

# „Biomethan im Schwerlastverkehr und in der Landwirtschaft“

Machbarkeitsstudie  
Im Auftrag der  
BIOENERGIE-REGION WENDLAND-ELBETAL

Erstellt durch  
Heinrich Rahlfs

Lüneburg, im Mai 2012

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>Seite</b>
1.) Aufgabenstellung .....	3
2.) Einleitung .....	4
3.) CNG Fahrzeuge .....	5
3.1.) Serienfahrzeuge (LKW, Busse) mit Fremdzündung .....	5
3.2.) Fahrzeuge mit Selbstzündung.....	6
3.2.1.) Serienfahrzeuge.....	6
3.2.2.) Umbauten (LKW-Motoren) .....	7
3.2.3.) Beispiele für Versuchsumbauten.....	7
4.) Biogas Tankstellen .....	11
4.1.) Situation für Betankung von LKW mit Biomethan in der Region .....	12
4.2.) Was ist bei der Neuerrichtung einer Tankstelle zu beachten? .....	13
4.3.) Wann lohnt die eigene Erdgas-Tankstelle?.....	16
5.) Motorenversicherung für umgebaute Fahrzeuge .....	17
6.) Rechtliche Voraussetzungen für Umbauten von Fahrzeugen zur Zulassung zum öffentlichen Straßenverkehr .....	18
7.) Potentielle Biogas-Kunden .....	22
7.1.) Biogas-Kunden in Region .....	23
7.2.) Befragung der potentielle Biogas-Kunden der Region .....	23
8.) Schlepper und Beregnungsaggregate.....	25
8.1.) Schlepper .....	25
8.2.) Beregnungsaggregate .....	26
9.) Beispiele anderer Regionen .....	28
10.) Rechenbeispiele Kraftstoffkosten.....	28
10.1.) Bei reinen Gasmotoren .....	28
10.2.) Dieselmotor im Diesel-Gas-Mischbetrieb.....	30
11.) Konzepte und Schlussfolgerung für eine mögliche Umsetzung .....	32
12.) Zusammenfassung.....	34
13) Quellenangaben.....	36

## 1.) Aufgabenstellung

Erdgas ist im Gegensatz zu Benzin und Diesel ein relativ kostengünstiger Kraftstoff. Da er weniger Kohlenstoff enthält, verbrennt er mit geringeren CO<sub>2</sub> Werten. Außerdem kann er regional, aus nachwachsenden Rohstoffen erzeugt werden.

Während für den PKW-Bereich die Absatzzahlen, die Vielfalt der Modelle und die Anzahl der Tankstellen immer weiter steigen, ist Erdgasantrieb für Schwerlastfahrzeuge eine Seltenheit.

Warum ist das so? Was hemmt die Umrüstung oder die Neuentwicklung von Schwerlastfahrzeugen mit Gasmotor, wo doch ökologische und betriebswirtschaftliche Argumente offensichtlich dafür sprechen?

Die Studie versucht einen Überblick über technische Möglichkeiten, rechtliche Schwierigkeiten und regionale Ansätze zu geben. Aber es soll auch eine Strategie für die Modellregion skizziert werden, damit der Gasantrieb auch für LKW und Schlepper mehr Verbreitung finden kann.

Die Studie soll im Einzelnen prüfen:

- Welche Unternehmen könnten eine solche Umrüstung vornehmen? (regionaler Bezug bezüglich möglicher Wartung, hier Niedersachsen)
- Welche Kosten für die Umrüstung auf Biomethan je Fahrzeug-, bzw. Motorart entstehen?
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit bei Neuanschaffung bzw. Umrüstung, besonders im Hinblick auf den bereits bestehenden Fuhrpark, bzw. Antriebsmotoren.
- Welche rechtlichen Rahmenbedingungen, wie TÜV Zulassungen und auch versicherungstechnische Bedingungen sind zu beachten?
- Voraussetzungen an den Tankstellen für Biomethan?
- Wie ist das Interesse bei ortsansässigen Firmen und Landwirten?
- Gibt es bereits ähnliche Ansätze in anderen Regionen?
- Welche Verknüpfungen, Synergieeffekte sind in der Region zu sehen?

## 2.) Einleitung

Der Ausgangspunkt für die Studie ist die Überlegung, regional produziertes Biogas nicht nur in die Gasleitungen oder zur Verstromung in ein Blockheizkraftwerk zu schicken. Biogas kann effizienter in Verbrennungsmotoren genutzt werden. So wird die Ressource Öl geschont und es entsteht ein weiterer wirtschaftlicher Nutzungspfad von Biogas, durch den der CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Verkehr zudem wesentlich reduziert werden kann.

Denn Erdgas ist der fossile Kraftstoff mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz.

Biomethan verbessert diese Bilanz, denn es kann zu 90 % klimaneutral, aus erneuerbaren Quellen und Agrarabfällen, regional gewonnen werden.

In der Region ist man in der komfortablen Situation, dass bereits zwei Biomethan-Tankstellen in Betrieb sind. Genutzt wird dieser Kraftstoff zurzeit vor allem für Pkws von Privatpersonen. Firmen in der Region beginnen jedoch, ihren Fuhrpark auf Gasfahrzeuge umzustellen. Serienhersteller im PKW- und teilweise auch im Lieferwagenbereich bieten mit einer breiten Produktpalette die passenden Modelle.

Anders sieht es mit den Antrieben im Schwerlastverkehr in der Region aus. LKW und Busse, Traktoren und Aggregate von Beregnungsanlagen verbrennen fast ausschließlich teuren Dieselmotorkraftstoff.

Im Schwerlastverkehr stehen die Zeichen nach wie vor auf steigende Kilometerleistung. In einer vom niedersächsischen Verkehrsminister Jörg Bode vorgestellten Prognose wird von einer **Steigerung der Transportleistung um 74 %** für das Jahr 2025 bezogen auf das Jahr 2007 ausgegangen. (1)

Auch hier muss die Schadstoffbelastung pro gefahrenem Kilometer unbedingt reduziert werden.

Die Nutzfahrzeugindustrie beginnt zu reagieren und hat für den Schwerlastverkehr bereits Ottomotoren zur Erdgasnutzung entwickelt.

Die Modellpalette ist hier noch sehr schmal. Auf die positiven Eigenschaften des Dieselmotors, nämlich Langlebigkeit und besseres Drehmoment will keiner verzichten. Außerdem endet der Leistungsbereich der Ottomotoren bei 330 PS und schränkt den Einsatzbereich ein. Investitionen in neue Fahrzeuge mit Gasmotoren nach dem Ottoprinzip sind für Unternehmen zurzeit vor allem für spezialisierte Aufgabenbereiche interessant.

**Die Alternative könnte der Dieselmotor im Diesel-Gas-Mischbetrieb sein.** Dieser Motor könnte Leistungsfähigkeit mit Effizienz und besserer Klimabilanz verbinden.

Um diese neuen Techniken für den Schwerlastbereich zu etablieren, müssen sich Politik, Tankstellenbranche und Fahrzeughersteller über das weitere Vorgehen abstimmen. Die Studie will zeigen, welche Themen dabei besonders dringlich sind.

### 3.) CNG Fahrzeuge

#### 3.1.) Serienfahrzeuge (LKW, Busse) mit Fremdzündung

Für den Bereich Nutzfahrzeuge ist festzustellen, dass Fahrzeuge für verschiedene Anwendungen angeboten werden, jedoch nicht durchgängig von allen Herstellern. Tabelle 1 zeigt eine Auswahl von Nutzfahrzeugmodellen.

Fahrzeugklasse	Hersteller	Typ
Leichte Nutzfahrzeuge	Fiat	Doblo, Ducato, Fiorino
	Iveco	Daily (bis 7,0 t), Eurocargo (bis 16,0 t)
	Mercedes-Benz	Sprinter
	Opel	Combo ((1))
	Volkswagen	Caddy, Caddy Maxi
Schwere Nutzfahrzeuge	Iveco	Stralis (bis 36 t)
	Mercedes-Benz	Econic, 1828 LS
Busse	Irisbus Daily,	Citelis Niederflur City Bus und Gelenkbus NEOMAN Neoplan N4521 und N4516, Lion's City
	MAN / Neoplan	
	Scania ((2))	Scania P 310 DB6x2*4 mit Gas-/Biogasmotor Scania P 310 DA4x2MNB mit Gas- und LNG-Antrieb
	Mercedes-Benz	Evobus / MB Citaro
Sonderfahrzeuge	Iveco	Stralis (z. B. als Abfallsammel- oder Kühlfahrzeug)
	Mercedes-Benz	Econic mit 279 PS (z. B. als Abfallsammelfahrzeug)
	Ravo (Iveco-Motor)	Kehrmaschine

**Tabelle 1:**

Ausgewählte CNG-Nutzfahrzeuge für unterschiedliche Anwendungen

Aus: „Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix“, Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Stand September 2011, (2)

((1)) = ab 2012 verfügbar

((2)) = eigene Ergänzung

Bei den zurzeit zugelassenen Serienfahrzeugen handelt es sich ausschließlich um Antriebe mit ladeluftgekühlten (mageren) Ottoverbrennungssystemen.

Die ähnlichen Verbrennungseigenschaften von Erdgas und Benzin (Heizwert, Luftbedarf und somit Gemischheizwert) vereinfachen die Kombination der beiden Kraftstoffe.

Die Leistungsgrenze dieser Fahrzeuge liegt bei 330 PS. Insbesondere gasbetriebene Nutzfahrzeuge mit Ottomotoren weisen im Vergleich zu Dieselfahrzeugen eine verringerte Lärmemission auf. Eine Vergleichsmessung von Müllsammelfahrzeugen ergab beim Gasantrieb Lärmemissionen von 66 dB(A) im Vergleich zu 71 dB(A) beim Dieselantrieb. Dies entspricht einer Reduzierung der Lärmbelastung um 25 Prozent. Zu Ergebnissen mit einer Lärmreduzierung von bis zu 50 Prozent kommt auch ein aktueller Feldversuch eines Logistikbetriebes, den die Grazer Energieagentur betreut. Das Erdgas kann auch für ansonsten dieselbetriebene und daher geräuschintensive Kühlgeräte am Fahrzeug verwendet werden. (2)

### **Erdgasmotoren nach dem Ottoprinzip haben dort ihren Platz, wo**

- Betriebskosten gespart werden sollen
- auf höchste Leistungsansprüche verzichtet werden kann
- im kürzeren Streckenbereich gefahren wird
- die Geräuschemission reduziert werden soll
- CO<sub>2</sub> und Feinstaub gespart werden soll und
- auf ein grünes Image der Fahrzeugflotte Wert gelegt wird.

## **3.2.) Fahrzeuge mit Selbstzündung**

Der Ottomotor hat im Schwerlastbereich bis jetzt nicht den Durchbruch schaffen können. Der Dieselmotor bietet ein besseres Leistungsprofil (Drehmoment, Elastizität des Motors). Auch der Wirkungsgrad ist deutlich höher und beträgt bei Dieselmotoren ca. 40 %. Ottomotoren erreichen dagegen nur 25-33 %. Zudem gelten Dieselmotoren als langlebig und robust Entsprechend wird auch an CNG-Motorkonzepten weitergearbeitet. (2)

### **3.2.1.) Serienfahrzeuge**

Bei MAN fertigt man bereits ein Drittel aller Stadtbusse mit **reinem CNG-Antrieb**. (3a)

Volvo bietet als Serienfahrzeug auch einen LKW mit **Erdgas-Diesel-Antrieb** an. Auf der IAA 2010 präsentierten die Schweden einen Truck, der mit LNG (Flüssig-Erdgas) und Diesel betrieben wird. (4) Damit kommen laut Volvo die Vorteile beider Techniken zur Geltung. Der Wirkungsgrad im Vergleich zu früheren Gasmotoren kann laut Herstellerangaben um 30 bis 40 Prozent erhöht werden. (5) Die Werte sind beachtlich! Jedoch handelt es sich hier um LNG (Flüssig-Erdgas) wahlweise auch LBG (Flüssig-Biogas) Systeme. Vorteile sind die große Reichweite und die hohe Energiedichte des Kraftstoffs. Nachteil ist, dass der Kraftstoff bei minus 161 Grad gehalten werden

muss und dadurch zusätzlich Energie für die Kühlung aufgewendet werden muss. Eine Zulassung in Deutschland liegt noch nicht vor. Die Infrastruktur eines Tankstellennetzes für LNG wie LBG existiert zurzeit in Deutschland nicht.

Ein CNG-Lkw wird von Volvo zurzeit nicht angedacht. (6)

Bei Mercedes erprobt man **Dual-Fuel-Lösungen**. Erdgas ist als Kraftstoff in einem Diesel-Antrieb vorgesehen. Wichtiges Marktsegment ist der Transporter-Bereich. Innerstädtische Belieferung ist ein wichtiges Wachstumsfeld, hier spielt das Abgasverhalten eine besondere Rolle. Der „Marktanteil der Vans wird in Europa bis 2020 auf 15 Prozent steigen“, meint Andreas Pohl, Leiter Batterieelektrische Fahrzeuge bei Mercedes-Benz Vans. (7)

### **3.2.2.) Umbauten (LKW-Motoren)**

Großes Potenzial haben **Dual-Fuel-Nachrüstlösungen**.

Solange es noch keine Serienfahrzeuge mit Diesel-Gas-Mischbetrieb gibt, stellt die **Nachrüstung** serienmäßiger Dieselfahrzeuge eine Alternative dar. Sie kommt dann zum Einsatz, wenn man

- die Vorteile des Dieselmotors mit dem Gasantrieb kombinieren will
- die breite Produktpalette der Dieselfahrzeuge ausschöpfen will
- den vorhandenen Fuhrpark nachrüsten möchte
- Elastizität und Drehmoment des Dieselmotors erhalten will
- die Reichweite durch zusätzliche Gastanks erweitern kann
- bei Gasmangel problemlos auf Dieselbetrieb weiterfahren muss

Optimistisch schätzt Carl A. Wagner, Senior Expert im Bereich Alternative Antriebe beim TÜV Saarland diesen Markt ein und erklärt in einer Studie, „die gesetzlichen Rahmenbedingungen sollten innerhalb des nächsten halben Jahres geklärt sein...“. (3b)

Zu den rechtlichen Vorgaben siehe Punkt 6.

### **3.2.3.) Beispiele für Versuchsumbauten**

Bereits im Jahr 2000 gab es den ersten Prototyp eines Diesel-Erdgas-Fahrzeuges. Und die Stadtbahn Saar GmbH stellte im August 2004 den ersten Diesel-Erdgas-Bus Deutschlands vor. Seitdem gibt es verschiedene Werkstätten mit unterschiedlichen Umbaukonzepten.

Sehr gute Erfolge beschreibt **Dipl. Ing. Andreas Wegmann** in seiner Darstellung der Projektergebnisse „Diesel, Erdgas Mischbetrieb“. (8)

Auf einem Motorprüfstand der TU Kaiserslautern wurde am 19.12.2007 der erste erfolgreiche ESC-Test (definierter Abgas Test) durchgeführt. Am 21.07.2008 erfolgte eine abschließende Zertifizierung des Gesamtsystems. 60 Vol% Erdgas und 40 Vol% Dieselkraftstoff wurden mit einem Standard Dieselmotor gefahren (R6-Nfz-Dieselmotor, Reihenpumpe, VH= 12 dm<sup>3</sup>, einstufige AGR, Euro III, ohne Oxi-Kat).

In der Zusammenfassung des Versuches berichtet Wegmann:

- Energetischer Erdgasanteil 56 %
- Keine Einbußen bei effektivem Wirkungsgrad im Vergleich zum Basisdieselmotor
- In Relation zum Ottomotor signifikant gesteigerter Wirkungsgrad (+25 %)
- 600 h Prüfstands-Motorbetrieb
- Euro 3-Norm in allen vier Emissionskomponenten erreicht
- Euro 4-Norm für die Komponenten HC und CO durch den Einsatz eines Oxidationskatalysators erreicht
- CO<sub>2</sub>-Einsparung von 10,4 %
- Großes Kraftstoffkosten-Einsparpotenzial
- Reduzierung der Russemission um 40 % – 50 %

Forschungsbedarf aus wissenschaftlicher Sicht sieht Dipl. Ing. Andreas Wegmann für die Zukunft im Bereich der **Motorenentwicklung** wie:

- Zusammenspiel von Diesel-Erdgas-Mischbetrieb mit hochmodernen Common-Rail-Dieselsystemen
- Potenziale durch Pilotinjektion und Nacheinspritzung
- Zusammenspiel von Diesel-Erdgas-Mischbetrieb und einer vollvariablen Ventilsteuerung

Außerdem sollte man weiter **Kraftstoffkombinationen** prüfen: Diesel, Biodiesel, Pflanzenöl, CNG, Biogas und Wasserstoff

Das Unternehmen **Alfred Luhmann** ist seit Jahren im Bereich der Umrüstung von Dieselmotoren auf den Gemischbetrieb von LPG und Diesel aktiv. (9) Die Weiterentwicklung bei einem Mercedes- und einem MAN Motor, jeweils 6 Zylindermotor der EURO V Klasse, hat dem Mischbetrieb von CNG und Diesel zum Durchbruch verholfen.

Das Erdgas wird nicht diffus in den Ansaugkrümmer mit der Ansaugluft gegeben. Stattdessen wird unmittelbar am Einlassventilsitz jedes Zylinders entsprechend der Steuerzeit „ein Wölkchen“ Erdgas eingeblasen; genau dann, wenn das Auslassventil bereits geschlossen ist. Durch dieses Verfahren der Gasinjektion soll es zu einer optimalen Verbrennung und Energieausnutzung im Einklang mit den Abgaswerten kommen. Je nach Belastung im Fahrbetrieb wird die Gaszufuhr gesteuert. Der Dieselmotor wird bautechnisch nur modifiziert, so dass er auch weiterhin mit 100 % Diesel gefahren werden kann. Im Normalbetrieb wird ein Mischungsverhältnis von ca. 50 zu



50 genutzt. Ein zusätzliches Steuergerät regelt die Zufuhr der beiden Kraftstoffarten.

Bereits 2009 stellte die Luhmann GmbH die Anfänge dieses Verfahrens im Rahmen des Biogaskongresses in Hitzacker vor.

„Wir haben das System immer weiterentwickelt, uns mit Herstellern von leichten Alu-Karbondanks zusammen getan, sind auf die Fahrzeugspezifika der einzelnen Motorenhersteller besser eingegangen und sind somit heute serienreif.“, sagt Alfred Luhmann im Gespräch am 12.04.12. Weiter berichtet er: „Ab 10.000,- € geht das mit den Umbaukosten los. Je nach Kundenwunsch der Ausführung, wie z.B. Art und Menge der Gasvorrattanks steigen die Umrüstungskosten.“

Das Unternehmen rechnet vor, dass sich bei einer Senkung der Kraftstoffkosten von bis zu 25 % die Nachrüstung in 1,5 Jahren amortisiert hat. (9)

Einen wesentlichen Schritt weiter ist das Unternehmen **inFinite in Österreich**. Der Bericht „Dual-Fuel-Trucks, Diesel Gas System Vorstellung“ aus Februar 2012 (10) weist interessante Daten auf.

Eine alltagstaugliche Technik kann in bestehende Dieselmotoren der Klassen Euro 5 und EEV (US-amerikanische Abgasnorm) installiert werden. Diesel wird durch Erdgas oder nachhaltig erzeugtes Biogas ersetzt. Zum Zünden und zum Rundlaufen des Motors wird ein Dieselanteil von 25 % benötigt, der Gasanteil liefert somit durchschnittlich 75 % der Energie.

#### **Wie funktioniert Dual Fuel von inFinite**

Im Fahrbetrieb strömt das Gas durch die beheizten Druckminderer zum Einblasrail am Motor. Mit einem Druck von etwa 4 Bar wird über spezielle Adapterplatten an genau definierter Stelle mit Hilfe von 12 Injektoren das Gas in den Ansaugkrümmer eingebracht. Die Berechnung der Gasmenge erfolgt vollelektronisch in Abhängigkeit diverser Parameter (Einspritzzeit Diesel, Gasdruck und Temperatur, Öffnungszeit Einlassventil, Klopfensensoren, Lastzustand, Drehzahl...).

Der Fahrer kann/muss nicht eingreifen, er sieht lediglich eine Zustandsleuchte am Armaturenbrett (Grün=Gasbetrieb, Orange =Dieselbetrieb).

Um für die Abgaswerte die Euro 5 Norm einhalten zu können, wird zur Abgasnachbehandlung ein Methan-Oxydationskatalysator eingebaut. Dieser behandelt die Kohlenwasserstoffe. Die serienmäßige Harnstoffeinspritzung zur NOx- Reduktion arbeitet normal. Im Ergebnis sind die Emissionen deutlich reduziert. Wesentlich geringere CO<sub>2</sub> Werte lassen sich mit Biogas erreichen.

#### **Wo findet Dual Fuel derzeit Verwendung**

Mercedes Axor, Actros 320-480 PS

Volvo FL, FE 240-340 PS

Kässbohrer Pistenbully PB 600 400 PS

**Wie funktioniert die Betankung**

An der Erdgastankstelle werden die Tanks innerhalb weniger Minuten mit Erdgas/Biogas mit einem Druck von ca. 200 bar gefüllt. Die Tanks bestehen aus Karbon. Anzahl und Unterbringung der Tanks sind fahrzeug- und anwendungsspezifisch. Eine entsprechende Anzahl von Zylindertanks mit je 200 lit. (2000x400 mm) enthält etwa 32 kg. Gas, bzw. nutzbare 39 Liter Dieseläquivalent.

Im Gespräch mit Herrn Müller von inFinite wurde deutlich, dass diese Technik gut funktioniert, Aber nicht nur die Technik entscheidet, für wen Dual-Fuel-Systeme günstig sein können.

**Dual-Fuel lohnt sich für**

**Dual Fuel bietet weniger Vorteile**

Kosten-, umwelt- und imagebewusste Spedition oder Unternehmen (Werkverkehr).	Im Stadtverkehr, denn bei Stop-and-go-Verkehr ist die Substitution gering, weil im Standgas mit Diesel gefahren wird.
Autobahnfahrer: Beimengungsraten bis über 70 % im Teillastbereich.	Bei geringer Kilometerleistungen, weil dann Amortisationszeit für die Umbaukosten zu lang wird.
Linien-/Begegnungsverkehr (Tankstelle(n) an der Strecke sind bekannt).	Wenn die Nutzlast des LKW entscheidend ist. Zusatzgewichte von 100 und 350 kg für Gas und Tanks müssen toleriert werden.
Hohe Kilometerleistung (schnelle Amortisation).	Sonderfahrzeuge die bereits rundum verbaut sind (z.B. Autotransporter, 8x4 Baustellenfahrzeuge.....) haben keinen Platz für Tanks.
WAB-Fahrzeuge, Pritsche/Koffer oder Sattelzugmaschinen (Platz für Gastanks um eine Tagestour ohne Tanken zu ermöglichen).	Kunden, die regional unterwegs sind und keine Gastankstelle in der Nähe haben.
Speditionen, deren Kunden ein alternatives Antriebskonzept wünschen.	

**Tabelle 2:** Beurteilung der Dual-Fuel-Technik der Firma inFinite (10)

**Weniger Kraftstoff, weniger Emissionen:** Zusätzlich zu den geringeren Kraftstoffkosten bedeutet der Wechsel von Dieselkraftstoff zu Methangas auch eine deutliche Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich zu üblichen Dieselmotoren – bei Biogas sogar bis zu 70 %.

**Kosten/Amortisation – Beispiel ohne Gewähr**

Systemeinbau inkl. fahrzeug- und kundenspezifischer Unterbringung der Tanks kostet abhängig vom Modell und der Tankanzahl ca. 50.000-

55.000,00 €. Das Unternehmen rechnet bei einer Fahrleistung von jährlich 150.000 km mit einer vollständigen Amortisation in 3 Jahren. (10)

#### **4.) Biogas Tankstellen**

##### **Gas und Netz**

Aufbereitetes Bio-Gas (von 94 - 98 %-Methan (CH<sub>4</sub>)) entspricht der energiestärkeren Erdgasqualität „H“ (H-Gas Methangehalt von 87 bis 98,9 Vol%), und ist somit gleichzusetzen. (11) Für den Fahrzeugbetrieb wird CNG = Compressed Natural Gas (komprimiertes Erdgas bei 200 bar), bzw. Biomethan gleichgesetzt.

Zur Betankung mit Biomethan gibt es zwei Möglichkeiten: a) direkt an der Biogasanlage, bzw. an der von dieser selbst verlegten Gasleitung, oder b) die Einspeisung und Abnahme aus dem Gasnetz, was den weitaus größeren Bereich ausmacht.

Mit einer jährlichen Gasnachfrage von 94 Milliarden Kubikmetern ist Deutschland der größte Gasverbraucher unter allen EU-Ländern. Das Land verfügt nur über kleine natürliche Gasvorkommen. Ca. 13 % des deutschen Gasverbrauchs wird durch die nationale Reserve abgedeckt. Gas aus den Niederlanden (20 %), Norwegen (29 %) und Russland (32 %), sowie geringe Mengen aus Dänemark und Großbritannien werden importiert. Deutschland hat ein gut entwickeltes nationales Leitungsnetz mit einer Gesamtlänge von 436.204 Kilometern. 116.927 Kilometer gehören dem Hochdruckgitter, 177.456 Kilometer dem Mitteldruck- und 141.821 Kilometer dem Schwachdruckgitter an. (12)

Die Druckverhältnisse sind abhängig von der „Aufgabe“ der jeweiligen Gasleitung. Hauptleitungen stehen unter einem Druck von etwa 60 - 84 bar. Für die regionale Verteilung von Erdgas gibt es ein spezielles, dichteres Netzsystem von regionalen Betreibern, mit einem Rohrleitungsdruck von etwa 16 bar. Für den Transport von Erdgas an die regionalen Kommunen gibt es ein drittes Netz, das nur noch einen Erdgasdruck unter 1 bar hat, und für private Haushalte einen Überdruck von nur noch 20 mbar aufweist. (13)

Beim Bau einer Tankstelle wird zunächst der Standort sondiert. Sind alle erforderlichen Kriterien erfüllt, folgt der Abschluss eines Standortvertrages zwischen dem Tankstellenpächter bzw. der Mineralölgesellschaft und dem jeweiligen Stadtwerk. Der Energieversorger übernimmt die Planung der Erdgastankstelle und holt die erforderliche Betriebserlaubnis ein. Wurde diese durch die Behörden erteilt, kann die Erdgastankstelle schlüsselfertig bei einem Hersteller in Auftrag gegeben werden. Von der Planung bis hin zur Inbetriebnahme vergeht in der Regel mindestens ein Jahr. Die Kosten für eine solche Tankstelle liegen bei ca. 200.000 – 250.000 €. Bustankstellen können je nach zu betankender Busflotte ein Mehrfaches davon

kosten. Die Kosten zur Errichtung der Erdgastankstelle trägt der Energieversorger! (14)

### **Das Tankstellennetz**

Bis Ende 2011 wurde die 900ste CNG-Tankstelle offiziell in Berlin in Betrieb genommen. „Es war ein langer Weg bis zu diesem Meilenstein, aber endlich ist es geschafft“, erklärt Birgit Maria Wöber, Geschäftsführerin des unabhängigen Verbraucherportals [www.gibgas.de](http://www.gibgas.de). (15) „Die aktuell verfügbare Infrastruktur bietet eine Grundversorgung für den Kraftstoff CNG/Erdgas in Deutschland. Mit überschaubarem Planungsaufwand ist es problemlos möglich, jeden Winkel der Republik mit CNG/Erdgas zu befahren.“

Dabei erhalten Erdgasautofahrer immer häufiger umweltschonendes Biogas. Bis Dezember 2011 waren 84 Gaswäschen in Auftrag gegeben worden. Durch die Gaswäsche wird das ursprüngliche Biogas auf eine definierte Gasqualität gereinigt und kann in das normale Gasnetz einspeist werden. (12)

An 189 Tankstellen und damit an fast jeder 5. Erdgas-Tankstelle ist Biogas erhältlich. An 43 Standorten kann sogar reines Bio-Erdgas getankt werden. (16) Dieses reine Biomethan liegt physikalisch nicht zu 100 % an der Tankstelle vor sondern bilanziell. Das Gas in den Pipelines ist ein Gemisch aus verschiedenen Herkünften und einer Beimischung von Biomethan. Die ausgelobten 100 % reines Biomethan sind ein virtueller Wert, analog zu Grünstrom.

Tatsächlich gibt es nach eigenen Recherchen nur 4 Tankstellen in Deutschland, wo 100 % echtes Biomethan getankt werden kann. Davon sind zwei im Landkreis Lüchow-Dannenberg.

Die offizielle Eröffnung der ersten Biogastankstelle fand am 22.06.2006 nach einem Jahr Bauzeit bei der RWG in Jameln statt. (17) Die zweite Biogastankstelle des Landkreises Lüchow Dannenberg wurde am 26.08.2011 von der Kraft und Stoff GmbH eröffnet. (18)

#### **4.1.) Situation für Betankung von LKW mit Biomethan in der Region**

Beide Tankstellen in der Projektregion sind als Schnellbetankungsanlagen angelegt. Die Tankstelle in Jameln ist für den PKW-Bereich ausgerichtet. Eine Erweiterung für Schwerlastverkehr ist nur bedingt möglich und wird in der Studie nicht weiter betrachtet.

Die Tankstelle in Dannenberg ist für die Schnellbetankung von Pkws in Betrieb. Beim Bau der Tankstelle wurde eine Erweiterung auf Schnellbetankung von Lkws bereits berücksichtigt und entsprechende Investitionen und Baumaßnahmen getätigt. Eine Erweiterung für die LKW- Schnellbetankung ist so kostengünstig und einfach möglich. Der vorhandene NGV1 Anschluss für die PKW Betankung müsste um einen zusätzlichen Anschluss-Stutzen im NGV2-Profil für die LKW Betankung ergänzt werden.

#### **4.2.) Was ist bei der Neuerrichtung einer Tankstelle zu beachten?**

CompAir, als einer der Marktführer der Gastankstellenbauer, beschreibt das so: „Das hängt von vielen Faktoren ab, wie dem Fahrzeugtyp, wann diese betankt werden sollen, wie viel Kraftstoff sie bei jedem Betanken benötigen, den Platzbeschränkungen an der Tankstelle und dem verfügbaren Budget, um nur wenige zu nennen.“ (19) Ein wichtiger Punkt ist, ob die Tankstelle privat oder öffentlich genutzt werden soll, denn davon hängen der Typ der Ausgabegeräte und die Ausstattung der Verkaufsstelle sowie die Betankungsmethode ab (schnelle oder langsame Betankung).

**Schnelle Betankung** heißt, das Fahrzeug wird mit einem gelagerten Gasvolumen betankt, das vorher vom Kompressor in Vorratsgasbündel abgefüllt wurde. Gastanken geht dann ebenso schnell wie Benzin oder Diesel. Es ist die gängige Methode an öffentlichen Tankstellen, denn nur hier ist die getankte Gasmenge für jedes Fahrzeug bekannt.

**Langsames Betanken** bedeutet, das Fahrzeug wird direkt aus dem Kompressor betankt. Auf teure Lagerzylinder an der Tankstelle wird verzichtet. Diese Methode erfordert, dass das Fahrzeug einige Zeit -üblicherweise über Nacht- abgestellt wird. Diese Betankung ist daher für Depots, wie zum Beispiel für Busse geeignet. Die Menge des an die Fahrzeuge abgegebenen Kraftstoffs ist nicht leicht zu überwachen, daher kann diese Methode nicht für öffentliche Tankstellen angewandt werden.

Tankstellen werden unterschiedlich konzipiert, weil sie entscheidend vom vorgegebenen Gasnetz, bzw. den Betreibern abhängig sind.

Die Hauptkomponenten einer Erdgastankstelle (Verdichter, Speicher, Rohrleitung und Abgabeeinrichtung) müssen optimal aufeinander abgestimmt werden, da sie die Befüllleistung der Anlage bestimmen. Die Standardanlage ist für eine Betankung von täglich 60-80 Fahrzeugen (PKW) und leichten Nutzfahrzeugen ausgelegt.

### **Die Basiskomponenten einer Erdgastankstelle**

- **Verdichter**  
Kolbenverdichter mit Liefervolumen von rd. 120 Nm<sup>3</sup>/h E-Antrieb, 30 – 40 kW Anschlussleistung (in Abhängigkeit des anstehenden Gasleitungsdruckes)
- **Hochdruckspeicher**  
28 (42) Flaschen á 80 Liter max. Speicherdruck: 300 bar nutzbares Speichervolumen ca. 230 (350) Nm<sup>3</sup>
- **Zapfsäule**  
2 Füllanschlüsse mit 2 Messwerken. Zeitgleiche Betankung von 2 Fahrzeugen. Betankungszeit pro Pkw (20 kg) 2-3 Minuten
- **„Sales and Billing“**  
Komplette Integration in vorhandene Mineralöltankstelle (inkl. Nutzung Tankkarten und Kassensystem)  
(20)

### **Wichtige Kriterien, die vor dem Bau eine Erd- bzw. Biomethangastelle geprüft werden müssen**

#### **Standortfaktoren:**

- Anschluss an eine bestehende Tankstelle mit Kassensystem, Personal etc.  
**oder** freier Standort mit ausschließlichem Kartensystem  
**oder** Tankstelle direkt auf dem Betriebshof einer Firma
- Vorliegender Gasdruck, der vom örtlichen Netzbetreiber angeboten wird. Je höher der vorliegende Gasdruck desto günstiger. Höherer Gasdruck senkt die Betriebskosten zum Erreichen der 200 bar bzw. 300 bar, die an der Tanksäule erreicht werden müssen.
- Verkehrsaufkommen
- Kooperation mit den Netzbetreibern

#### **Lage**

- Konkurrenz durch andere Gastankstellen
- Weiter Angebote der Tankstelle für Kunden: Imbiss, Werkstatt, etc
- Behördliche Vorgaben

#### **Betriebskosten:**

- Pacht
- Stromkosten
- Kosten für behördliche Prüfungen
- Wartung
- Vorgeschriebene Prüfungen („TÜV“)

### **Wie verhält es sich mit der Wartung?**

Die Wartung erfolgt in regelmäßigen, vom jeweiligen Hersteller der Erdgastankstelle vorgegebenen und vom Anlagentyp (ölgeschmiert oder ölfrei) abhängigen Intervallen. Diese ist meist vierteljährlich und zusätzlich bei Erreichen bestimmter Betriebsstundenzahlen fällig. In kürzeren Abständen werden darüber hinaus Inspektionen durchgeführt. In jedem Fall muss der

Betreiber der Anlage seinen Betreiberpflichten nachkommen und ist somit für die Wartung der Zapfsäule verantwortlich. Für die Wartungsarbeiten stehen den Betreibern Unternehmen zur Seite, die bestimmte Servicearbeiten übernehmen. (20)

### **Umsatzerwartung**

- Genug Erdgaskunden vorhanden
- Frequentierung durch Laufkundschaft oder Dauerkunden, wie z.B. Flottengemeinschaften im Personen- oder Lieferverkehr
- Gewinnung von Neukunden möglich durch Autohäuser, Werbung etc.
- Erweiterung für LKW oder Busse mit einplanen
- Größe der Tankanlage auf Zuwächse einstellen, spätere Umbauten sind teuer
- „Durststrecke“ muss überwunden werden. Erdgastankstellen müssen bekannt werden

„**Direkte Betankungen**“ von der Biogasanlage sind natürlich möglich. Aber auch hier sind Anforderungen zum Betrieb einer Gastankstelle zu beachten. Örtliche Gegebenheiten, wie z.B. Zuwegung, evtl. Höhen- und Gewichtsbeschränkungen der Straßen spielen eine Rolle.

Auch ist der Druck, mit dem das Gas aus der Biogaswäsche anliegt, zu beachten. Dieser liegt je nach Verfahren im Bereich von nur wenigen mbar, bis zu 4 bar. Die Druckdifferenz zu einer mögliche Hauptleitung mit 60 bar, oder Regionalleitung mit 16 bar muss ausgeglichen werden und die dafür anfallenden Stromkosten in den laufen Kosten kalkuliert werden.

### **Baufirmen von Erdgastankstellen**

#### **Manche werben mit:**

*Der Marktführer steht für Sie bereit...*

„Zum Marktführer sind wir geworden, da wir Ihre Wünsche am Besten in maßgeschneiderte Anlagen und Sonderlösungen mit einem optimalen Preis-Leistungsverhältnis umsetzen können. Direkt von Beginn an beraten und unterstützen unsere Spezialisten Sie in allen Phasen des Projektes. Fertigung, Lieferung und Montage, alles aus einer Hand – dies macht das Leben für Sie leicht. Auch nach der Inbetriebnahme lassen wir Sie nicht allein: mit unseren bundesweit agierenden Kontraktoren haben wir ein enges Servicenetz mit schnellsten Reaktionszeiten aufgebaut.“ (21)

#### **Oder so:**

„Als führender Hersteller bieten wir Verdichterstationen, Erdgaszapfsäulen und Zubehör an. Da wir maßgeblich an der Entwicklung der Erdgasbetankungstechnik beteiligt waren, verfügen wir über das Know-how und die Kapazitäten zur Abwicklung Ihres Projektes – termingetreu und wirtschaftlich, und das mit höchster Qualität.

Unsere Anlagen für die Erdgasbetankung von PKW, Bussen und Nutzfahrzeugen kombinieren die Erfahrungen im Bereich konventioneller Tank-

stellentechnik mit dem aktuellen Stand moderner Verfahrenstechnologien. Das Ergebnis sind vollautomatische Erdgasbetankungsanlagen auf dem Stand der Technik.

- Verdichter mit Eingangsdrücken im Bereich von 0,02 bis 70 bar
- Lieferleistungen zwischen 15 und 3.000 mN3/h
- Stahlbetongebäude (65 dB(A)) oder Stahlcontainerumhausungen (50 dB(A))
- Speicheranlage im 3-Banksystem, 300 bar-Technik
- Steuerung über Siemens S7 mit Klartext-Touchscreen und Fernüberwachung
- Vollautomatische (autarke) Zapfsäulen mit 1-4 Schläuchen im NGV1/NGV2-Profil

Und so einfach funktioniert das sichere Betanken mit Erdgas: Bei der Schnellbetankung gelangt das Erdgas aus dem örtlichen Gasnetz über einen Hochdruckverdichter in einen Pufferspeicher, der als Mehrbank-System nach dem Kaskadenprinzip aufgebaut ist. An der Zapfsäule wird - ebenso schnell wie mit Benzin - das Fahrzeug in rund zwei Minuten betankt.“ (22)

#### **Oder über den Service:**

„Als einer der führenden Hersteller im Erdgastankstellenbau bieten wir Ihnen alle Leistungen rund um die Erdgastankstelle: Planung, Konzeption, Dimensionierung, Bau und Montage von Schnellbetankungsanlagen. Nach dem Kauf verlassen Sie sich auf unser deutschlandweites Servicenetz.

Wir liefern Erdgastankstellen in den unterschiedlichsten Größen, von der Standardanlage für PKW bis hin zu Bustankstellen für den Linienbetrieb. Kleinstanlagen, integrierte Tankstellenanwendungen, Erweiterungen für bereits bestehende Stationen, auch von anderen Herstellern, und selbstverständlich Erdgaszapfsäulen in verschiedenen Designs gehören ebenfalls zu unserem Angebotsspektrum. Darüber hinaus installieren wir bei Ihnen ein Tankdatenerfassungssystem incl. Tankautomaten.

Mehr als die Hälfte aller in Deutschland betriebenen Erdgastankstellen werden durch uns betreut und machen uns zum Marktführer. Dies ist in erster Linie unserer Kompetenz in der Herstellung im Bereich von CNG-Tankstellen sowie der damit verbundenen erfolgten Zertifizierung als Kontraktor durch Aral, Esso, Shell und Total geschuldet, aber auch der Zufriedenheit unserer Kunden im Hinblick auf das umfassende Serviceangebot zur Wartung, Prüfung und Instandsetzung von Erdgastankstellen.“ (23)



### **4.3.) Wann lohnt die eigene Erdgas-Tankstelle**

Die Kosten für den Bau einer neuen Gas-Tankstelle schwanken stark. Die oben aufgeführten verschiedenen Voraussetzungen und Ausführungen müssen zu unterschiedlichen Kalkulationen führen. Als Faustzahl wird mit 150.000,- € bis 250.000,- € gerechnet.

#### **Beispielrechnung 1**

Eine Spedition fährt im Güternahverkehr. Die Fahrzeuge kommen jeden Tag mehrmals auf den Betriebshof mit der Gastankstelle zurück.

3 LKW laufen auf reinen Gasbetrieb, durchschnittlich werden 35 kg/100 km verbraucht.

Jeder LKW hat einen Gastank für 120 kg und legt je Tag ca. 500 km zurück.

Somit müsste eine Betankung im laufenden Betrieb und eine zur Standzeit erfolgen. Ein Betankungsplan, bzw. die Absprachen unter den Fahrern sichern zeitliche Abstände zwischen den Betankungen, um ausreichend Gasdruck von 200 bar für jede Betankung sicherzustellen. Wie lange es dauert, bis Gasdruck wieder erreicht ist, hängt unter anderem von der Auslegung des Kompressors ab.

Die Tagesabgabemenge für die LKW wären somit ca. 525 kg (1500 km mal 35kg Gas/100km). Weiterhin werden bei der Spedition 5 Gabelstapler mit CNG betrieben. Die Betankung von Pkws der Firma und der Mitarbeiter wird in Betracht gezogen.

So müsste mit ca. 600 kg Gas/Tag an 250 Tagen im Jahr kalkuliert werden. Dies könnte die Grundlage sein, sich für eine Schnellbetankungstankstelle zu entscheiden.

#### **Beispielrechnung 2**

Sollten z.B. die drei LKW im Diesel-Gas-Mischbetrieb laufen wäre von einem Gasbedarf für die LKW bei gleicher Kilometerleistung von ca. 200 kg/Tag auszugehen.

50 % der benötigten Energie des Dieselmotors würden durch Gas ersetzt (Energiegehalt von 13,8 kWh/kg). Die weitere Nutzung durch PKW und Staplerverkehr bleibt gleich, somit ergibt sich eine Tankstellenauslastung von ca. 275 kg/Tag

Allein aus diesen beiden Beispielen ist zu erkennen, dass die Kalkulation einer Tankstelle bedeutend von „kleinen“ Faktoren abhängig sein kann. Besonders die Auslegung für Tagesmenge, Tankintervalle und Abnahmemenge je Betankung führen zu unterschiedlichen Kosten bei der Erstellung einer Tankstelle und letztlich auch deren Wirtschaftlichkeit.

## **5.) Motorenversicherung für umgebaute Fahrzeuge**

Bei dem Neukauf eines, rein mit Gas betriebenen LKW, (s. Tabelle 1) treten die OEM (Serienfahrzeughersteller) natürlich in die allgemeinen Garantie- und Kulanzregelungen ein.

Anders ist dies bei Um- oder Nachrüstungen, denn durch die Änderungen an den Serienfahrzeugen erlöschen nicht nur die Betriebserlaubnis, sondern auch die Herstellergarantien.

Speditionszusatzversicherungen, die z.B. Stand- und Ausfallzeiten entschädigen, benötigen ebenfalls ein geklärtes Verhältnis bei Motor-Änderungen.

Die kontaktierten Speditionen haben je nach ihren Einsatzgebieten unterschiedliche Ansprüche an Versicherungen. In der Regel wird vorausgesetzt, dass der Umrüster in die Pflichten wie OEM eintritt.

Herr Alfred Luhmann hat laut eigener Aussage eine „Motor-Versicherung“ mit der Nürnberger Versicherungsgruppe abgesprochen. Diese würde für jedes Erprobungsfahrzeug extra abgeschlossen und liegt bei ca. 550 € im Jahr.

Die Umrüsterfirma inFinite in Österreich arbeitet mit zwei verschiedenen Rückversicherungsmodellen, je nach Fahrzeughersteller. Der Garantierhalt bei Mercedes ist eine interne Lösung zwischen dem Unternehmen inFinite und einem großen Mercedes-Händler (der in ganz Österreich Zweigstellen hat) mittels seiner Garantiversicherung! Bei Nachrüstungen wird eine dreijährige Garantie bzw. bis 450.000 km auf den Motor gegeben.

Gegen einen Aufpreis kann diese Gassystemversicherung auf vier Jahre und 600.000 km erweitert werden.

Bei Volvo-Fahrzeugen wird über den Rückversicherer des Systemherstellers Hardstaff eine englische Garantiversicherung mit einer Laufzeit von drei Jahren und 450.000 km abgeschlossen. (10)

Die örtliche Allianzversicherung war dem Thema einer Rückversicherung gegenüber sehr aufgeschlossen. Erfahrungen aus den Bereichen der Motorumbauten von Diesel auf Pflanzenöle werden als Beispiel genannt. Jedoch konnten keine Details und Kosten genannt werden, bevor nicht alle Angaben des Umbauers vorliegen. Zudem müsse solch eine Garantiversicherung im ureigensten Interesse des Umbauers liegen. (Gespräch am 24.4.2012 mit der Agentur Schiewer, Lüneburg)

## **6.) Rechtliche Voraussetzungen für Umbauten von Fahrzeugen zur Zulassung zum öffentlichen Straßenverkehr. Hier Zulassung von schweren Nutzfahrzeugen**

### **Bundesweite Regelungen**

Wir gehen davon aus, dass ein Dieselmotor verändert wird. Hier nach dem Prinzip eines Gemischbetriebes von CNG und Diesel.

Dieser Umbau bzw. diese Nachrüstung ist eine nachträgliche, technische Änderung und führt zum Erlöschen der Betriebserlaubnis des Fahrzeugs.

Dies ist immer dann der Fall, wenn dadurch die Verkehrssicherheit oder der Umweltschutz gefährdet oder die Fahrzeugart geändert wird. Rechtliche Grundlage ist unter anderem § 19 der StVZO „Erteilung und Wirksamkeit der Betriebserlaubnis“. Die Pflicht zur Mitteilung von Änderungen nach § 13 der Fahrzeug-Zulassungsverordnung bleibt unberührt.

Derzeit ist nicht bekannt, dass es seitens der Fahrzeug- bzw. Motorenhersteller für derartige Umrüstungen Herstellerfreigaben gibt.

Die Betriebserlaubnis erlischt bei der Umrüstung, andererseits fehlt es auch an Vorschriften für die Genehmigung dieser Motoren. So gibt es weder nationale (StVZO) noch europäisch (EU) oder internationale (UNECE) Genehmigungsvorschriften für den Mischbetrieb von Diesel/LPG- bzw. Diesel/Erdgas-Motoren. Die UN-Regelung Nr. (UN-R) 115 zur Nachrüstung von Gasanlagen beinhaltet zwar den Begriff "Mischbetrieb", aber ebenso wie die relevanten Emissionsvorschriften (UN-R 49 für schwere Nutzfahrzeuge und Busse) keine expliziten Prüfanforderungen für den Mischbetrieb und stellt daher derzeit keine Grundlage zur Genehmigung von Umrüstsystemen dar. (25)

Auch das Kraftfahrtbundesamt (KBA) stellt fest, dass ein System, das im Mischbetrieb arbeitet, nicht nach ECE-115 genehmigungsfähig ist, da es dafür in den derzeitigen europäischen Vorschriften keine eindeutigen Prüfvorgaben gibt. (25)

#### **Regeln für den Nachrüster**

ECE-Regelungen bezeichnen international vereinbarte, einheitliche technische Vorschriften für Fahrzeuge, Teile und Ausrüstungsgegenstände von Kraftfahrzeugen.

Die R115 legt unter anderem einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der speziellen Nachrüstungssysteme für CNG Anlagen zum Einbau in Kraftfahrzeugen zur Nutzung von komprimiertem Erdgas in ihrem Antriebssystem fest. Sie ist seit 30.10.2003 in Kraft. (35)

Hier wird weiterhin darauf verwiesen: "Ein spezielles CNG Nachrüstsysteem eines genehmigten Typs kann aus mehreren Bauteilen, die nach den Regeln der Nr. 110 Teil I eingestuft und genehmigt worden sind, und dem entsprechenden Einbauhandbuch bestehen." (36)

Die ECE R 110 regelt für den Nachrüster von CNG Anlagen einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von

1. speziellen Bauteilen von Kraftfahrzeugen, in deren Antriebssystem komprimiertes Erdgas (CNG) verwendet wird
2. von Fahrzeugen hinsichtlich des Einbaus spezieller Bauteile eines genehmigten Typs für die Verwendung von komprimiertem Erdgas (CNG) in ihrem Antriebssystem

In Anhang 2A der ECE R 110 ist die Anordnung des Genehmigungszeichens für das CNG- Bauteil dargestellt. (36)

An einem CNG- Bauteil angebrachte Genehmigungszeichen besagt, dass dieses Bauteil nach der Regelung Nr. 110 mit einer Genehmigungsnummer genehmigt worden ist. Aus den ersten beiden Ziffern der Genehmigungsnummer geht hervor, dass die Genehmigung nach den Vorschriften der Regelung Nr. 110 in ihrer ursprünglichen Fassung erteilt wurde. So ist die Typengenehmigung eines Bauteils durch die Kennzeichnung mit einer Prüfziffer am jeweiligen Teil kenntlich. Die E1 steht als Prüfziffer beispielsweise für Deutschland. Bis heute haben sich 58 Länder dieser Regelung angeschlossen und so steht die zurzeit höchste Ziffer -E58 - für Tunesien. (37)

### **Ausweg Einzelgenehmigung**

Will man eine neue Betriebserlaubnis erlangen, besteht zurzeit nur die Möglichkeit nach §21 StVZO eine Begutachtung durchführen zu lassen und eine Einzelgenehmigung zu beantragen. Denn in der Fahrzeug-Zulassungsverordnung (FZV) steht unter § 2 Begriffsbestimmungen:

*Einzelgenehmigung: die behördliche Bestätigung, dass das betreffende Fahrzeug, System, Bauteil oder die selbstständige technische Einheit den geltenden Bauvorschriften entspricht; sie ist eine Betriebserlaubnis im Sinne des Straßenverkehrsgesetzes und eine Einzelbetriebserlaubnis im Sinne der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung gemäß § 21 der StVZO.*

Für eine neue Genehmigung (Betriebserlaubnis) braucht man für Motoren mit Diesel-Erdgas-Mischbetrieb:

**Erstens** ein positives Abgasgutachten eines Technischen Dienstes, mit dem der Nachweis erbracht wird, dass sich das Abgasverhalten gegenüber dem reinen Dieselbetrieb nicht verschlechtert hat.

Und **zweitens** eine Ausnahmegenehmigung von § 47 und § 48 StVZO.

### **Für unsere Region bedeutet das:**

Für Niedersachsen ist allein der TÜV Nord als technische Prüfstelle und technischer Dienst zugelassen. Entsprechend können Einzelbetriebs-erlaubnisse gemäß §21 der StVZO in Niedersachsen nur durch den TÜV Nord vergeben werden.

Zur Begutachtung derartiger Umrüstungen hat der TÜV Nord eine mit dem Land Niedersachsen abgestimmte Fachinformation herausgegeben. (24) Diese regelt, „unter welchen Voraussetzungen eine positive Begutachtung nach § 21 und die Befürwortung einer Ausnahme durch den aaS (amtlich anerkannten Sachverständigen) möglich sind“ (25)

In der **Fachinformation 4/09** „Nachrüstung von LKW-Dieselmotoren mit Flüssiggas grundsätzlich unzulässig“ des Tüv Nord, zuletzt geändert am 10.06.2011 wird allerdings nur von LPG gesprochen. Der Einsatz von CNG im Diesel-Gas-Mischbetrieb wurde hier nicht beurteilt.

Die obere Landesbehörde und Aufsichtsbehörde des TÜVs in Niedersachsen ist das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, hier der Bereich Straßenverkehrsrecht, Verkehrssicherheit, Straßenrecht. Dieser Bereich wird durch Herrn Bies vertreten.

Am 18.4.2012 wurde ein Gespräch u.a. mit Herrn Bies geführt. Er erläutert, dass seiner Meinung nach die Messvorschriften für die LPG-Nachrüstungen auf Erdgas- und Biogasumrüstungen übertragen werden könnten. Allerdings dürfen die Messwerte des LPG-Diesel-Motors nicht auf den Erdgas-Diesel-Motor übertragen werden. D.h. für jeden Motortyp und jede Kraftstoffart müssen eigene Messwerte vorliegen.

Der Tüv Nord soll die in der Fachinformation 4/09 formulierten Voraussetzungen für Ausnahmegenehmigungen abprüfen:

Vorlage eines nachvollziehbaren Prüfberichts eines anerkannten Technischen Dienstes bezüglich der Abgaswerte im umgerüsteten Zustand.

**Die Abgaswerte im ESC, ELR und ETC -Test** müssen für alle Kraftstoffarten (reiner Dieselbetrieb, LPG A, LPG B) aufgeführt und nachgewiesen sein.

- Vorausgesetzt, die Grenzwerte der jeweiligen Schadstoffklasse werden im reinen Dieselbetrieb noch eingehalten, dürfen in solchen Fällen im Diesel-Gas-Mischbetrieb die zulässigen Grenzwerte für eine Schadstoffgruppe bis zu 15 % überschritten werden, wenn im Gegenzug eine andere Schadstoffgruppe im Vergleich zum reinen Dieselbetrieb entsprechend geringere Messwerte aufweist.
- Nachweis der uneingeschränkten OBD-Funktionsfähigkeit durch einen anerkannten Technischen Dienst (OBD = On Board Diagnose)
- Bauteile des LPG-Systems - nach ECE R6701 genehmigt
- Eine Familienbildung ist unter der Voraussetzung
  - gleicher Motorhersteller,
  - gleicher Motorbasistyp,
  - gleicher Hubraum und
  - gleiche Zylinderzahl

im Vergleich zum geprüften Motor möglich.

Für die Geräuschemissionen bedarf es eines gesonderten Nachweises.

### **Zur Situation**

Nach eigenen Recherchen gibt es in Deutschland zurzeit keine Einzelgenehmigungen gemäß §21 der StZVO bzw. eine Ausnahmegenehmigung gemäß § 70 der StZVO für Dieselmotoren im Diesel-Gas-Mischbetrieb.

Vereinzelt sind jedoch LKWs von wenigen Umrüstern auf Deutschlands Straßen zu sehen. Basis sind hier Sonderzulassungen zu Erprobungs-

zwecken. Die Genehmigungen werden vom Serienhersteller (OEM) beantragt und über die jeweiligen Landkreise erteilt. Eine Serienreife ist somit noch nicht gegeben.

### **Zukunft der Zulassungen**

Das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) wird in Abstimmung mit dem BMVBS erst nach Festlegung der internationalen Vorschriften eine EU-/UN-Genehmigung bzw. Allgemeine Betriebserlaubnis (ABE) erteilen. EU Vorschriften für Messverfahren für die Zulassung von Gas-Dieselmisch- Fahrzeugen seien vielleicht Ende 2012, 2013 oder gar erst später zu erwarten.

Jedoch gibt es seit März 2012 vom Bund-Länder-Fachausschuss einen Beschluss für diesen Bereich in Deutschland. (25)

### **Was bleibt zurzeit für den Diesel-Gas Mischbetrieb**

Die einzelnen Länder nutzen die Möglichkeit, in ihrem Zuständigkeitsbereich Einzelgenehmigungen nach § 21 StVZO im Zusammenhang mit Ausnahmen nach § 70 StVZO zu erteilen. Jedoch einheitlich nach den im obigem Abschnitt beschriebenen Vorgaben der Fachinformation des TÜV NORD (letzte Änderung 10.06.2011)

Die Ergebnisse und Aussagen zu rechtlichen Regelungen „locken“ so keinen Nachrüster vor die Tür. Es wird im allgemeinen auf die zukünftigen EU Vorschriften für die Nachrüstung von Diesel EURO 5 Motoren auf den Gemischbetrieb von Gas und Diesel gewartet.

Ab 2014 gilt für die Neuzulassung von Dieselfahrzeugen im Schwerlastverkehr die EURO Abgasnorm 6.

In diesem Zusammenhang überarbeiten die Vereinten Nationen (UN/ECE) die Vorgaben der zurzeit gültigen ECE R 49. (38)

Darin sollen dann auch die Abgasnormen bei Dieselmotoren für den Schwerlastverkehr im Diesel- Gas- Mischbetrieb mit aufgenommen werden.

## **7.) Potentielle Biogas-Kunden**

### **Eine kleine Marktanalyse**

Die österreichische Akademie ÖAMTC stellt 2007 eine Studie (26) vor, die sich auf eine Stichprobe mit 100 telefonischen Interviews mit Entscheidungsträgern für den Unternehmens-Fuhrpark in der österreichischen Transport- und Logistikbranche stützt.

Mit einem Wert von 3,0 besitzt das Thema Alternative Antriebe im Unternehmen keinen hohen Stellenwert. 44 % der Unternehmen haben sich schon einmal über das Thema informiert – größere Unternehmen mehr als kleinere. Als Hauptquellen werden Treibstoff-Anbieter, Medien und Fahrzeughersteller genannt.

Von allen Alternativen besitzt Biodiesel mit 63 % auch hier die größte ungestützte Bekanntheit, gefolgt vom Elektroantrieb und Wasserstoff mit jeweils 29 %. Alle anderen bewegen sich unter 25 % spontane Bekanntheit.

### **Doch seitdem hat sich der Bereich Erdgas entwickelt.**

In einer Pressemitteilung der erdgas mobil GmbH (27) vom 21. Juli 2011 wird berichtet, dass alternative Kraftstoffe nicht nur im PKW-Bereich höhere Akzeptanz finden. Nach dieser Quelle wurden im ersten Halbjahr 2011 mehr „als 3.600 Erdgaswagen neu angemeldet – darunter knapp 800 LKW und Busse. Gegenüber dem 2. Quartal des Vorjahres steigerte sich die Zahl der neu zugelassenen Erdgasfahrzeuge um 11,5 Prozent.

Gasfahrzeuge für den Schwerlastverkehr sind aber nach wie vor eher Exoten.

### **7.1.) Biogas-Kunden in der Region**

Zu Beginn der Studie bestand die Annahme, dass es ein Angebot von Erdgas-Fahrzeugen im reinen Gasbetrieb und im Gas- Dieselmischbetrieb für die Unternehmen in der Region geben würde.

In der Region sind verschiedene Speditionen ansässig, die bis zu 60 LKWs betreiben. Der Warenstrom im Wendland ist vielfältig. Ob Massengüter, Halb- oder Fertigerzeugnisse, landwirtschaftliche Produkte, wie Fleisch oder Tiefkühlprodukte; ob Stahl, Getränke und Möbel oder Prozesswasser und Substrat aus den Biogasanlagen - Die Transportkilometer summieren sich.

Die ländliche Region Wendland-Elbetal ist auf den Güternahverkehr in und aus den Metropolregionen Hannover, Hamburg und Berlin angewiesen. Daneben entstehen Fahrten zu den Zulieferbetrieben innerhalb des Landkreises, die sich täglich oft mehrfach wiederholen.

In der Modellregion Wendland-Elbetal könnte sich Biogas als Kraftstoff für LKWs anbieten, die

- im regelmäßigen Werksverkehr und dem Güternahverkehr betrieben werden
- täglich zum Betriebsgelände zurückkehren
- während der Standzeiten an einer CBG Gastankstelle auf dem Betriebsgelände betankt werden, bzw. deren Betankung auch an einer der beiden öffentlichen CBG Tankstellen erfolgt.

### **Und im Wendland-Elbetal sind die Bedingungen besonders günstig, weil**

- mancher Spediteur aus ökologischen Gründen regional erzeugtes Biogas nutzen möchte
- in der relativ schwach strukturierten Region hohe Kilometerleistungen absolviert werden müssen und sich ein Erdgasfahrzeug schnell amortisiert
- keine extremen Höhenunterschiede bewältigt werden müssen

Neben reinen Speditionen sind Lohnunternehmer in der Landwirtschaft und Busunternehmen mit Linienverkehr potentielle Kunden. Auch hier kommen

die Fahrzeuge täglich zum Betriebshof zurück und können betankt werden, bzw. pendeln in der Region. Die Betankung erfolgt an den beiden öffentlichen CBG Tankstellen.

## **7.2.) Befragung der potentiellen Biogas-Kunden in der Region**

Ausgehend von der beschriebenen „optimalen Kundenstruktur“ wurden die Unternehmen herausgefiltert, für die Ergasfahrzeuge besonders interessant sein könnten. Die Inhaber bzw. Geschäftsführer der Unternehmen wurden mittels Anschreiben, per E-Mail oder im direkten Gespräch (bei Bekannten) auf das Thema „Bio-Methan - der günstige LKW Kraftstoff aus der Nachbarschaft“ angesprochen:

Ein wichtiger Punkt war hierbei oft der private oder direkte Kontakt zu den Unternehmen. Befragungen, Informationen und Hinweise auf andere Möglichkeiten sind für viele nur „Werbung“ und führen schnell zu einer Ablehnung.

Für diese Studie konnte mit Unternehmen im Bereich Werks- und Linienverkehr, Spediteuren und Lohnunternehmen gesprochen werden.

Bei den **eher konservativen** Unternehmen, die sich bislang wenig mit dem Thema alternativer Kraftstoffe auseinandergesetzt hatten, standen vor allem **Fragen** zu Praxis und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund:

- Wie hoch ist der Verlust an der effektiven Nutzlast durch Tanks und sonstige Umbauteile?
- Wie unterscheiden sich die Umbaukosten je nach Fahrzeugtyp?
- Wie lange dauert ein Umbau, d.h. wie lange fällt ein Fahrzeug aus?
- Sind zusätzliche, evtl. häufigere oder längere Wartungszeiten zu erwarten?
- Wichtiger Punkt ist die Gewährleistung und Versicherungen, bzw. Ausfallentschädigung für die Fahrzeuge, wenn es zu Reparaturen kommt.
- Schlechte Erfahrungen mit dem staatlichen Steuerkonzept bei der Umrüstung von Dieselmotoren auf Pflanzenölbetrieb.
- Begrenzte Laufzeit der Steuerbegünstigung für Erdgas als Kraftstoff bis 31.12.2018.

Daneben gab es auch **direkte Ablehnung**:

Diese Lösung kommt für uns zurzeit noch nicht in Frage!

- Wir sind im Internationalen Fernverkehr tätig!
- Des Weiteren müssten dann die Fahrzeuge mit anderen Tanks usw. ausgestattet werden!
- Das geht bei uns auch nicht, wegen des Gewichtes!
- An den Fahrzeugen ist wegen Spezialausrüstungen wie Nebenaggregaten, Hydraulik, und Kompressoren kein Platz mehr!



- Wir haben eine eigene Tankstelle und besonders günstige Einkaufskonditionen für Diesel!
- Dann müssten wir unsere Werkstatt umrüsten!

**Spezielle Probleme** und deren fahrzeugtechnische Lösungen lassen bei machen Unternehmen zurzeit keinen Raum für weitere Neueinführungen:

- Einführung eines innerbetrieblichen Kontrollsystems über ein Test Fahrerinfosystem.
- Nur Gebrauchtfahrzeuge für bestimmte Einsatzzwecke, wie z.B. im Lienenverkehr.
- Mindestens 450 PS mit Durchzug eines Dieselmotors notwendig!
- Entscheidungen für eine Modellreihe mit dem Vorteil des einfachen Austausches der Zugmaschinen etc. und die Nähe zu Händler und Werkstatt

**Stärkstes Argument** für die Nutzung oder Umrüstung auf Erdgas ist die

- Kosteneinsparung

**Daneben aber auch die**

- Deutlich bessere CO<sub>2</sub> Bilanz
- Das grüne Image der Erdgasfahrzeuge
- Geringere Geräuschbelastung

Aus den verschiedenen Antworten kann man erkennen, dass das Interesse an Erdgas, bzw. noch mehr an regional erzeugtem Biomethan für den LKW-Betrieb gegeben ist. Doch an erster Stelle stehen das Firmenkonzept und dann die Wirtschaftlichkeit bei gleicher Zuverlässigkeit.

## **8.) Schlepper und Beregnungsaggregate**

### **8.1.) Schlepper**

Die Idee, Schlepper in der Region mit Biomethan zu betreiben, ist nicht neu. Viele Gedanken, z.B. „Wo lassen wir die Gastanks? Vielleicht auf dem Dach?“ wurden diskutiert. An Umsetzungsbeispielen fehlt es jedoch. Diese sollten daher im Rahmen dieser Studie betrachtet werden.

Das Prinzip des Dual-Fuel sollte auch für Schlepper die Lösung sein: Den bestehenden Dieselmotor nachrüsten und 50 % bis 75 % der Energie des Diesels durch Biomethan ersetzen. Das Prinzip der Umrüstung ist dem, wie unter Punkt 3.2.2.) Umbauten im Schwerlastverkehr beschrieben, gleich. Allein aus den Ergebnissen der rechtlichen Situation zur Zulassung im Straßenverkehr, s. Abschnitt 6.), ist es verständlich, warum es noch keine Schlepper mit Zulassung gemäß StZVO in Deutschland gibt.

Hoch interessant sind die Meldungen über einen Schlepper der Firma Steyr aus Österreich. Die Zeitschrift Profi berichtet am 13.10.2011:

„Steyr rüstet einen Profi 6125 mit einem Mono-Fuel-Motor für den reinen Erdgasbetrieb aus. 136-PS-Schlepper mit Erdgasantrieb als Vorserienmodell.“

Als Alternative zu Diesel-Traktoren stellte Steyr auf der Agritechnica 2011 dieses Modell eines allein mit Erdgas angetriebenen Schleppers vor. Er ist mit einem speziellen Mono-Fuel NGV-Motor ausgestattet, der mit CNG betrieben wird. Für die notwendige Einsatzdauer im Gasbetrieb ist der Steyr mit neun in die Karosserie integrierten Tankbehältern mit einem Gesamtvolumen für 300 l Gas ausgestattet.

Argumente für Erdgatraktoren in der Landwirtschaft sind nach Auffassung von Steyr deutlich geringere Betriebskosten und vor allem Umweltaspekte. Methan ist der kohlenstoffärmste Brennstoff und verbrennt geruchsfrei und mit deutlich geringeren Emissionen, insbesondere mit bis zu 99 Prozent weniger Feinstaubemissionen. Nach Einschätzung der Steyr-Experten passt ein solches Antriebskonzept vor allem für Biogas produzierende Betriebe, da der Traktor auch mit aufbereitetem Biogas betrieben werden kann. (28)

Dieser Schlepper hat allerdings bis heute keine Zulassung in Deutschland und läuft zurzeit in Österreich im Erprobungsbereich.

Am 04.05.2012 berichtete mir Herr Manfred Pflieger von CNH Österreich GmbH: „Dieses Projekt, welches wir auf der letzten Agritechnica am Messestand gezeigt haben, ist in der Testphase. Wobei wir momentan Daten und Erfahrungen sammeln, welche für eine zukünftige Serienproduktion wichtig sind. Basierend auf dem momentanen Stand unserer Tests und Untersuchungen, streben wir eine Serienreife in 2 bis 3 Jahre an.“ (29)

Eine weitere Betrachtung wurde aus den vorstehenden Gründen für Schlepper nicht weiter verfolgt. Schlepper ohne Zulassung nach der StZVO werden in der Studie nicht betrachtet.

## **8.2.) Beregnungsaggregate**

Sandige Böden, geringe und teilweise ungünstig verteilte Niederschlagsmengen bringen den Landwirten in der Region Wendland-Elbetal suboptimale Bewirtschaftungsverhältnisse. Im langjährigen Mittel beträgt die Niederschlagsmenge in Lüchow 545 mm/Jahr. Als Vergleich sei die Niederschlagsmenge im gleichen Betrachtungsraum für Emden-Nesserland mit 768 mm genannt. (30)

Beregnung ist hier die Alternative, um entsprechende Erträge zu erzielen. Die jährlich schwankenden Witterungsbedingungen führen zu Beregnungszeiten von April bis September. Die Region Wendland-Elbetal gehört somit zu den Gebieten mit der höchsten Dichte an Beregnungsmaschinen Niedersachsens.

Für die mit Diesel betriebenen Beregnungsaggregate könnte die Umrüstung nach dem Prinzip des Dual-Fuel-System sinnvoll sein. Es gibt ein gewisses

Potenzial, das regional erzeugte Biomethan direkt in den Verbrennungsmotoren zu verwenden.

Eine Umrüstung könnte regional durch das international bekannte Unternehmen Dreyer und Bosse aus Gorleben erfolgen. Der Geschäftsführer Herr Felix Fröhlich geht bei entsprechenden Umbauten am Motor von einem Energieverhältnis von 80 % Biomethan und 20 % Diesel aus. (31)

**Berechnungsbeispiel:**

Annahme: Im Mittel läuft ein Beregnungsaggregat 60 Tage im Kalenderjahr und 20 Stunden je Beregnungstag. Der Dieserverbrauch wird mit 5 Liter/Stunde veranschlagt. Die zurzeit durchschnittlichen Bruttopreise betragen in der Region für 1Liter Diesel 1,52€ und je kg Biomethan 1,05€

Durch so genannte Dieselerückvergütung (Steuerentlastung für Betriebe der Land- und Forstwirtschaft nach § 57 Energiesteuergesetz i.V.m. § 103 der Energiesteuer-Durchführungsverordnung) ist der Dieselpreis abzüglich der Rückvergütung (zurzeit 0,2148 € je Liter) eingeflossen. In der Kalkulation wird also mit einem Dieselpreis von 1,3052 €/l gerechnet.

Dargestellt in der Tabelle 3.

<b>Verbrauch bei 100 % Dieselbetrieb</b>	6.000 Liter Diesel
<b>Brennwert bei 9,9 kWh/Liter Diesel</b>	59.400 kWh/Beregnungsjahr
<b>Umrüstung auf Diesel-Gas-Mischbetrieb</b>	
<b>Energie aus Diesel (20 %)</b>	11.880 kWh oder 1200 Liter Diesel
<b>Energie aus Biomethan (80 %)</b> <b>Brennwert Biomethan 14,25 kWh/kg</b>	47.520 kWh oder 3335 kg CBG
<b>Kraftstoffkostensparnis gegenüber reinem Dieselbetrieb:</b>	
<b>Ausgaben bei 100 % Diesel</b>	7.831,20 €
<b>Kosten für 20 % der Energie aus Diesel</b>	1.566,24 €
<b>Kosten 80 % der Energie aus Biomethan</b>	3.501,75 €
<b>Ersparnisbetrag Kraftstoffkosten</b>	2.763,21,- €, bzw. 35 %

**Tabelle 3:** Berechnung Kraftstoffersparnis beim Beregnungsaggregat

Eine Kraftstoffkostensparnis von 35 % ist sehr interessant. Doch die praktische Umsetzung der CBG Versorgung am Beregnungsaggregat muss gelöst und bewältigt werden. Gas könnte in Flaschenbündeln zum Beregnungsaggregat gebracht werden. Hier sind die einschlägigen Gefahrguttransportvorschriften zu beachten.

Der Tagesbedarf (20 Std. Laufzeit) an Biomethan wäre unter dem oben aufgeführten Beispiel ca. 55 kg (Gesamtbedarf 3335 kg CBG, dividiert durch 60 Tage).

Beregnungsanlagen werden mindestens täglich kontrolliert und könnten dann betankt werden. Zwei Gasflaschenbündel im Austausch könnten für die Betankung ausreichend sein.

Dennoch wäre der Absatz von Biomethan über Beregnungsaggregate ein Saisongeschäft. Könnte aber, je nach Konzept der sonstigen Verwertung des Biogases, in dieser Jahreszeit eine Alternative zur Verstromung sein.

Der Jahresgesamtumsatz von 3335 kg je Aggregat entspricht etwa dem Umsatz eines Gas-PKW eines Vielfahrers von 66.700 km, oder zweier Durchschnittsfahrer mit je 33.350 km Jahresfahrleistung bei einem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch von ca.5 kg CBG/100 km.

## 9.) Beispiele anderer Regionen

Innerhalb der anderen 24 Bioenergie Regionen konnten keine Ansätze zur Mobilität aus Biomethan im Schwerlastverkehr gefunden werden. (32)

In der nahe gelegenen Region Braunschweig fahren zurzeit vier LKW der Firma Scania mit 310 PS im reinen Erdgasbetrieb. Drei davon in Speditionen, die für VW unter dem Motto „Think Blue“ zwischen den Werkstandorten pendeln. Einer ist im Braunschweiger Hafendienst (Logistik XXL) im Einsatz. (33)

Zunächst wurde ein Fahrzeug von Scania aus den Niederlanden erprobt. Ab Mai 2011 lief der erste LKW für die Spedition in ständigem Betrieb. Es gibt drei öffentliche Tankstellen in Braunschweig für den PKW Bereich, an denen auch diese LKWs betankt werden können.

Der örtliche Gasversorger BS/Energy, (ein Unternehmen der Veolia Environnement) wirbt an den Gastankstellen mit:

„Bio Erdgas: Wir haben für Sie Verträge mit Biogasanlagenbetreibern geschlossen, die Bio-Erdgas in das Gasnetz einspeisen. Für jedes Kilogramm Erdgas wird die gleiche Menge Biogas in das örtliche Netz gespeist. Dadurch tanken Sie bei uns CO<sub>2</sub> neutral. Wir gehen neue Wege mit Energie“.

Dieses Beispiel zeigt, wie VW, örtlicher Gasversorger und Biogasanlagenbetreiber kooperieren. CO<sub>2</sub>-Reduktion ist hier das erklärte Ziel.

## 10.) Rechenbeispiele Kraftstoffkosten

### 10.1.)

**Bei reinen Gasmotoren** ersetzen wir keinen Kraftstoff. Hier haben wir unterschiedliche Preise der zu vergleichenden Kraftstoffe (Gas zu Benzin oder Diesel) bei Betrachtung gleicher „Arbeit.“ Ein direkter Vergleich 1:1 ist hier nicht möglich, da es sich hier nicht um umgerüstete Motoren wie bei einem im Gas-Dieselmischbetrieb handelt. (Einsatz dieser Fahrzeuge Tabelle 1)

### **Rechenbeispiel Gasmotor:**

Ein Diesel LKW wird durch einen LKW mit Gasmotor ersetzt. Die Jahreslaufleistung liegt bei beiden bei 150.000 km. Der Dieselmotor benötigt bei gleicher „Arbeit“ 30 l Diesel auf 100 km. Der Gasmotor wird mit 30 kg CBG auf 100 km veranschlagt.

**Diese 1:1-Rechnung sei unter folgenden Gesichtspunkten begründet:**

30 l Diesel mit einem Brennwert von 9,9 kWh/l ergeben → ca. 297 kWh  
 Wirkungsgrad im Dieselmotor beträgt etwa 42 % (34)  
 aus der zugeführten Leistung werden  $297 \text{ kWh} \cdot 0,42 = 124 \text{ kWh}$   
 124 kWh erzeugen wir auch durch 30 kg CBG,  
 1 kg CBG hat den Brennwert von ca. 13,80 kWh/kg,  
 Somit ständen zur Verfügung  $30 \cdot 13,80 = 414 \text{ kWh}$   
 Wirkungsgrad im Fremdzündmotor nur ca. 30 % (34)  
 aus der zugeführten Leistung werden  $414 \text{ kWh} \cdot 0,3 = 124 \text{ kWh}$

<b>Wirkungsgrade der verschiedenen Motortypen</b>	
Benzinmotor (indirekte Einspritzung)	25 - 35 %
Benzinmotor (Direkteinspritzung)	bis 37 %
Dieselmotor (Nebenbrennraum)	35 - 40 %
Dieselmotor (Direkteinspritzer)	bis 45 %
Automatik-/Schaltgetriebe	85 - 95 %

**Tabelle 4:** Wirkungsgrad verschiedener Motortypen

Der mechanische Wirkungsgrad bezieht die abgegebene auf die zugeführte Leistung. (34)

Der 1:1-Vergleich ist somit berechtigt und wir vergleichen die durchschnittlichen heutigen netto Kraftstoffpreise.

Eine Spedition rechnet mit einer Mischkalkulation aus Eigen- und Fremdbetankungen, da oft ein größerer preislicher Abstand aus Dieseleinkauf für den Betriebshof und den öffentlichen Tankstellen besteht. In diesem Beispiel wird mit einem heutigen „Mischpreis“ von 1,25 €/l Diesel gerechnet.

Bei dem Preis für das kg CBG nehmen wir den Durchschnittspreis in der Region von netto 0,887 €/kg an.

Der Preisunterschied der zwei Kraftstoffarten entspricht somit fast 30 %!

Bei der veranschlagten Kilometerjahresleistung von 150.000 und einem Kraftstoffverbrauch von 30 Litern Diesel, bzw. 30 kg Gas, ergibt sich eine Jahresersparnis von ca. 20.000,- € bei den Kraftstoffkosten je LKW.

Zu bedenken gilt: Eine LKW Neuanschaffung ist erforderlich.

**10.2.)**

Bei **einem Dieselmotor im Diesel-Gas-Mischbetrieb** wird Diesel in unterschiedlichen Anteilen durch CNG, bzw. CBG ersetzt. Der Dieselmotor bleibt der Dieselmotor und hat dadurch einen höhern Wirkungsgrad als ein Gasmotor mit Fremdzündung.

In den beiden folgenden Beispielen wird 1 Liter Diesel durch 0,70 kg CBG ersetzt. (Grundlage auch hier: Ein Diesel hat einen Brennwert von 9,9 kWh/l und CBG einen Brennwert von 14,25 kWh/kg).

Auch die Jahreslaufleistung bleibt mit 150.000 km gleich. Der ursprüngliche Dieselmotor benötigte bei gleicher „Arbeit“ 30 l Diesel auf 100 km.

**Rechenbeispiel:**

- 1.) 50 % der Energie werden durch CBG ersetzt (s. 3.2.2 Luhmann)
- 2.) 75 % der Energie werden durch CBG ersetzt (s. 3.2.2 inFinite)

Für 150.000 km, Verbrauch 30 l Diesel/100 km werden somit 45.000 Liter beim reinem Dieselmotor benötigt. Dies entspricht der Summe von 445.500 kWh aus dem Diesel. Wie auch Jahreskraftstoffkosten von 56.250 € netto, bei Annahme von einem netto „Mischpreis“ von 1,25 €/Liter im Jahresdurchschnitt.

Der Jahresdurchschnittspreis für ein kg Gas wird ebenfalls mit 0,887 € angesetzt.

	<b>Kalkulation 1.) 50 % CNG</b>	<b>Kalkulation 2.) 75 % CNG</b>
<b>kWh aus Diesel</b>	222.750	111.375
<b>kWh aus CBG</b>	222.750	334.125
<b>Liter Diesel</b>	22.500	11.250
<b>kg CBG</b>	15.632	23.447
<b>EURO für Diesel</b>	28.125	14.063
<b>EURO für CBG</b>	13.865	20.797
<b>Summe € Treibstoff</b>	41.990	34.860
<b>Summe € bei 100 % Diesel</b>	56.250	56.250
<b>Ersparnis in €</b>	14.260	21.390
<b>Ersparnis in % ca.</b>	25	38

**Tabelle 5:** Kosteneinsparung Diesel-Gas-Mischbetrieb  
 Eigene Berechnungen

Andere Berechnungen kommen von der Firma inFinite aus Österreich.

<b>Annahme Dieserverbrauch:</b>	30 Liter
<b>Substitution (Annahme vorwiegend Autobahnbetrieb)</b>	0,75 %
<b>Ersetzte Dieselmenge</b>	22,5 Liter
<b>Eingesetzte Gasmenge</b>	18,75 kg
<b>(1 kg. Gas =ca.1,2 lt. Diesel)</b>	
<b>Dieselpreisannahme</b>	1,15 € netto/Liter
<b>Erdgaspreisannahme</b>	0,79 € netto/kg
<b>Kosten für DualFuel pro 100 km</b>	23,40 €
<b>Kosten für reinen Dieselbetrieb pro 100 km</b>	34,45 €
<b>Einsparung pro Jahr bei 150.000 km</b>	16.555,00 €

**Tabelle 6:** Einsparung im Betrieb durch Kraftstoffkosten nach inFinite

Quelle: InFinite GmbH Energie, Antriebs & Umwelttechnologie (Februar 2012) (10) und eigene Berechnungen

Bei inFinite wurde im Gegensatz zu den eigenen Berechnungen mit einer geringeren Substitution, (1 kg. Gas =ca.1,2 l Diesel) von Diesel durch Gas gerechnet. Diese Werte wurden aus Versuchsergebnissen im Testbetrieb errechnet. Und lassen Rückschlüsse auf den Wirkungsgrad des getesteten Motors im Dieselbetrieb zu.

In Österreich gibt es bereits bei der Umstellung auf Gasbetrieb staatliche Förderungen von bis zu 30 % der Umrüstkosten. Zudem werden von den Gasanbietern Tankgutscheine vergeben.

### **Weitere Kosten**

Die Kostenersparnisse im Kraftstoffersatzbereich sind ein wichtiger Teil der Betrachtung. Zu einer Vollkostenrechnung benötigt man weitere Daten. Was ändert sich bei dem Einsatz eines LKW bei dem Wechsel der Kraftstoffart? Das können sein: Anschaffungskosten, Wartung- und Reparaturkosten, Ausfallzeiten, Kfz-Steuer und Versicherungen. Vielleicht könnte sich der Betankungszeitaufwand erhöhen. Die restlichen Faktoren bleiben gleich. Dieser Bereich wurde hier nicht weiter berücksichtigt, da noch keine Vergleichsstudien im Diesel-Gas-Mischbetrieb vorliegen.

Mögliche, zukünftige staatliche Förderungen für die Umstellung auf diesen fast klimaneutralen Kraftstoff Biogas sind hier ebenfalls nicht betrachtet.



## **11. Konzepte und Schlussfolgerung für eine mögliche Umsetzung**

Das Ziel der BIOENERGIEregion Wendland-Elbetal, einen hohen Anteil des in der Region erzeugten Biomethans in Verbrennungsmotoren zu nutzen, kann durch den Einsatz im Schwerlastverkehr erreicht werden.

Aus den Ergebnissen dieser vorliegenden Machbarkeitsstudie lassen sich kurzfristige und mittelfristige Ansätze ableiten.

### **Schneller Einstieg in die Gastechologie im Schwerlastbereich:**

Ein Unternehmen, das zurzeit mit Diesel LKWs fährt, sollte als Modellpartner gewonnen und dabei unterstützt werden, einen Teil der Flotte (1-3 Fahrzeuge) durch reine Gas-LKW eines Serienherstellers zu ersetzen.

Man sollte Unterstützung bei der Umstellung anbieten. Eine begleitende wissenschaftliche Studie könnte in den ersten 2-3 Jahren Daten zum Projekt erfassen und auswerten.

### **Inhalte der Umstellungshilfe:**

- Fahrzeug-Wahl
- Kontakt zu den Anbietern
- Kalkulationsberechnung der Wirtschaftlichkeit
- Betriebsplanung, Einsatz der Fahrzeuge, aber auch Betankungsvorgänge
- Optimale Tankstellen finden
- Evtl. Planung und Erstellung einer Betriebstankstelle
- Öffentlichkeitsarbeit und Werbung: CO<sub>2</sub> Reduktion, Wirtschaftlichkeit, leisere Fahrzeuge etc.

### **Inhalte der wissenschaftlichen Begleitung:**

- Erhebung der Bestandsdaten vor der Umstellung auf CBG Betrieb
- Erfassung der Einsatzbereiche mit Kostenstellen
- Dokumentation und laufende Interpretation der Felddaten (Verbrauch, Kosten, Wartungsintervalle etc.)
- Betriebswirtschaftliche Zwischenergebnisse mit der Möglichkeit der Gegensteuerung
- Reflexion der öffentlichen Wahrnehmung
- Aufarbeitung der Ergebnisse für weitere Interessenten in der Region

**Gleichzeitig ist sowohl die Entwicklung bei den Umrüstern von Dieselmotoren, also auch die Modellerweiterung der OEM für Diesel-Gas-Mischbetrieb zu beobachten!**

Anmerkungen von einem OEM-Lieferanten ließen durchblicken, dass bei der diesjährigen Internationalen Automobilausstellung im September LKWs im Gasbetrieb mit den Vorzügen des Dieselmotors vorgestellt würden...! Doch ist davon auszugehen, dass die neue Generation von Motoren im Diesel-Gas-Mischbetrieb erst in 2 bis 3 Jahren in die Serienproduktion geht.

Bis sich diese neue Technologie in den Flotten der Spediteure etabliert hat, können noch weitere 2-4 Jahre vergehen.

**Mittelfristig** ist eine Nachrüstung von bestehenden Fahrzeugen auf Gas-Dieselmischbetrieb vermutlich rentabler. Speditionen könnten den bestehenden Fuhrpark zügiger umbauen und schneller die ökonomischen Vorteile nutzen.

Deshalb könnte jetzt der richtige Zeitpunkt sein, Spediteure, Fahrzeugumrüster, Zulieferunternehmen, sowie die Ministerien für Umwelt und Wirtschaft, Stadt und Landkreis sowie Wissenschaftler in einem Projekt zusammenzubringen und einige LKWs unter den neuen rechtlichen Rahmenbedingungen umzurüsten.

Ein typischer Dieselmotor der EURO 5 Norm, wie er in Fahrzeugen einer noch zu gewinnenden Spedition genutzt wird, könnte nach den Vorgaben der Bundländerkonferenz in Zusammenarbeit mit dem TÜV Nord auf den Prüfstand kommen. Werden die geforderten Abgaswerte in den entsprechenden Bereichen erreicht, könnte eine entsprechende Einzelgenehmigung gemäß §21 der StZVO erteilt werden.

Dieser Weg, bis zur Zulassung des ersten LKW im CBG-Dieselmischbetrieb in der Region, könnte ca. ein halbes Jahr beanspruchen. Unsicherheitsfaktoren wie unklare Abgaswerte auf dem Prüfstand und Anpassung der Nachrüstung würden den Zeitplan allerdings verschieben.

Parallel zum Testbetrieb sollten die Praxisdaten dokumentiert und interpretiert werden. Mit den Erfahrungen dieser Studie könnten die Spediteure im Landkreis informiert werden. Auch die Fahrzeuglieferanten, Verkäufer und Werkstattbetreiber gehören mit in diese Aufklärungskampagne.

Weiterhin müsste die Finanzierung eines solchen Projektes gesichert sein.

## **12.) Zusammenfassung**

Die technischen und rechtlichen Möglichkeiten für Gasfahrzeuge im Schwerlastverkehr wurden untersucht. Partner für die Umstellung von Schwerlastfahrzeugen von Diesel auf Gasbetrieb wurden kontaktiert.

Alle großen Fahrzeugbauer bieten mittlerweile Erdgasmodelle an. Die Auswahl an Zugmaschinen mit Ottomotoren ist größer als bei Dieselmotoren.

Für Schlepper im Gasbetrieb sind in den nächsten 2-3 Jahren noch keine praxis-tauglichen Beispiele zu erwarten.

Berechnungsanlagen könnten relativ schnell umgerüstet werden. Jedoch sind die finanziellen Einsparungen für das Betreiben eines Berechnungsaggregates nicht so hoch, dass eine flächendeckende Umstellung zu erwarten ist.

Die Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen für das Betreiben von Motoren im Diesel-Gas-Mischbetrieb im öffentlichen Straßenverkehr hat in der Studie einen wesentlich höheren Zeitaufwand erfordert, als ursprünglich angenommen. Letztendliche Klärung konnte erst durch einen Besuch und weitere Gespräche mit Mitarbeitern der Abteilung für Wirtschaft und Verkehr des niedersächsischen Ministeriums erreicht werden.

Die Hauptfrage der Studie, nämlich ob und wie Dieselmotoren auf Biomethan umgerüstet werden können, um das in der Region erzeugte Gas alternativ zu nutzen, konnte nur teilweise geklärt werden.

Es gibt bundesweit keine Umrüster für den CNG-Dieselmischbetrieb, die mit serienreifen Lösungen auf dem Markt sind. Dies ist der bis vor kurzem unklaren Rechtslage für die Abgasnormen geschuldet. Dennoch konnten einige Umrüster besucht, bzw. kontaktiert werden. Diese können bei jetzt einheitlichen, bundesweit verbindlichen Abgaswerten ihre bisherigen Motor-konzepte prüfen lassen oder neue Ansätze erarbeiten. Eine Zulassung nach den Vorgaben der StZVO für entsprechende LKW könnte jetzt schnell erfolgen.

Bei den Speditionen und Fuhrunternehmen der Region sind die Einsatzmöglichkeiten reiner Gasfahrzeuge und die mittlerweile erreichte Modellpalette bislang nur wenig bekannt. Selbst der Unterschied der verschiedenen Gaskraftstoffe (LPG, Erdgas und Biomethan) ist vielen nicht bewusst. Trotz günstiger Bedingungen in der Region (Gastankstellen, Werbung, Öffentlichkeitsarbeit, ökologisches Bewusstsein) fährt noch kein Gas-LKW in der Region.

Wird Dieselkraftstoff durch Biomethan ersetzt, können die Kraftstoffkosten im Bereich von 25-40 % gesenkt werden.

Umrüstungen oder Neuanschaffungen können sich je nach jährlicher Kilometerleistung in schon 1,5 bis 3 Jahren amortisiert haben.

Bessere Abgaswerte, weniger Feinstaub, geringere Geräuschbelastung und Minderung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes im Betrieb von Biomethan können wichtige Marketinginstrumente werden. Speditionen werden sich zukünftig auf solche Kundenanforderungen einstellen müssen.

Spediteure, die im Rahmen der Studie befragt wurden, zeigen Interesse, bestehende Euro 5 Zugmaschinen auf CBG-Dieselmischbetrieb umzurüsten. Die Vorteile, dass die bestehende Fahrzeugflotte erhalten bleibt und ein neues Energiekonzept schneller umgesetzt werden kann, wurden von den meisten erkannt.

Das Potenzial ist groß, regional erzeugtes Biomethan in naher Zukunft im Schwerlastverkehr abzusetzen.

Ein abgestimmtes Vorgehen von Anlagenbetreibern, Tankstellen, Wirtschaftsunternehmen, Speditionen, Fahrzeugumrüstern und der niedersächsischen Landesregierung könnte im Rahmen der Bioenergie-Region Wendland-Elbetal zu einem entsprechenden Durchbruch führen.

### 13.) Quellenangaben

(1) Sitzung des Niedersächsischen Landtages am 09.12.2011 - TOP 24.  
Antwort von Verkehrsminister Jörg Bode auf die mündliche Anfrage der  
Abgeordneten Dirk Toepffer und Karsten Heineking (CDU)  
[http://www.mw.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=5459&article\\_id=101241&psmand=18](http://www.mw.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=5459&article_id=101241&psmand=18)

(2) Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix“ Quelle: Deutsche  
Energie-Agentur GmbH (dena), Stand September 2011  
[www.umwelt.niedersachsen.de](http://www.umwelt.niedersachsen.de)

(3)

a.) Herbert Knorr aus dem Bereich „Engine Research Alternative Fuels“ bei  
der MAN AG) aus der Studie “CNG as automotive fuel for Europe / CEE Is it  
possible to achieve 5 % + x market share for CNG? Necessary steps and  
actions to achieve?”, September 2010

b.) Carl A. Wagner, Senior Expert im Bereich Alternative Antriebe beim TÜV  
Saarland, in oben genannten Studie

(4) <http://www.erdgas-mobil.de/flottenkunden/iaa-nfz-spezial/>

(5) <http://www.volvotrucks.com/trucks/germany-market/de-de/trucks/volvo-fm-methanediesel/Pages/volvo-fm-methanediesel.aspx>

(6) Per mail: Holger Albermann Leiter Vertrieb, Volvo Truck Center Nord-  
West GmbH  
Niederlassung Nord

(7) <http://www.pt-elektromobilitaet.de/projekte/wirtschaftsverkehr-feldversuche/abschlussberichte-wirtschaftsverkehr/abschlussbericht-emkep.pdf>

(8) Dipl.Ing. Andreas Wegmann, Projektergebnisse „Diesel, Erdgas  
Mischbetrieb“ am 12.11.2008 Technische Universität Kaiserslautern,  
Lehrstuhl für Verbrennungskraftmaschinen Postfach 3049, 67653  
Kaiserslautern

(9) Gespräche mit A. Luhmann , Bad Essen

(10) InFinite, Dual-Fuel-Trucks Diesel Gas-System Vorstellung, Februar  
2012

(11) Aus: [www.gas24.de/cms/82-0-h--und-l-gas.html](http://www.gas24.de/cms/82-0-h--und-l-gas.html), Stand 10.5.2012

(12) <http://www.greengasgrids.eu> , hier: Overview of biomthane markets and  
regulations in partner countries, March 2012 , Autoren für den deutschen  
Markt: Axel Blume, Alexandra Lermen und Sandra Rostek von der dena.

- (13) <http://de.wikipedia.org/wiki/Erdgas#Rohrleitungen>, Stand 10.5.2012
- (14) <http://www.erdgas-mobil.de/tankstellenbetreiber/installation-wartung/>  
Stand 10.5.2012
- (15) [www.gibgas.de](http://www.gibgas.de)
- (16) [http://www.erdgas-mobil.de/fileadmin/downloads/magazin/erdgas mobil Newsletter Januar 2012.pdf](http://www.erdgas-mobil.de/fileadmin/downloads/magazin/erdgas_mobil_Newsletter_Januar_2012.pdf)
- (17) [http://biogastankstelle.de/index.php?option=com\\_content&task=view&id=17&Itemid=34](http://biogastankstelle.de/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=34)
- (18) [http://www.bioenergie-wendland-elbetal.de/fileadmin/downloads/2011 Tankstelleneroeffnung-Impressionen.pdf](http://www.bioenergie-wendland-elbetal.de/fileadmin/downloads/2011_Tankstelleneroeffnung-Impressionen.pdf)
- (19) [http://www.compair.de/Products/High\\_Pressure\\_Pistons-CNG\\_-and\\_Vehicle\\_refuelling\\_solutions--Refuelling\\_Station\\_Design.aspx](http://www.compair.de/Products/High_Pressure_Pistons-CNG_-and_Vehicle_refuelling_solutions--Refuelling_Station_Design.aspx)
- (20) <http://www.erdgas-mobil.de/tankstellenbetreiber/installation-wartung/>
- (21) [www.gastankstellen.de/Neues\\_von\\_AC\\_GF.pdf.pdf](http://www.gastankstellen.de/Neues_von_AC_GF.pdf.pdf)
- (22) <http://www.schwelm-at.de/de/geschaeftsfelder/erdgas/cng-tankstellen.html>
- (23) <http://www.bohlen-doyen.de/de/cng-tankstellenservice.html>
- (24) TÜV Nord Fachinformation 4/09 „Nachrüstung von LKW- Dieselmotoren mit Flüssiggas“, Stand vom 27.01.2009, geändert am 10.Juni 2011
- (25) Gespräche mit Herrn Sven Bies, Niedersächsisches Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Referat 43
- (26) Symposium Sauberer Transitverkehr im Rahmen des Forschungsprogramms Austrian Advanced Automotive Technology (A3) des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie **28. März 2007** Innsbruck)
- (27) Pressemitteilung der erdgas mobil GmbH Reinhardtstr. 32, D-10117 Berlin vom 21.Juli 2011
- (28) <http://www.profi.de/neuheiten/Traktoren-136-PS-Schlepper-mit-Erdgasantrieb-als-Vorserienmodell-545681.html>

(29) Persönlicher Kontakt mit Herrn Manfred Pfleger, Global Product Marketing Manager, Case IH Farmall / JX Maxxum / Profi

(30) [http://www.umwelt.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation\\_id=2710&article\\_id=7971&psmand=10](http://www.umwelt.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=2710&article_id=7971&psmand=10)

(31) Persönliches Gespräch mit Herrn Fröhlich von Dreyer und Bosse vom 27.04.12

(32) <http://www.bioenergie-regionen.de/regionen/>

(33) <http://www.blogspan.net/presse/vw-und-cotrans-geben-gas-volkswagen-und-cotrans-logistic-fahren-mit-erdgas/mitteilung/200999/>

(34) <http://www.kfz-tech.de/Formelsammlung/Wirkungsgrad.htm>

(35)  
<http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/44704/publicationFile/1328/r-115-nachruuestsysteme-fluessiggas-und-erdgas-pdf.pdf> (Stand 10.5.2012)

(36)  
<http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/44618/publicationFile/42023/r-110-antriebssystem-mit-komprimiertem-erdgas-pdf.pdf> (Stand 10.5.2012)

(37) BMVBS - KfZ-technische Vorschriften-ECE-Regelungen

(38) Amtsblatt der EU L180/53 vom 8.7.2011

Heinrich Rahlfs

Projektbeauftragter der  
Bioenergie-Region  
Wendland-Elbetal  
[www.bioenergie-wendland-elbetal.de](http://www.bioenergie-wendland-elbetal.de)

Am Kaltenmoor 17  
21337 Lüneburg

Tel.: 01431-400188  
Fax: 04131-400189  
E-Mail: [hfh.rahlfs@t-online.de](mailto:hfh.rahlfs@t-online.de)