Seifert, „Busvergleichsstudie zwischen einem Niederflur MAN 313 Diesel- und Erdgasbus“, SVGW im Auftrag von gasmobil AG und GVM AG, 2005.
- [3] S. F. Lienin, B. Kasemir and R. Stulz, „Bridging science with application for sustainability: Private-public partnership in the novatlantis pilot-region of Basel“, novatlantis-Bericht, 2004.
- [4] S. F. Lienin, B. Kasemir, R. Stulz und A. Wokaun, "Partnership for sustainable mobility." Environment 47(3): 22-35, 2005.
- [5] B. Kasemir, R. Schaub, S. Lienin, „Repräsentative Marktumfrage zu Erdgas- und Biogasfahrzeugen: Ergebnisübersicht zu Wissen und Akzeptanz in der Deutschschweiz“, novatlantis-Bericht, 2004.
- [6] BUWAL, „Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1980 – 2030“, Schriftenreihe Umwelt Nr. 355, 2004.
- [7] [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_luft/luftbelastung/blick\\_zurueck/seit1988/](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_luft/luftbelastung/blick_zurueck/seit1988/)
- [8] S. Fereydoun, et al; „Air Quality Data in 2002 - The Comparison of Cities and Regions in Europe“; Municipality of Linz, Dept. for Environm. Protection and Nature Conservation, Report Nr. 3/2003.
- [9] Lufthygieneamt beider Basel, „Luftqualität und Meteorologie: Jahresrückblick 2000“.
- [10] [http://www3.stzh.ch/internet/ugz/home/fachbereiche/luftqualitaet/schadstoffe/feinstaub\\_pm10/pm10\\_quellen.html](http://www3.stzh.ch/internet/ugz/home/fachbereiche/luftqualitaet/schadstoffe/feinstaub_pm10/pm10_quellen.html)
- [11] [http://www3.stzh.ch/internet/ugz/home/fachbereiche/luftqualitaet/schadstoffe/ozon\\_/bildung\\_von\\_bodennahem.html](http://www3.stzh.ch/internet/ugz/home/fachbereiche/luftqualitaet/schadstoffe/ozon_/bildung_von_bodennahem.html)
- [12] J. Rütter et al., „Diesel- und Erdgasmotoren für schwere Nutzfahrzeuge - Emissionen, Verbrauch und Wirkungsgrad“, MTZ 5/2005.
- [13] P. Soltic et al., „Comparison of the NO<sub>2</sub>/NO Emissions of Heavy-Duty Euro-3 Diesel Engines with and without a CRTTM System“, 12th Symposium of Transport and Air Pollution, Avignon, June 2003.
- [14] N. Nylund, „Transit Bus Emissions Study: Comparison of Emissions from Diesel and Natural Gas Buses“, VTT Research Report PRO3/P5150/04, 2004.
- [15] A. Rabl, „Environmental benefits of natural gas for buses“, Transportation Research Part D 7, 2002.
- [16] D. Ambühl, J. Fernandez, „Erdgasbusprojekt 2002/03“, eine Studie von BfE und ETH Zürich zum Erdgasbusprojekt im Kanton Glarus, zu beziehen bei M. Pulfer (BfE).