

A Master's Thesis submitted for the degree of
"Master of Science"

supervised by

Affidavit

I, **NORBERT KOLLER**, hereby declare

1. that I am the sole author of the present Master's Thesis, "BIOMETHAN ALS KRAFTSTOFF FÜR LASTKRAFTWAGEN - EINE CHANCE FÜR DIE ÖSTERREICHISCHE BIOGASBRANCHE", 93 pages, bound, and that I have not used any source or tool other than those referenced or any other illicit aid or tool, and
2. that I have not prior to this date submitted this Master's Thesis as an examination paper in any form in Austria or abroad.

Vienna, 22.11.2017

Signature

Kurzfassung:

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Frage, ob und wie Biomethan genutzt als LKW-Kraftstoff eine mögliche Verwertungsstrategie für die österreichische Biogasbranche sein kann. Dabei werden an Hand einer spezifischen LKW-Type, die es in einer Diesel als auch Erdgas-Variante gibt, Analysen hinsichtlich technischer, energetischer, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte durchgeführt. Auf der Infrastrukturebene wird eine Erdgas- bzw. Biomethan-Gastankstelle nach denselben Kriterien untersucht. Diese Gastankstelle soll in Größe und Abgabemenge an die Bedürfnisse und Kapazitäten der österreichischen Biogasbranche angepasst sein. Das Ziel den Markt für Biomethan als LKW-Kraftstoff zu untersuchen, liegt einerseits darin, der Biogasbranche diesen neuen Verwertungspfad entsprechend aufzubereiten und andererseits – auf einer übergeordneten Ebene – damit das Erreichen der österreichischen Klimaziele im Verkehrsbereich nachhaltig zu unterstützen.

Abstract:

This master thesis explores the question, whether and how biomethane used as truck fuel can be a potential utilization strategy for the Austrian biogas industry. On the basis of a specific truck type, which exists in a Diesel as well as natural gas variant, analyzes in terms of technical, energetic, ecological and economic aspects are carried out. At the infrastructure level, a natural gas respectively biomethane filling station is examined according to the same criteria. This gas filling station should be adapted in size and quantity to the needs and capacities of the Austrian biogas industry. The objective of investigating the market for biomethane as a truck fuel is, on the one hand, to prepare the biogas industry for this new path of utilization and, on the other hand, - at a higher level - to sustainably support the achievement of the Austrian climate targets in the transportation sector.

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung	1
1.1	Ziele und Forschungsfragen	4
1.2	Methodik der Arbeit	6
1.3	Struktur der Arbeit	6
2	Klimaziele - EU und Österreich	7
2.1	Klimaziele der EU 2020 / 2030 / 2050	8
2.1.1	EU-Klimaziele für 2020	8
2.1.2	EU-Rahmen für die Klima- und Energiepolitik 2030	8
2.1.3	EU- Fahrplan CO ₂ -arme Wirtschaft bis 2050	9
2.2	Klimaziele Österreich 2020 / 2030 / 2050	11
2.2.1	Klimaziele Österreich 2020	12
2.2.2	Klimaziele Österreich 2030 / 2050	13
3	Statistische Kennzahlen - Verkehrssektor in Österreich	15
3.1	THG-Emissionen - Anteil des Straßenverkehrs	15
3.2	THG-Emissionen nach Fahrzeugkategorien	17
3.3	Anstieg der Fahrleistung	18
3.4	Flottenziele und Abgasnormen	21
3.4.1	CO ₂ -Flottenziele für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge	21
3.4.2	EURO-Abgasnormen	22
3.5	Einsatz von Biokraftstoffen	22
3.6	Ausbau der Versorgungsinfrastruktur für alternative Kraftstoffe	25
3.7	Kfz – Zulassungsstatistiken Österreich	26
4	Biogaserzeugung und -nutzung in Österreich – ein Überblick	30
4.1	Struktur der Biogaserzeugung und -nutzung in Österreich	32
4.2	Aktuelle Biomethanproduktion in Österreich	37
5	Diskussion der Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biomethan als LKW-Kraftstoff	42
5.1	Technische Faktoren	44
5.1.1	Kraftstoff Diesel vs CNG und CBM	44
5.1.2	Gasmotoren für LKW im Überblick	45
5.1.3	Gastankstelle	47
5.2	Klimaschutzfaktoren	49
5.2.1	Energiebereitstellung und THG-Emissionen Diesel vs CNG und CBM	49
5.2.2	THG - Emissionen - Einsparungspotentiale	55
5.3	Wirtschaftliche Faktoren	57
5.3.1	Kostenvergleich Diesel vs CNG vs CBM	57
5.3.2	Wirtschaftlichkeit des IVECO Eurocargo	58
5.3.3	Analyse der Wirtschaftlichkeit der Gastankstelle	63
5.4	Gründe für die mangelnde Akzeptanz der CNG-Mobilität	69
5.5	Ein Beispiel aus der Praxis – Entsorgung aus der Sicht der Stipits GmbH	71
6	Diskussion der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Ausblick	72
6.1	Ergebnisse und Schlussfolgerungen	72
6.2	Ausblick	79
7	Literaturverzeichnis	80
8	Tabellenverzeichnis	83
9	Abbildungsverzeichnis	84
10	Anhang	86

1 Einleitung

Die österreichische Biogasbranche sah bis vor kurzen schwierigen Zeiten entgegen. Viele der österreichischen Biogasanlagen standen nach dem Auslaufen der 13-jährigen Ökostromverträge vor dem finanziellen Aus.

Bereits 2014 erklärte Franz Kirchmeyer, der als Fachbereichsleiter Biogas beim Kompost & Biogas Verband tätig ist, in einem Interview: „Praktisch alle Anlagen wären derzeit ohne Förderungen mehr oder weniger konkursreif.“ Gleichzeitig wies Kirchmeyer aber auch auf das Potential von Biogas im Verkehrssektor hin, wobei das Biogas dazu auf Erdgasqualität zu reinigen ist und als Biomethan bezeichnet wird. Zudem forderte Kirchmeyer eine Verlängerung der Ökostromverträge von 13 auf 20 Jahren¹. Der Gesetzgeber griff die virulente Problematik aber erst Mitte 2017 auf und es kam zu einer Novellierung des Ökostromgesetzes, wodurch nun Nachfolger Tarife bis längstens 31.12.2021 gesichert sind. Im Vorfeld dazu gab es aber noch massive Protestkundgebungen durch die Biogasbranche flankiert durch die gesamte Szene der erneuerbaren Energien².

Auch wenn durch die Verlängerung der Ökostromtarife eine gewisse Entspannung eingetreten ist, muss sich die Biogasszene in Österreich auf neue, stabile Verwertungsstrategien vorbereiten.

Gemäß dem Ökostrombericht 2016 belief sich die Anzahl der anerkannten Ökostromanlagen auf Biogasbasis auf 392³. Davon haben 15 Anlagen⁴ auf die Produktion von Biomethan umgestellt. Biomethan ist aufbereitetes und gereinigtes Biogas und chemisch gesehen mit Erdgas gleichzusetzen. In komprimierter Form (CBM) stellt dies eine aus ökologischer Sicht interessante Kraftstoffalternative zu Erdgas bzw. CNG und vielmehr noch zu Diesel bzw. Benzin dar und wäre eine – keineswegs unbekannte – mögliche Verwertungsstrategie für die Zukunft.

CNG als Kraftstoff weist bereits wesentlich bessere Emissionswerte (CO₂, weitere Kohlenwasserstoffe, NO_x, SO₂, Rußpartikel) auf, was sich beim Einsatz von CBM noch weiter ausbauen ließe⁵. Somit könnte CBM einen signifikanten Beitrag zu den

¹ http://www.energynewsmagazine.at/de/biogas+%22wir+sind+erst+am+anfang%22_n4162 [07.10.2017]

² <http://www.kompost-biogas.info/wer-oekostrom-abdreht-dreht-atomstrom-auf-2/> [07.10.2017]

³ E-Control: „Ökostrombericht 2016“, Seite 45; 2016

⁴ <http://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/> [07.10.2017]

⁵ <http://www.erdgasautos.at/umwelt/saubere-alternative/> [07.10.2017]

österreichischen Klimazielen im Verkehrsbereich leisten.

Abbildung 1 zeigt nun die sektorale Aufteilung sowie die Änderungsrate (1990-2015) der österreichischen THG-Emissionen.

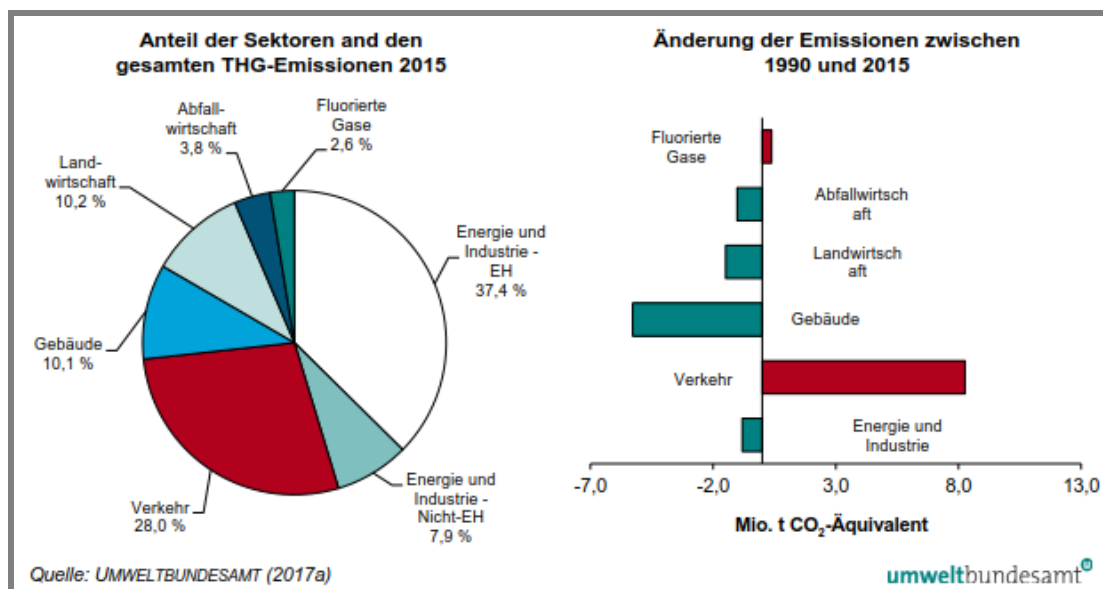


Abbildung 1: Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2015 und Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2015

Quelle: Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2017

Der Verkehrssektor - mit einem Anteil von 28% (od. 22,1 Mio. t CO₂-Äqu.) an den gesamten THG-Emissionen - schneidet hinsichtlich der Veränderungsrate +60% (od. +8,3 Mio. t CO₂-Äqu.) weitaus am schlechtesten ab. Immerhin kann seit 2005 dazu ein gegenläufiger Trend beobachtet werden. Im Zeitraum seit 2005 reduzierten sich die THG-Emissionen im Verkehrssektor um 2,6 Mio. t CO₂-Äqu.⁶, obwohl dieser Wert 2014 noch bei 2,9 Mio. t CO₂-Äqu.⁷ lag.

Geht man im Verkehrsbereich noch einen Schritt tiefer, so hält der Klimaschutzbericht 2017 fest, dass 98,9% (od. 21,8 Mio. t. CO₂-Äqu.) dem Straßenverkehr zuzuordnen sind. Der darin enthaltene Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (Fahrzeugklasse N3 > 12 t Gesamtgewicht), auf die sich diese Arbeit fokussiert, beläuft sich auf 8,1 Mio. t CO₂-Äqu., was einer Steigerung gegenüber 1990 um + 150% entspricht⁸.

⁶ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 50; 2017

⁷ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2016“, Seite 37; 2016

⁸ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 97, 102; 2017

Eine erste Einordnung der THG-Einsparungspotentiale durch den Einsatz von Biomethan als Kraftstoff (CBM) ergibt sich aus einer Studie des Umweltbundesamt. Ausgehend von Lebenszyklusanalysen (LCA) entlang der Produktionskette von Fahrzeugen und Treibstoffen bis hin zum Betrieb, die in der Studie „Ökobilanz alternativer Antriebe - Elektrofahrzeuge im Vergleich“ angestellt wurden, ergeben sich klare Vorteile des CNG-Antrieb bei 100% Biomethanverwendung gegenüber den fossilen Kraftstoffen im PKW-Bereich. Hier schneiden CNG-Antriebe mit Biomethan fast so gut ab, wie Elektrofahrzeuge, die mit Ökostrom betrieben werden. Der fossile CNG-Antrieb liegt in dieser Zusammenfassung interessanterweise sogar über dem Diesel-Antrieb, was trotz der Vorteile in den direkten Emissionen (Verbrennung im Motor) am höheren Anteil in der Energiebereitstellung liegt⁹. Dieser Befund lässt erwarten, dass der CBM-Antrieb im Nutzfahrzeugbereich ähnliches Potential hat.

Auf Basis der umfangreichen WTW („Well-to-Wheel“) -Studien des EU Joint Research Centre (JRC/JEC)¹⁰ konstatiert die Deutsche Energieagentur der Nutzung von CNG bzw. CBM für LKWs ebenfalls hohes THG-Einsparungspotential gegenüber dem Referenzkraftstoff Diesel.

- CNG: + 2% bis –15%
- CBM: - 60% bis – 94%

Zudem wird darauf hingewiesen, dass die CBM-Nutzung als Treibstoff die Möglichkeit erschließt, regionale Stoffkreisläufe aufzubauen und dadurch auch regionale Wertschöpfung zu fördern¹¹.

So vielversprechend nun ein erster Blick auf die THG-Reduktionspotentiale von CBM (CNG) wirkt, so ernüchternd ist der Blick auf die österreichische KfZ-Zulassungsstatistik der Statistik Austria¹². Gerade einmal 0,1% betrug der Anteil an CNG-Fahrzeugen (im PKW-Bereich) mit Ende 2016 mit stagnierender Tendenz zu 2015. Im LKW – Bereich betrug der Bestand mit Ende 2016 440.368 Fahrzeuge (6,6% Anteil am Gesamtfahrzeugbestand), davon gehören 41.006 in die Klasse N3 (über 12t Gesamtgewicht). Eine Aufschlüsselung der Antriebsarten im LKW-Bereich

⁹ Umweltbundesamt: „Ökobilanz alternativer Antriebe-Elektrofahrzeuge im Vergleich“, Seiten 121; 2014

¹⁰ <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/> [08.10.2017]

¹¹ Deutsche Energieagentur, „Nachhaltige Mobilität mit Erdgas und Biomethan“, Seite 11; 2016

¹² https://www.statistik.at/web-de/statistiken/energie_umwelt_innovation_mobilitaet/verkehr/strasse/kraefffahrzeuge_-_bestand/index.html [08.10.2017]

liefert die Statistik Austria allerdings nicht.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in den Themenkomplexen

- Kraftstoff Biomethan als eine zusätzliche Verwertungsstrategie für die österreichische Biogasszene,
- Klimaziele im Verkehrsbereich und den
- ökologische Potentiale für Biomethan als (LKW)-Kraftstoff

eine hohe Aktualität liegt. Obwohl es so erscheint, dass CNG-Fahrzeuge trotz ausgereifter Antriebskonzepte und entsprechender Modellauswahl von den österreichischen Nutzern – seien es Private oder Betriebe – kaum wahrgenommen werden. Dies kann aber auch als Chance für die Zukunft gesehen werden.

1.1 Ziele und Forschungsfragen

Das Hauptziel dieser Arbeit ist es zu analysieren, ob „Biomethan als LKW-Kraftstoff“ eine lohnende Verwertungsstrategie für die österreichische Biogasbranche sein kann. Dabei sollen förderliche als auch hinderliche Faktoren identifiziert werden, um daraus Rahmenbedingungen abzuleiten, ob und wie dieser Ansatz umgesetzt werden kann. Diese Rahmenbedingungen sollen aus dem Blickwinkel der österreichischen Biogasbranche beschrieben werden.

Der Grund für die Fokussierung auf LKW-Bereich liegt in folgenden Überlegungen:

- Es finden sich im LKW-Bereich mittlerweile genügend Modelle namhafter Hersteller, die auch in der Fahrzeugklasse N3 ausgereifte CNG-Alternativen anbieten. Würden diese Modelle im verstärkten Maße mit Biomethan betrieben werden, wäre dies ein substantieller Beitrag zur Erreichung der Klimaziele im Verkehrssektor.
- Das nötige Biomethan wird in Österreich bis auf wenige Ausnahmen durch die kleinstrukturierte Biogasbranche zur Verfügung gestellt. D.h. ein Anstieg auf der Bedarfsseite käme dieser unmittelbar zu Gute, sofern auch die Betankungen vorrangig selbst von den Biogasanlagen angeboten werden würde.
- Auf Grund ihrer regionalen Vernetzung hätten nun Biogasbetreiber die Chance umliegenden Wirtschaftsbetrieben mit Transportbedürfnissen hier ein Angebot zu machen.
- Zu guter Letzt soll angemerkt werden, dass ein CNG-LKW mindestens die 3-fache Menge an Kraftstoff bei einem Tankvorgang abnimmt als ein durchschnittlicher CNG-PKW. Gelingt es einem Biogasbetreiber sich eine

entsprechende „LKW-Stammkundschaft“ aufzubauen, wäre ein gewisser Grundumsatz gesichert.

Die Forschungsfragen gliedern sich vor diesem Hintergrund in die Hauptforschungsfrage und zusätzlichen Forschungsfragen, die den Themenbereich „Biomethan als LKW-Kraftstoff“ abrunden sollen.

Hauptforschungsfrage:

Unter welchen Rahmenbedingungen ist der Einsatz von Biomethan als Kraftstoff für LKWs möglich?

Dabei werden folgende Faktoren diskutiert:

- Technische Faktoren
- Wirtschaftliche Faktoren
- Klimaschutzfaktoren
- Mögliche Gründe für die mangelnde Akzeptanz der CNG-Mobilität

Konkret stehen zur Beantwortung der Hauptforschungsfrage zwei Ansätze im Mittelpunkt:

- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer Gastankstelle, die unmittelbar an eine Biogasanlage angeschlossen ist. Es gilt dabei herauszufinden, ab welcher verkauften Menge Biomethan und zu welchem Verkaufspreis die Gastankstelle wirtschaftlich zu betreiben ist.
Wie viele „standardisierte“ LKW-Kunden es weiters dazu braucht und welche Biomethankapazität die Biogasanlage benötigt, um den theoretisch nötigen Absatz auf Kundenseite zu bedienen.
- Energetische, ökologische (THG-Emissionen) und wirtschaftliche Evaluierung eines modernen Serien- CNG-LKW, den es in möglichst identischer Ausprägung in einer Dieselvariante aktuell am Markt (Österreich) gibt.

Zusätzliche Forschungsfragen:

Um hier den Blickwinkel auf die österreichische Biogasbranche noch zu schärfen, soll noch, wie folgt beleuchtet werden.

Welche THG-Einsparung wäre mit der vollkommenen Ausschöpfung des in Österreich produzierten Biomethans durch LKWs möglich?
Welche THG-Einsparung wäre mit der vollkommenen Ausschöpfung des theoretischen Biomethanpotentials durch LKWs möglich?

Ziel der Arbeit ist es aber nicht, ein vollständiges Business-Modell zu entwickeln, da die spezifischen Rahmenbedingungen bei den jeweiligen Biogas-Anlagenbetreibern zu unterschiedlich sind. Ziel ist es ebenfalls nicht Biogas-Anlagenbetreibern Empfehlungen zu geben, ob sie allenfalls einen Substratwechsel angehen sollten oder welche Arten von Biogasreinigungssystemen zu bevorzugen wären.

1.2 Methodik der Arbeit

Die Forschungsfragen sollen über die Analyse der angeführten Faktoren diskutiert und mit entsprechenden Literaturrecherchen, eigenen Wirtschaftlichkeitsberechnungen (Gastankstelle), Kostenvergleichen (CNG/CBM-LKW vs. Diesel-LKW) und Gegenüberstellungen (Energieeinsatz, THG-Emissionen, Kraftstoffverbrauch) hinterlegt werden. Ergänzend wird ein Interview mit einem Biogasbetreiber, der eine Biomethanaufbereitungsanlage mit angeschlossener Gastankstelle betreibt und selbst CNG-LKWs im Einsatz hat, durchgeführt.

1.3 Struktur der Arbeit

Die inhaltliche Gliederung der Arbeit entlang der einzelnen Kapitel stellt sich wie folgt dar:

- Kapitel 1 ist der Einleitung hinsichtlich der Aktualität der Themenwahl, Darlegung der Forschungsfrage sowie Methodik und Struktur gewidmet.
- In Kapitel 2 werden die Klimaziele auf europäischer und nationaler Ebene (Österreich) diskutiert.
- Im Kapitel 3 wird ausgehend von den übergeordneten Klimazielen der aktuelle Status im Verkehrsbereich umfassend beleuchtet. Dabei liegt ein besonderer Fokus auf dem LKW-Bereich und dem aktuellen Einsatz von Biokraftstoffen.
- Das Kapitel 4 gibt einen Einblick in die österreichische Biogasszene und

widmet sich dabei besonders dem Bereich der Biomethanproduktion.

- Im Kapitel 5 werden die Forschungsfragen gemäß der angegebenen Faktoren im Detail aufgearbeitet und besprochen.
- Das Kapitel 6 schließt die vorliegende Arbeit mit einer Ergebnisdiskussion und Empfehlungen, die daraus abgeleitet werden können.

2 Klimaziele - EU und Österreich

Diskutiert man Klimaziele im Verkehrsbereich, kann man diese nicht isoliert betrachten. Vielmehr sind sie ein integrierter Bestandteil dieser. Ebenso wenig wäre es zulässig, Klimaziele ausschließlich auf nationaler Ebene zu betrachten, denn Emissionen kennen bekanntlich keine Grenzen.

So soll zur Einstimmung ein Blick auf das Pariser Klimaabkommen bzw. auf globale Daten geworfen werden. Die zwei wesentlichsten Kernbotschaften des Pariser Klimaabkommens lauten¹³:

- Der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur soll möglichst deutlich unter 2°C gegenüber dem vorindustriellem Niveau liegen bzw. sollen Anstrengungen unternommen werden, den Anstieg auf 1,5°C zu limitieren. (Artikel 2.1 a)
- Um dieses Ziel zu erreichen, sind Anstrengungen zu setzen, dass die weltweiten THG-Emissionen so bald wie möglich ihren Höchststand erreichen, wobei den Entwicklungsländern dafür mehr Zeit eingeräumt wird. In der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts soll eine Balance zwischen anthropogenen Emissionsquellen und entsprechenden Emissionsenken im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bestehen. (Artikel 4.1)

Das Abkommen gilt dann als ratifiziert, wenn zumindest 55 Länder dem Abkommen beitreten, sofern diese Länder für mindestens 55% der weltweiten Emissionen verantwortlich zeichnen (Artikel 21.1). Dieses Ziel wurde per 04. Nov. 2016 erreicht. Die EU und damit auch Österreich ratifizierte das Abkommen am 05.10.2016.

Die globalen THG-Emissionen standen 2010 gemäß IPCC¹⁴ bei 49 Giga t CO₂-Äqu. und dabei fielen 14% auf den Verkehrssektor. IPCC identifizierte in diesem Zusammenhang Wirtschaftswachstum und Bevölkerungsanstieg als die wichtigsten

¹³ UNO: „Pariser Klimaabkommen“, 2015, Seiten 3,4, 23; 2015 (abzurufen unter http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php [09.10.2017])

¹⁴ IPCC steht für Intergovernmental Panel on Climate Change (www.ipcc.ch)

treibenden Schlüsselfaktoren¹⁵. Auch wenn der Datenstand (2010) nicht mehr ganz aktuell ist, soll damit auch die Größenordnung zu den österreichischen THG-Emissionen (78,9 Mio. t CO₂-Äqu.¹⁶) hergestellt werden.

Exkurs CO₂-Äquivalent: Im IPCC Fourth Assessment Report (2007)¹⁷ wurden Umrechnungsfaktoren¹⁸ für die drei wichtigsten Treibhausgase,

- CO₂ – Kohlendioxid (Faktor 1)
- CH₄ – Methan (Faktor 25)
- N₂O – Lachgas (Faktor 298)

definiert bzw. auf Kohlendioxid normiert. D.h. Methan hat z.B. einen 25-fach größeren Einfluss auf die Erderwärmung als Kohlendioxid.

Damit kann die Wirkung (auf 100 Jahre) dieser Treibhausgase in einer Zahl – Masseneinheit CO₂-Äquivalent – für konsolidierte Bilanzen abgebildet werden.

2.1 Klimaziele der EU 2020 / 2030 / 2050

2.1.1 EU-Klimaziele für 2020

Die verbindlichen Klimaziele für das Jahr 2020 auf EU-Ebene lauten nun, wie folgt:

- Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch von 20% / Subziel für den Verkehrssektor 10%
- Reduktion der Treibhausgas (THG)-Emissionen um 20% bezogen auf das Referenzjahr 1990
- Erhöhung der Energieeffizienz um 20% im Vergleich zu einem „business as usual (BAU)“ - Szenario

Nach Einschätzung des Umweltbundesamtes ist die EU am Weg, die 2020-Ziele zu erreichen. Für die kommenden Klimazielsetzungen (2030/2050) erfordert es aber einen deutlich steileren Reduktionspfad¹⁹.

2.1.2 EU-Rahmen für die Klima- und Energiepolitik 2030

Um u.a. den Vorgaben des Pariser Klimaabkommens zu entsprechen, wurden auf Basis der 2020-Ziele, Nachfolgeziele für 2030 formuliert, die im Oktober 2014 von den europäischen Staats- und Regierungschefs angenommen wurde.

¹⁵ IPCC: „Climate Change 2014, Synthesis Report“, Seiten 46, 47; 2015

¹⁶ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 45; 2017

¹⁷ <http://www.ipcc.ch/report/ar4/> [09.10.2017]

¹⁸ EU-Kommission / Joint Research Center: „Well-to-Tank Report Version 4.a“, Seite 17; 2014

¹⁹ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 35; 2017

Die wesentlichen Eckpunkte dieser Energiestrategie 2030 lauten²⁰:

- Verringerung der THG-Emissionen um mindestens 40% gegenüber 1990
Dieses Ziel besteht wiederum aus 2 Komponenten:
 - Jene Wirtschaftszweige (z.B. Energiewirtschaft), die dem EU-Emissionshandelssystem (EHS) unterliegen, müssen ihre THG-Emissionen um 43% gegenüber 2005 senken.
 - Jene Wirtschaftszweige (z.B. Verkehr), die dem EU-Emissionshandelssystem (EHS) nicht unterliegen, müssen ihre THG-Emissionen um 30% gegenüber 2005 senken. Diese Komponente wird an Hand des Pro-Kopf BIP jedem EU-Mitglied unterschiedlich zugeteilt. (Im Zuge dessen soll das EU-Emissionshandelssystem auch reformiert werden.)
- Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch von 27%
Allerdings gilt dieses Ziel nur auf EU-Ebene verbindlich und wird nicht mehr in nationale Gesetze übergeführt. Ein eigenes Subziel für den Verkehrsbereich wie bei den 2020-Zielen wurde nicht formuliert.
- Erhöhung der Energieeffizienz um 27% im Vergleich zu einem „business as usual (BAU)“ – Szenario, wobei 2020 überprüft werden soll, ob eine Steigerung auf 30% möglich wäre, was lt. Umweltbundesamt²¹ von den EU-Energieministern unterstützt wird. Es fehlt aber die Verbindlichkeit dieser Vorgabe und wird daher ebenfalls nicht in nationale Gesetze übergeführt.

Ähnlich konzipiert ist der sogenannte „Fahrplan zu einer CO₂-armen Wirtschaft“, der, bereits 2011 publiziert, und SOLL-Ziele für 2050 definiert.

2.1.3 EU- Fahrplan CO₂-arme Wirtschaft bis 2050

Im Strategiepapier „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“ definiert die EU ihre Ziele bis 2050. Darin wird der Klimawandel unmissverständlich anerkannt und ein kohärentes Handeln innerhalb der Mitgliedsstaaten sowie der einzelnen Wirtschaftszweige gefordert²².

²⁰ EU-Kommission: „Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030“, Seiten 6-9; 2014 (CELEX-Nr. 52014DC0015)

²¹ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 35; 2017

²² EU-Kommission: „Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“, Seiten 1, 6-8; 2011 (CELEX-Nr. 52011DC0112)

Das Kernziel bezieht sich einzig auf den Ausstoß der THG-Emissionen:

- Verringerung der THG-Emissionen um -79 bis – 82 % gegenüber 1990
Darin wird auch ein – 60 % Etappenziel für 2040 angegeben.
Dem Verkehr wird zudem ein Reduktionspotential von – 54 bis – 67 % zugewiesen.
Der Bereich Stromerzeugung (nur auf den CO₂-Ausstoß bezogen) soll bis 2050 sogar auf nahezu 0 % kommen.

Im Verkehrsbereich werden auf Maßnahmenebene folgende Schwerpunktthemen formuliert:

- Bessere Fahrzeugeffizienz durch technologischen Fortschritt
- Einsatz umweltschonender Kraftstoffe und Antriebe, mit dem Hinweis auf Biokraftstoffe der 2. und 3. Generation.
- Bessere Nutzung von Netzen
- Sicherer Betrieb durch Informations- und Kommunikationssysteme

Ergänzend zum Verkehrsbereich sei noch angemerkt, dass seitens der EU ein verbindlicher Rechtsrahmen zur Typengenehmigung von PKW, LKW und Bussen existiert (Abgasnormen EURO 1-6) und weitere verbindliche CO₂-Flottenverbrauchsvorgaben für Hersteller von PKW und leichte Nutzfahrzeugen in Kraft sind, deren Ziel es ist, die THG-Emissionen im Verkehrssektor einzudämmen²³.

²³ https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles_de [10.10.2017]

2.2 Klimaziele Österreich 2020 / 2030 / 2050

Zur besseren Einordnung der Klimaziele sollen in Tabelle 1 die wesentlichen Energieverbrauchszahlen inkl. der Detailzahlen für erneuerbare Energieträger sowie des Verkehrssektor zusammengefasst werden.

Tabelle 1: Ausgewählte Kennzahlen - Energieverbrauch gesamt inkl. Verkehr

Jahr	Bruttoinlandsverbrauch ²⁴	Energetischer Endverbrauch ²⁵	Anteil Verkehrssektor	% Verkehr/EE
1970	797	567	112	19,75%
1990	1.052	762	209	27,43%
2000	1.224	937	293	31,27%
2010	1.454	1.117	369	33,03%
2014	1.374	1.055	366	34,69%
2015	1.409	1.087	378	34,77%
EE...Energetischer Endverbrauch				
Werte in Petajoule (PJ)				
Quelle: Statistik Austria²⁶				

Gemessen am Ausgangsjahr 1970 hat sich der Energieverbrauch in Österreich ungefähr verdoppelt, wobei seit 2010 ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist. Der Verkehrssektor beansprucht dabei in Bezug auf den energetischen Endverbrauch seit 2010 jeweils ein gutes Drittel.

²⁴ Bruttoinlandsverbrauch = Inländische Erzeugung + Importe +/- Lagerstandsveränderungen - Exporte

²⁵ Energetischer Endverbrauch = Bruttoinlandsverbrauch –Umwandlungseinsatz + Umwandlungsausstoß - Verbrauch Sektor Energie - Nichtenergetischer Verbrauch

²⁶ Statistik Austria, Energiebilanzen Österreich 1970 - 2015

Dieselben Maßzahlen in Bezug auf erneuerbare Energieträger sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Ausgewählte Kennzahlen - Energieverbrauch erneuerbarer Energieträger inkl. Verkehr

Jahr	Brutto- inlandsverbrauch	Energetischer Endverbrauch	Anteil Verkehrssektor	% Verkehr/EE
1970	123	k.A.	k.A.	x
1990	211	k.A.	k.A.	x
2000	277	k.A.	k.A.	x
2010	385	360	k.A.	x
2014	408	371	30	8,09%
2015	411	384	34	8,85%
EE...Energetischer Endverbrauch				
Werte in Petajoule (PJ)				
Quelle: Statistik Austria²⁷				

Betrachtet man wiederum den Energieverbrauch 1970 - 2015, so hat sich dieser im Bereich der erneuerbaren Energieträger fast vervierfacht. D.h. die Rolle der erneuerbaren Energien zur Verbrauchsabdeckung in Österreich hat sich doch wesentlich verändert. Mittlerweile sind im Verkehrsbereich ebenso relevante Anteile erneuerbarer Energieträger (vorrangig Biokraftstoffe) festzustellen.

2.2.1 Klimaziele Österreich 2020

Abgeleitet von den EU-2020-Zielen werden nun die spezifisch für Österreich geltenden 2020-Ziele und der aktuelle Stand der Zielerreichung ausgeführt.

- Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch²⁸ von 34% (EU-Ziel: 20%)
In dieser Vorgabe ist auch ein Subziel für den Verkehrsbereich formuliert, nämlich ein Anteil von 10% an einzusetzenden, erneuerbaren Energieträgern.
- Reduktion der Treibhausgas (THG)-Emissionen um 20% bezogen auf das Referenzjahr 1990
- Erhöhung der Energieeffizienz um 20%, was sich für Österreich in einer Stabilisierung des Endenergieverbrauchs auf 1.050PJ als Zielgröße niederschlägt.

²⁷ Statistik Austria, Energiebilanzen Österreich 1970 - 2015

²⁸ Bruttoendenergieverbrauch = Energetischer Endverbrauch + Verbrauch Sektor Energie + Transport- und Leitungsverluste

Der aktuelle Status der österreichischen 2020- Klimaziele (Datenstand 2015)²⁹ sieht nun folgendermaßen aus:

- Anteil der erneuerbaren Energiequellen am Bruttoendenergieverbrauch: 32,8%
Subziel Verkehrssektor (Quote der Biokraftstoff-Beimischung): 8,9%
- Im Vergleich zum Referenzjahr stiegen die gesamten THG-Emissionen um 0,1% auf 78,9 Mio. t. CO₂-Äqu. Jener Bereich, der nicht dem Emissionshandel unterliegt, wie z.B. der Verkehrssektor, lag bei 49,3 Mio.t. CO₂-Äqu.
- Steigerung der Energieeffizienz bzw. energetischer Endenergieverbrauch: 1.087PJ (Ausblick 2016: ca. 1.120PJ)

Die rechtliche Basis für diese Ziele wird durch folgende nationale Gesetzesmaterien³⁰ abgedeckt:

- Ziel – Anteil erneuerbare Energie:
Die entsprechende EU-Richtlinie RL 2009/28/EG wurde in unterschiedlichen Gesetzeswerken (z.B. Kraftstoffverordnung, Ökostromgesetz 2012,...) sowohl auf Bundes- als auch Landesebene verarbeitet.
- Ziel – THG-Emissionen:
Die THG-Emissionen sind initial im sogenannten Klimaschutzgesetz (BGBl. I Nr. 106/2011) und dessen Novelle (BGBl. I Nr. 94/2013) geregelt. Die aktuellen, angepassten Referenzwerte (Stand 2015) sind im BGBl. I Nr. 128/2015 festgehalten.
- Ziel – Energieeffizienz:
Dieser Bereich wird durch das Energieeffizienzgesetz (BGBl. I Nr.72/2014) abdeckt.

2.2.2 Klimaziele Österreich 2030 / 2050

Hat die EU bereits für 2030 verbindliche Ziele gesetzt, so fehlt aus nationaler Sicht noch ein entsprechender Strategierahmen. Der Prozess dazu wurde aber immerhin im Frühjahr 2016 mit dem „Grünbuch für eine integrierte Energie- und Klimastrategie“ und einem darauf fußenden, aufwendigen Konsultationsprozess mit relevanten Stakeholdern in Gang gesetzt³¹. Geplant wäre, dass daraus eine akkordierte Strategie entwickelt wird, die im Sommer 2017 beschlossen werden

²⁹ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seiten 31, 32, 48; 2017

³⁰ Alle Gesetzestexte sind unter <https://www.ris.bka.gv.at> abrufbar

³¹ <https://www.konsultation-energie-klima.at/> [10.10.2017]

sollte, was allerdings bislang nicht passierte.

Ein Zielwert für 2030 für Österreich ist mittlerweile bekannt:

Verringerung der THG-Emissionen um mindestens 36% gegenüber 2005 im Nicht-EH-Sektor, was mit dem 30%-Ziel auf EU-Ebene korrespondiert.

In absoluten Zahlen bedeutet dies eine Reduktion um 12,9 Mio. t CO₂-Äqu. verglichen mit dem Stand 2015³².

Sind bereits die 2020-Ziele nicht ohne zusätzliche Maßnahmen erreichbar, so rückt das 2030-Ziel (THG) ohne zusätzliche Anstrengungen in weite Ferne.

Die folgende Abbildung 2 untermauert dies klar und deutlich.

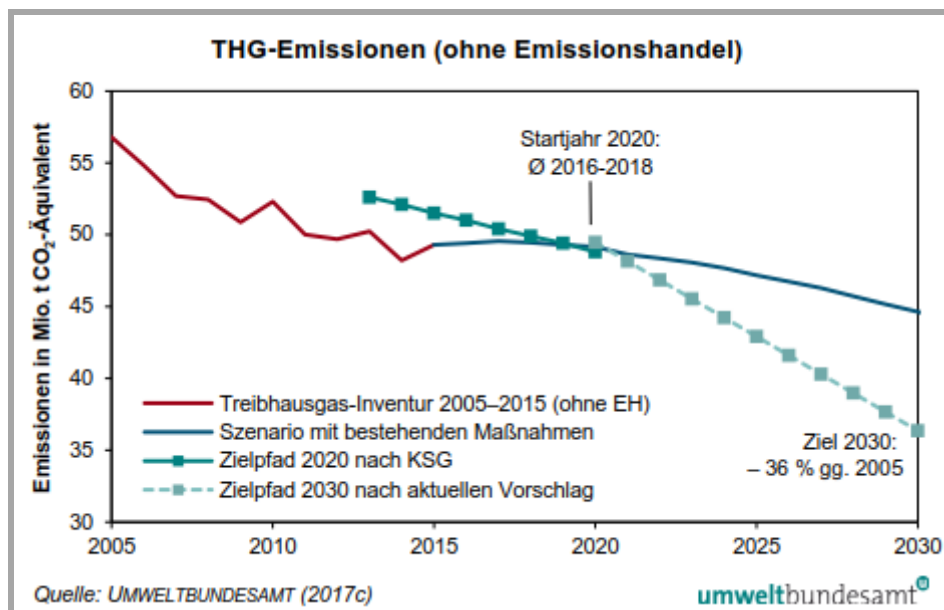


Abbildung 2: WEM-Szenario: Entwicklung der THG-Emissionen bis 2030 (ohne EH)
Quelle: Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2017

Die wesentlichen Kennzahlen, Zielwerte und Trends für den Bereich Klimaziele auf europäischer und österreichischer Ebene sind hiermit dargestellt.

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass man mit der Perspektive auf 2050 auf allen Ebenen ambitionierte Maßnahmen zur Eindämmung der THG-Emissionen zu setzen hat.

³² Umweltbundesamt: "Klimaschutzbericht 2017", Seite 40; 2017

3 Statistische Kennzahlen - Verkehrssektor in Österreich

Die aktuelle Kfz-Zulassungsstatistik wurde bereits im Kapitel 1 angerissen. Um einen differenzierteren Status im Verkehrsbereich und insbesondere jenen des in der Forschungsfrage angesprochenen Schwerverkehrs herauszuarbeiten, ist nun ein vertiefender Blick nötig.

Um nun die 22,1 Mio. t CO₂-Äqu. THG-Emissionen im Verkehrsbereich in Bezug auf die Klimaziele einzuordnen, sind unterschiedliche Blickwinkel einzunehmen.

3.1 THG-Emissionen - Anteil des Straßenverkehrs

Im Klimaschutzgesetz (i.d. Fassung BGBl. I Nr. 128/2015) sind jährliche sektorale Höchstmengen auf dem Weg zum Zielwert 2020 definiert. Dieser liegt für das Jahr 2015 bei 22,2 Mio. t CO₂-Äqu.³³ Damit wurde die Zielvorgabe für 2015 sogar leicht unterschritten. 2020 sollen die THG-Emissionen im Verkehrsbereich allerdings nur mehr 21,7 t Mio. CO₂-Äqu. ausmachen.

Hauptverantwortlicher für die THG-Emissionen im Verkehrssektor ist eindeutig der Straßenverkehr. 98,9%³⁴ der THG-Emissionen sind diesem Segment zuzurechnen. Die restlichen 1,1% entfallen auf Bahn-, Schiff-, und nationalem Flugverkehr sowie auf militärische Geräte.

Damit zeichnet der reine Straßenverkehr für 21,8 Mio. t CO₂-Äqu. verantwortlich.

Exkurs: Zur Methodologie der THG-Emissionsberechnung im Straßenverkehr³⁵ u.a. zur offiziellen, jährlichen Meldung des Emissionsstatus betreffend der Klimazielvorgaben an die EU³⁶.

Sehr verkürzt ausgedrückt, werden 2 Ansätze gegenübergestellt und miteinander verrechnet:

- „Bottom up – Ansatz“, der sich auf den Treibstoffkonsum bezieht.
- „Top down – Ansatz“, der sich auf den Treibstoffverkauf bezieht.

(Aus der Differenz wird der Kraftstoffexport abgeleitet.)

In das Verrechnungsmodell (NEMO-Network Emission Model) werden folgende Inputdaten verwendet:

- Fahrzeuganzahl in den jeweiligen Kategorien (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Mopeds und Motorräder, Busse) aufgeteilt in Motortypen,

³³ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seiten 52; 2017

³⁴ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seiten 97; 2017

³⁵ Umweltbundesamt: „Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2017“, Seiten 221-223; 2017

³⁶ Gemäß EU-Direktive 2016/2284

Hubraumklassen und Fahrzeuggewicht

- Emissionsfaktoren der Fahrzeuge basierend auf deren Erstregistrierung
- Passagieranzahl / Fahrzeug und Beladung / Fahrzeug
- Optional – entweder Treibstoffkonsum (Benzin/Diesel) oder durchschnittliche Fahrleistung (km/Jahr) pro Fahrzeug.

Daraus werden folgende Werte berechnet:

- Fahrleistung per Fahrzeug km/Jahr und der gesamte Treibstoffverbrauch
- Summe der gesamten Fahrleistung über alle Fahrzeuge
- Summe an Personenkilometer (Pkm) und Tonnenkilometer (tkm)
- Spezifische Emissionswerte hinsichtlich Flottenverbrauch
- Summe aller Emissionen (nicht nur THG) und gesamter Energieverbrauch im Transportsektor

Eine tiefere Betrachtung würde hier aber den Rahmen sprengen. Es werden aber obige Input- und Outputkategorien auf den folgenden Seiten immer wieder aufscheinen.

3.2 THG-Emissionen nach Fahrzeugkategorien

Die Abbildung 3 gibt einen guten Überblick über die zeitliche Entwicklung und den Anteil der Fahrzeugkategorien betreffend der THG-Emissionen im Straßenverkehr³⁷.

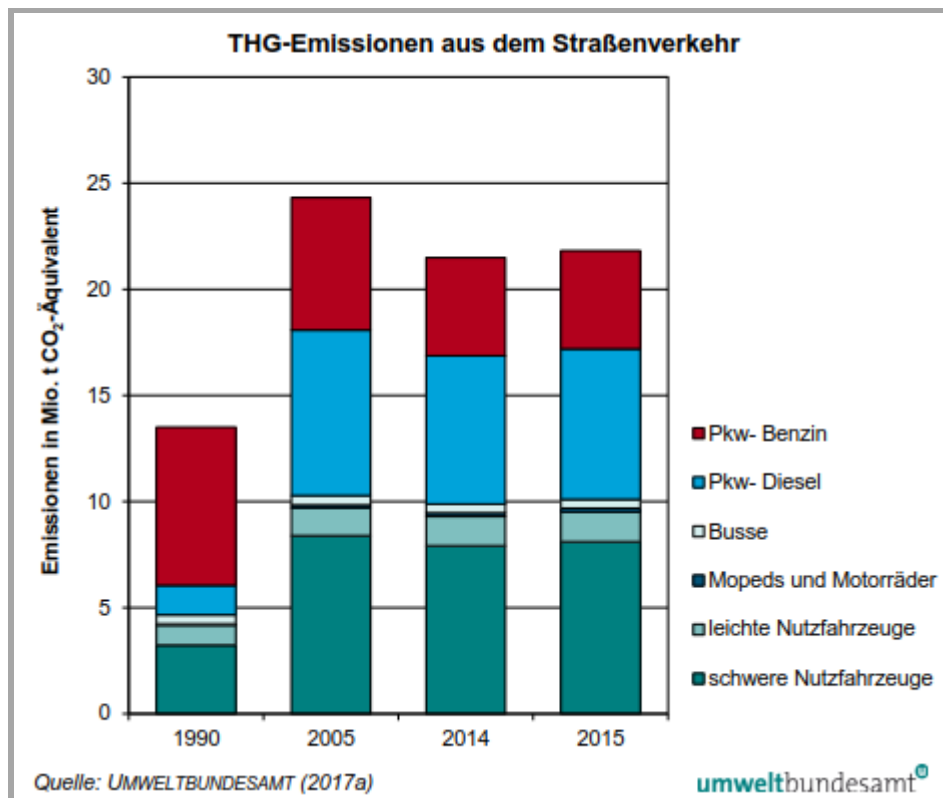


Abbildung 3: THG-Emissionen im Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien
Quelle: Umweltbundesamt: Klimaschutzbericht 2017

54% der THG-Emissionen liegen demnach beim PKW-Verkehr, 44% sind dem Güterverkehr zuzurechnen (2015). Die wesentlichen Treiber (PKW, LKW) zeigen starke Anstiege zum Jahr 1990 – bis auf das Teilsegment PKW-Benzin. Dahinter steckt eine Entwicklung, die man mit dem Schlagwort „Dieselboom“ erklären kann. So hat sich die Fahrleistung bei Diesel-PKWs seit 1990 verfünffacht.

³⁷ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 102-103;2017

Die absoluten Zahlen ergänzend durch eine weitere Differenzierung innerhalb der Nutzfahrzeuge zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3: THG-Emissionen - Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien inkl. Kraftstoffexport

Jahr	PKW- Benzin	PKW- Diesel	M	Busse	LNF	SNF	Σ
1990	7.459	1.387	63	424	940	3.234	13.507
2005	6.237	7.795	131	446	1.311	8.392	24.312
2014	4.619	6.981	166	417	1.383	7.919	21.485
2015	4.627	7.087	170	417	1.406	8.108	21.815
Δ%1990- 2015	- 38,0%	+410,9%	+170,6%	- 1,7%	+49,7%	+150,7%	+61%
THG-Emissionen in 1.000 t CO₂-Äqu.							
M...Mopeds, Motorräder							
LNF...Leichte Nutzfahrzeuge (N1, N2 < 12 t Gesamtgewicht)							
SNF...Schwere Nutzfahrzeuge (N3, > 12 t Gesamtgewicht)							
Quelle: Umweltbundesamt³⁸							

Die schweren Nutzfahrzeuge sind sowohl in den absoluten Zahlen (2015) als auch in der Zuwachsrate (+150,7% gegenüber 1990) ein wesentlicher Treiber für die THG-Emissionen im Straßenverkehr verglichen mit den anderen Fahrzeugkategorien.

3.3 Anstieg der Fahrleistung

Der Anstieg der THG-Emissionen im Straßenverkehr ist weiters ein Ausdruck von stark gestiegenen Fahrleistungen (zurückgelegte km, beförderte Personen oder Güter) und der generell höheren Fahrzeuganzahl im Vergleich zu 1990. Die Veränderungsdaten zur Fahrleistung zeigt Tabelle 4.

Tabelle 4: Veränderung der Fahrleistung - PKW/LKW 1990-2015

Δ%1990-2015	PKW	LKW
Anstieg fkm	+66%	+77%
Anstieg pkm	+41%	x
Anstieg tkm	x	+129%
fzk...Fahrzeugkilometer		
pfk...Personenkilometer		
tkm...Tonnenkilometer		
Quelle: Umweltbundesamt³⁹.		

Der PKW-Bereich hat sich diesbezüglich anders entwickelt als der LKW-Bereich.

³⁸ Umweltbundesamt: "Klimaschutzbericht 2017", Seite 102; 2017

³⁹ Umweltbundesamt: "Klimaschutzbericht 2017", Seite 96; 2017

Sank die „Nutzquote“ im PKW (= Besetzungsgrad pro Fahrzeug) im Vergleich zu 1990, so stieg dies im LKW-Bereich. D.h. pro LKW-Fahrzeugkilometer stieg die Transportleistung in t bzw. LKWs sind im Schnitt schwerer beladen als noch 1990. Zur Orientierung seien noch die durchschnittlichen Fahrzeugkilometer / Jahr (2015) für PKWs (14.300 km) und für LKWs (68.100 km)⁴⁰ genannt.

Die absoluten Zahlen für 2015 im Straßengüterverkehr zeigt nun Tabelle 5.

Tabelle 5: Straßengüterverkehr österreichischer Unternehmen 2015

	Fahrten mit Fracht	Transportaufkommen 1.000 t	Transportleistung Mio. tkm		
			im Inland	im Ausland	Gesamt
Gesamt	26.926.908	350.992	17.161	8.297	25.458
Δ%2014	+0,6%	+0,4%	+3,3%	-4,1%	+0,8%
Rest...Grenzüberschreitender Empfang, Versand, Transit, Sonstiger					
Quelle: Statistik Austria⁴¹					

Österreichische Unternehmen unternahmen im Jahr 2015 26 Mio. Fahrten und transportierten dabei 350 Mio. t Fracht. Die Transportleistung (tkm) betrug 25,5 Mrd. tkm, davon fielen 17,2 Mrd. tkm (67,4%) auf die Inlandsstrecke. Daraus lässt sich auf der eine Seite auch die durchschnittliche Wegelänge – nämlich „nur“ 72,5 km - berechnen, die eine Tonne Fracht durchschnittlich zurückgelegt hat. Auf der anderen Seite erhält man die durchschnittliche Beladung - nämlich 13 t -, die ein LKW pro Fahrt geladen hat. Es erscheint so, dass die durchschnittliche Wegelänge auffallend gering ist. Erhärtet wird dies durch die Tabelle 6, die Wegeklassen und Transportaufkommen in Bezug setzt.

Tabelle 6: Transportaufkommen des Straßenverkehrs in Österreich nach Entfernungsklassen 2015

Entfernungsklassen	Inlandsverkehr in 1.000 t	Grenzüberschreitender Verkehr in 1.000 t
bis 49 km	243.780	3.742
50-149 km	59.628	12.660
150-299 km	22.334	17.687
300-499 km	5.312	16.271
> 500 km	887	31.553
Gesamt	331.941	81.913
Datenquelle: Statistik Austria⁴²		

⁴⁰ http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/verkehr/1_verkehrsmittel/EKZ_Doku_Verkehrsmittel_01.pdf [20.11.2017]

⁴¹ Statistik Austria: „Verkehrsstatisik 2015“, Seite 35; 2017

⁴² Statistik Austria: „Verkehrsstatisik 2015“, Seite 33; 2017

Master Thesis

MSc Program Renewable Energy in Central & Eastern Europe

Betrachtet man nur den Inlandsverkehr, so werden 73% des Transportaufkommens Innerhalb von 49 km Wegelänge abgewickelt. Summiert über die ersten vier Entfernungsklassen (bis 499 km) erhöht sich der Anteil auf 99 %.

Was ebenfalls erkennbar ist, dass sich die Relation zwischen Inlandsverkehr und dem grenzüberschreitenden Verkehr sich bei steigender Entfernungsklasse sukzessive hin zum grenzüberschreitenden Verkehr entwickelt.

3.4 Flottenziele und Abgasnormen

3.4.1 CO₂-Flottenziele für Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge

Seit 2000 sind die EU-Mitglieder verpflichtet jährlich einen CO₂-Emissionsbericht über die neu zugelassenen PKWs zu erstellen. Seit 2011 wurde diese Vorgabe auch auf die leichten Nutzfahrzeuge (LNF -> Fahrzeugklassen N1 und N3) erweitert. Das Monitoring ist an Zielwerte gekoppelt und bei Verfehlung dieser, sind auch Pönale vorgesehen. Hier ist die gesamte Autoindustrie in der Pflicht, einerseits die „klassischen“ Antriebe (Diesel, PKW) weiter zu verbessern und andererseits alternative Antriebskonzepte fix in ihr Flottenangebot aufzunehmen. Das übergeordnete Ziel ist es natürlich die THG-Emissionen im Verkehrssektor zu senken. Zum Status 2015 in Österreich gibt Tabelle 7 Auskunft.

Tabelle 7: Durchschnittliche CO₂-Emissionen neu zugelassener PKW/LNF

Durchschnittliche CO₂-Emissionen bei neu zugelassenen PKW / LNF inkl. EU-Zielwerte				
Jahr	PKW	Δ zum Vorjahr	LNF	Δ zum Vorjahr
2000	167,30			
2010	144,00			
2011	138,70	-5,30		
2012	136,20	-2,50	187,9	
2013	131,50	-4,70	186,4	-1,5
2014	128,40	-3,10	183,7	-2,7
2015	123,70	-4,70	178,8	-4,9
Zielwerte				
2015	130,00		x	
2017	x		175	
2020	x		147	
2021	95,00		x	
Werte in g/km				
Quelle: Umweltbundesamt⁴³⁴⁴				

Die Entwicklung zeigt, dass die CO₂-Emissionen sowohl im PKW- als auch im LNF-Segment kontinuierlich fallen. Der 2015er-Zielwert für PKWs wurde sogar unterschritten. Über die CO₂-Emissionen wird auch seit 2014 die österreichische Normverbrauchsabgabe (NoVa) berechnet und nicht mehr über den Normverbrauch

⁴³ Umweltbundesamt: CO₂-Monitoring PKW 2016, Seite 13; 2016

⁴⁴ Umweltbundesamt: CO₂-Monitoring LNF 2016, Seite 12; 2016

in Litern/100km⁴⁵.

Ein ähnliches verbindliches CO₂-Monitoring existiert für schwere Nutzfahrzeuge bislang noch nicht, wobei die EU-Kommission dies für 2019 in Aussicht stellt⁴⁶.

Ansonsten gelten – wie auch bei PKWs – die EURO I-VI Abgasnormen.

3.4.2 EURO-Abgasnormen

Mit der EU-Verordnung 595/2009⁴⁷ traten die bis heute gültigen EURO VI – Abgasnormen für schwere Nutzfahrzeuge in Kraft. Die EURO-Abgasnormen setzen seit Ihrer Einführung 1992 verbindliche Grenzwerte für LKW-Emissionen fest, wie z.B. CO (Kohlenstoffmonooxid), NO_x (Stickoxide) und Partikelemissionen⁴⁸. Die deutlichen Emissionsverringerungen hatte aber auch zur Folge, dass mittlerweile eine aufwändige Abgasnachbehandlungstechnik (wie z.B. Stickoxidkatalysatoren, Einsatz von AdBlue (wässrige Harnstofflösung) oder Partikelfilter) eingesetzt wird, ohne die, die Normen nicht einzuhalten wären. Dieser technische Aufwand entfällt bei CNG-LKWs, da diese bestimmte Grenzwerte (NO_x, Partikelemissionen) auch so erfüllen⁴⁹.

3.5 Einsatz von Biokraftstoffen

Biokraftstoffe werden in Österreich seit 2005 (Biodiesel) bzw. 2007 (Bioethanol) flächendeckend in Umlauf gebracht. Die rechtliche Grundlage liegt, wie bereits in Kap. 2.2.1 erwähnt, im 34% Ziel an erneuerbarer Energie, das mit dem Subziel 10%-Anteil erneuerbare Energie Verkehrssektor einhergeht. Auf nationaler Ebene wird dies in der Kraftstoffverordnung⁵⁰ geregelt.

Mit einem Wert von 8,9% (gemessen am Energiegehalt) wurde 2015 der Anteil von Biokraftstoffen um 1,2% im Vergleich zu 2014 gesteigert und man ist damit gut auf Kurs. Biokraftstoffe verringern die direkten Emissionen, da die Verbrennung biogener Kraftstoffe bilanziell gesehen keine CO₂-Emissionen verursacht. Man geht davon aus, dass die zur Produktion nötige Biomasse in ihrer Wachstumsphase denselben Anteil an CO₂ der Atmosphäre entzogen hat. Anbau, Transport und Umwandlungsprozesse sind allerdings keineswegs emissionsfrei, werden aber

⁴⁵ BGBl. I Nr. 13/2014, Artikel 12

⁴⁶ https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/heavy_en [15.10.2017]

⁴⁷ EU: „Verordnung über die Typengenehmigung von Kfz und Motoren hinsichtlich der Emissionen von SNF...“ (CELEX-Nr. 02009R0595-20140101)

⁴⁸ Übersicht EURO I-VI findet sich hier: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/420/bilder/dateien/5_tab_grenzwerte-lkw.pdf [15.10.2017]

⁴⁹ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 435; 2015

⁵⁰ BGBl. II Nr. 398/2012

anderen Sektoren zugerechnet⁵¹. Einer umfassenden ökologischen Beurteilung kann dieser „pragmatische“ Ansatz aber nicht genügen. Auch bei Biokraftstoffen (eben auch Biomethan) muss versucht werden, die Vorkette an Emissionen (WTT – „Well to tank“ – „Vom Bohrloch(Quelle) in den Tank“) zu berücksichtigen. Für Biomethan wird dies im Kapitel 5 untersucht.

Die generellen Trends am Treibstoffmarkt in Österreich sind an Tabelle 8 abzulesen.

Tabelle 8: Treibstoffverkäufe Österreich 2001, 2010-2015

Jahr	Benzin	Diesel	Benzin:Diesel	Σ
2001	1.998	4.674	30:70	6.672
2010	1.820	6.227	23:77	8.047
2011	1.755	6.065	22:78	7.820
2012	1.714	6.094	22:78	7.808
2013	1.665	6.447	21:79	8.112
2014	1.624	6.345	20:80	7.969
2015	1.639	6.477	20:80	8.116
Angaben in 1.000t inkl. beigemischte Biokraftstoffe				
Quelle: Biokraftstoffbericht 2016⁵²				

Gemessen am Jahr 2001 wuchs der Treibstoffabsatz in Österreich bis 2015 um +21%. Im selben Zeitraum verschob sich das Verhältnis Benzin zu Diesel deutlich von 30:70 auf 20:80. Diese Anteilsveränderung ist sicherlich einerseits mit dem bereits angesprochenen „Dieselboom“ in Verbindung zu bringen und andererseits mit dem steigenden Anteil im LKW-Bereich gekoppelt. Dies lässt sich auch aus dem Verlauf der THG-Emissionen (siehe Tabelle 3) und dem Anstieg der Kilometerleistungen (siehe Tabelle 4) ableiten. Bei den Benzinverkäufen ist seit 2010 eine leicht fallende Tendenz festzustellen, beim Diesel verhält sich eher umgekehrt. Die abgesetzte Gesamtmenge an Treibstoffen pendelt seit 2010 um die 8 Mio. t inkl. beigemischter Biokraftstoffe.

⁵¹ Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, Seite 98; 2017

⁵² Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, Seite 17; 2016

Einen Aufschluss über die Anteile der unterschiedlichen Biokraftstoffe gibt folgendes Diagramm.

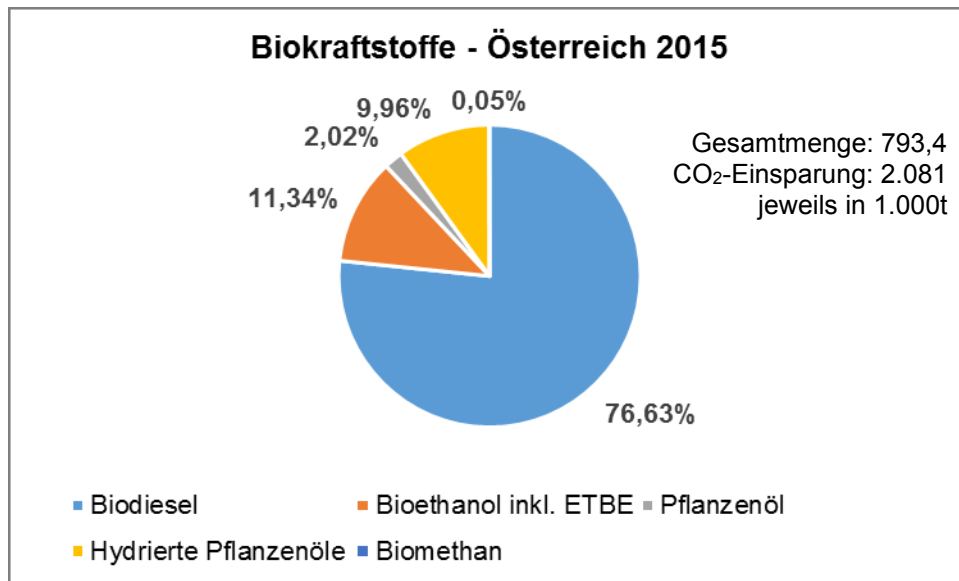


Abbildung 4: Anteile Biokraftstoffe in Österreich 2015

Quelle: Biokraftstoffbericht 2016⁵³ – Eigene Darstellung

Nicht ganz unerwartet liegt auch hier der Biodiesel mit über $\frac{3}{4}$ der beigemischten Gesamtmenge klar in Front, gefolgt von Bioethanol und den Pflanzenölen. Biomethan ist mit 0,5% Marktanteil weit abgeschlagen. Anzumerken ist, dass sich Biodiesel bzw. Bioethanol praktisch von „alleine“ absetzen lässt, da es verpflichtend beigemischt wird, was für Biomethan nicht gilt und auch kaum durchgeführt wird. Mit der Beimischungsquote von 8,9% wurden 2015 knapp 2,1 Mio. t CO₂-Emissionen verhindert.

Die Berechnung der Emissionsminderung regelt die österreichische Kraftstoffverordnung⁵⁴, wie folgt:

$$THG_{Einsparung} = \frac{(E_F - E_B)}{E_F} \quad (1)$$

THG_{Einsparung}...Einsparung der Treibhausgase

E_B... Gesamtemissionen bei der Verwendung des Biokraftstoffs oder flüssigen Biobrennstoffs

E_F... Gesamtemissionen des Komparators für Fossilbrennstoffe

⁵³ Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, Seite 23; 2016

⁵⁴ Kraftstoffverordnung 2012, Österreich, Seite 24

So erfreulich es ist, dass die Beimischung von Biokraftstoffen ihre Wirkung zeigt, darf ein wesentlicher Aspekt nicht vergessen werden, nämlich der Einfluss von direkten und indirekten Landnutzungsänderungen.

Die direkte Landnutzungsänderung bezieht sich auf bestehende Agrarflächen, die auf Anbau von Pflanzen zur Biotreibstoffproduktion umgestellt haben.

Beispielsweise liegen die landwirtschaftlichen Rohstoffanteile in der Biodieselproduktion bei 62% (nahezu ausschließlich Raps), jener in der Bioethanolproduktion bei 100% (überwiegend Weizen und Mais)⁵⁵.

Die österreichische Kraftstoffverordnung erfasst in der Berechnungsdefinition den Einfluss der Landnutzungsänderung⁵⁶. Die indirekte Landnutzungsänderung beschreibt den Effekt, dass Flächen, die nicht landwirtschaftlich genutzt wurden (z.B. (Ur-)wälder), zu neuen Agrarflächen werden, da bereits bestehende Agrarflächen zur Produktion von Rohstoffen für die Biokraftstoffherstellung herangezogen werden. Kann man (in Österreich) auf Grund der hochorganisierten und dokumentierten Landwirtschaft, Landnutzungsänderungen durchaus nachweisen, ist dies in einem globalen Kontext schon wesentlich schwieriger und kann diese daher auch nur abschätzen.

Die EU hält aus diesem Grund ihre Mitgliedsstaaten an, Anstrengungen zu unternehmen, die hohe Abhängigkeit von Kulturpflanzen einzudämmen und die Verwertung von Abfall- und Reststoffen zu forcieren⁵⁷.

3.6 Ausbau der Versorgungsinfrastruktur für alternative Kraftstoffe

Neben den Initiativen Biokraftstoffe weiterzuentwickeln, fordert die EU ebenso einen koordinierten Ausbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe⁵⁸ und dies über einen nationalen Strategierahmen auszuformulieren. Kernstück der EU-Richtlinie ist der Aus- und Aufbau von Ladestationen für Elektrofahrzeuge entlang den Routen des „Trans-European Network“ (TEN). Aber auch die Bedeutung von CNG/CBM und LNG werden angesprochen.

Auf österreichischer Seite ist daraus der Nationale Strategierahmen „Saubere Energie im Verkehr“ (2016) entstanden. In Österreich konzentrieren sich die Aktivitäten ebenso stark auf das Thema E-Mobilität, was sich z.B. im Aufbau einer durchgängigen Schnellladeinfrastruktur (< 22 kW Ladeleistung) entlang der TEN-Routen, einer differenzierten Förderlandschaft für E-Fahrzeuge und

⁵⁵ Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, Seite 15; 2016

⁵⁶ Kraftstoffverordnung 2012, Österreich, Seite 24

⁵⁷ EU-Richtlinie 2015/1513, 2015 (CELEX-Nr. 32015L1513)

⁵⁸ EU-Richtlinie 2014/94, 2014 (CELEX-Nr. 32014L0094)

Ladeinfrastruktur und entsprechenden Forschungsprogrammen ablesen lässt⁵⁹. Wiewohl man CNG-Fahrzeugen ganz klare Vorteile hinsichtlich der THG-Emissionen zuschreibt, konstatiert dieser Bericht eine mangelhafte Marktdurchdringung und sieht dabei Fahrzeughersteller bzw. Händler in der Pflicht CNG-Fahrzeuge stärker zu bewerben. Auf Bundesebene beschränkt man sich auf das Ziel die bestehende CNG-Tankstelleninfrastruktur zu erhalten. Einzig in Tirol und Oberösterreich sind Ausbaupläne vorhanden. In Ennschaf (Oberösterreich) wurde im Sept. 2017 Österreichs erste LNG-Tankstelle eröffnet⁶⁰. Von 2015 auf 2016 ist aber bereits ein Rückgang von CNG-Tankstellen von 175 (davon 5 reine CBM-Tankstellen) auf 171 festzustellen⁶¹. Das online-Portal www.erdgasauto.at gibt mit Stand Okt. 2017 sogar nur mehr 167 CNG-Tankstellen an. Dieser negative Trend hinsichtlich der CNG-Tankstellen ist aus einer wirtschaftlichen Perspektive auch nicht weiter verwunderlich, wenn man sich die stagnierende Anzahl der CNG-Fahrzeuge in Österreich vor Augen hält. Dies ist Thema im nächsten Kapitel.

3.7 Kfz – Zulassungsstatistiken Österreich

Zur grundsätzlich Orientierung betreffend der Trends in den Zulassungsstatistiken⁶² zeigt Tabelle 9 den Kfz-Gesamtbestand beginnend mit 1990.

Tabelle 9: Kfz-Gesamtbestand ohne Anhänger ab 1990

Jahr	PKW	Einspurige Fahrz.	LKW	Sonstige	Σ
1990	2.991.284	548.035	252.504	447.961	4.239.784
2000	4.097.145	622.285	326.784	535.230	5.581.444
2010	4.441.027	697.961	379.965	572.928	6.091.881
2011	4.513.421	712.635	390.704	578.447	6.195.207
2012	4.584.202	730.428	400.203	584.923	6.299.756
2013	4.641.308	743.648	408.560	591.275	6.384.791
2014	4.694.921	754.739	418.594	597.912	6.466.166
2015	4.748.048	765.576	427.515	604.679	6.545.818
2016	4.821.557	781.379	440.368	611.200	6.654.504

Quelle: Statistik Austria

Zwischen 1990 und 2016 stieg die Gesamtanzahl der Fahrzeuge um + 57% sowie

⁵⁹ BMVIT: „Nationaler Strategierahmen Saubere Energie im Verkehr“, Seiten 11, 16, 35; 2016

⁶⁰ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170926_OT0160/rag-eroeffnet-erste-Ing-tankstelle-in-oesterreich-anhaenge [21.10.2017]

⁶¹ BMVIT: „Nationaler Strategierahmen Saubere Energie im Verkehr“, Seiten 12, 23; 2016

⁶² Sofern nicht anders angegeben, stammen die Zulassungsdaten im Kapitel 3.7 von der Statistik Austria

der für diese Arbeit interessante LKW-Sektor +74%. Das Verhältnis der einzelnen Fahrzeugklassen zum Gesamtbestand blieb aber nahezu unverändert. Betrug der Anteil des LKW-Bereichs 1990 6%, so stieg dieser bis 2016 lediglich auf 7%. Ganz ähnlich verhält es sich im PKW-Bereich mit einem moderaten Anstieg von 71% auf 73%. Weiters ist zu beobachten, dass seit 2010 die Fahrzeuganzahl in allen Segmenten kontinuierlich steigt.

Betrachtet man den LKW-Sektor genauer und greift dabei die Fahrzeugklasse N3 (über >12t Gesamtgewicht) heraus, zeigt sich ein etwas überraschendes Bild. Die Statistik Austria-Daten weisen die einzelnen Nutzfahrzeugklassen (N1, N2, N3) aber erst seit 2011 separat aus und sind in Tabelle 10 angeführt.

Tabelle 10: Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (N3) am Gesamtbestand

Jahr	LKW gesamt	N3	N1+N2	Anteil N3	Anteil N3 gesamt
2011	390.704	40.920	349.784	10,47%	0,66%
2012	400.203	40.729	359.474	10,18%	0,65%
2013	408.560	40.619	367.941	9,94%	0,64%
2014	418.594	40.673	377.921	9,72%	0,63%
2015	427.515	40.479	387.036	9,47%	0,62%
2016	440.368	41.006	399.362	9,31%	0,62%

Quelle: Statistik Austria

Die stetig steigende Anzahl von LKWs oder genauer Nutzfahrzeugen ist nicht an der Kategorie N3 festzumachen. Seit 2011 sind sehr stabil, konstant 41.000 schwere Nutzfahrzeuge in Österreich gemeldet, was innerhalb der Nutzfahrzeuge einen Anteil von 9-10% und in Bezug auf den Gesamtbestand von ca. 0,6% ausmacht. Bei genauerer Durchsicht der Statistiken erkennt man, dass der Zuwachs im Nutzfahrzeugbereich fast ausschließlich durch die Fahrzeugklasse N1 (bis 3,5t Gesamtgewicht) verursacht wird.

Ruft man sich die THG-Emissionen (2015) im Straßenverkehr in Erinnerung – nämlich 21,8 t Mio. CO₂-Äqu.- sowie den diesbezüglich Anteil des Schwerverkehrs – nämlich 8,1 t Mio. CO₂-Äqu.- so ist zu erkennen, welcher überproportionalen Anteil der Schwerverkehr an den THG-Emissionen im Verkehrsbereich hat. Nur rund 0,6% der Fahrzeuge zeichnen für 37% der THG-Emissionen im Verkehrsbereich verantwortlich.

Aus den Daten der Statistik Austria sind alternative Antriebsarten nur im PKW-Segment ersichtlich. Diese sollen aber trotzdem veranschaulicht werden - insbesondere CNG vs Elektro -, da sich daraus grundsätzliche Trends hinsichtlich der Marktakzeptanz ablesen lassen. Die Entwicklungen für Elektro- und CNG-PKW zeigt Tabelle 11.

Tabelle 11: Anteil Elektro- CNG-PKW am Gesamtbestand 2010-2016

Jahr	PKW gesamt	Elektro	% Anteil Elektro	CNG	% Anteil CNG	∑ Rest
2010	4.441.027	353	0,01%	2.209	0,05%	4.438.465
2011	4.513.421	989	0,02%	2.670	0,06%	4.509.762
2012	4.584.202	1.389	0,03%	3.109	0,07%	4.579.704
2013	4.641.308	2.070	0,04%	3.651	0,08%	4.635.587
2014	4.694.921	3.386	0,07%	4.262	0,09%	4.687.273
2015	4.748.048	5.032	0,11%	4.775	0,10%	4.738.241
2016	4.821.557	9.073	0,19%	5.031	0,10%	4.807.453
Elektro...reine E-PKW (keine Hybrid-Modelle)						
CNG...mono- und bivalent (Benzin/Erdgas)						
Quelle: Statistik Austria						

Auch wenn die absolute Anzahl an reinen Elektro-PKW immer noch nur knapp 0,2% am Gesamtbestand aufweist, ist generell und im Vergleich zum CNG-PKW ein deutlicher Anstieg zu sehen. Hat sich der Bestand der Elektro PKWs im Zeitraum 2010 – 2016 um den Faktor 25 vervielfacht, so hat sich der CNG-Bestand im selben Zeitraum nur etwas mehr als verdoppelt. Der CNG-Bereich hingegen zeigt eigentlich stagnierende Zuwachsraten. Dieser Aufholeffekt könnte auf die angewachsene Modellpalette an Elektro-PKW sowie auf die seit 2016 in Kraft befindlichen Steuererleichterungen (speziell für Firmenfahrzeuge) zurückzuführen sein. Obwohl die Modellvielfalt an CNG-PKW den Elektro-PKW keineswegs nachsteht und das bei vergleichsweise geringeren Anschaffungskosten und nach wie vor deutlichen Reichweitenvorteilen.

Der Fachverband der österreichischen Fahrzeugindustrie führt ebenfalls Statistiken zu Kfz-Neuzulassungen und in deren Statistikjahr⁶³ sind auch Werte zu alternativen Antriebsarten zu finden. Für den Bereich „Neuzulassungen - LKW und Sattelzugmaschinen“ werden für 2016 569 Fahrzeuge mit alternativen Antrieb gemeldet, davon 449 Elektrofahrzeuge und 116 (mono-bivalent) CNG-Fahrzeuge. Jedoch findet man in dieser Statistik keine Aufschlüsselung nach den

⁶³ <http://www.fahrzeugindustrie.at/zahlen-fakten/statistikjahr buch/> [21.10.2017]

Nutzfahrzeugklassen. Trotzdem ist dies ein Hinweis, dass CNG im Nutzfahrzeugbereich ebenso deutlich unterrepräsentiert ist und es ist ohnehin davon aufzugehen, dass in der Klasse N3 nahezu 100% der Fahrzeuge mit Dieselmotoren betrieben werden.

Ist der Bestand an CNG-Fahrzeugen in Österreich relativ schwach so zeichnet ein Blick über die Grenzen ein differenziertes Bild.

Die „Natural & bio Gas Vehicle Association Europe (NGVA)“ sammelt auf EU-EFTA-Ebene Daten zum CNG-Markt.

Rund 1,3 Mio. CNG-Fahrzeuge oder 3% am Gesamtbestand werden in der aktuellen Statistik angegeben. Mit 1 Mio. Fahrzeugen liegt Italien in absoluten Zahlen weit in Front. Vergleicht man den anteilmäßigen PKW-Bestand (wie oben für Österreich) so liegen hier wiederum Italien und weiters Bulgarien, Schweden und Island mit einem Anteil > 0,4% vorne.

Island sticht auch bei CNG-LKWs (> 0,5%) in dieser Statistik hervor und versorgt darüber hinaus sein Gasnetz mit 100% Biomethan. Auch Schweden (75%), die Niederlande (55%) und Finnland (50%) speisen mit hohen Anteilen Biomethan in deren Gasnetze ein⁶⁴.

Basshuysen et al bringt dazu noch ergänzende Hintergrundinformationen, die es wert sind – im Sinne der Forschungsfrage dieser Arbeit –, kurz zusammengefasst zu werden.

Italien: Italien hat ein Verhältnis von 875 CNG-Fahrzeugen pro CNG-Tankstelle, was zu einer guten und wirtschaftlich sinnvollen Auslastung des Tankstellennetzes führt. Der Ausgangspunkt der Entwicklung war 2001 eine politische Initiative mit dem italienischen Mineralölverbund und Fiat, um Erdgas am Kraftstoffmarkt zu etablieren. Steuererleichterungen und staatlich Ankaufsförderungen unterstützten die Entwicklung. Neu gebaute Tankstellen müssen immer auch Erdgas anbieten.

Schweden: In Schweden beträgt der CNG-Fahrzeuganteil knapp 1%. Besonders ist der erwähnte hohe Anteil an Biomethan und eine starke Fokussierung auf den städtischen und regionalen öffentlichen Verkehr mit Bussen. Der Staat fördert den Neubau von Erdgastankstellen und Biomethananlagen.

Frankreich: In Frankreich wird ähnlich wie in Schweden fokussiert CNG-Mobilität in kommunalen Flotten (Busse, Müllfahrzeuge) unterstützt. An den 144 CNG-Tankstellen wird lt. NGVA genau so viel Erdgas abgegeben wie an den 922 Tankstellen in Deutschland.

Auf internationaler Ebene sind noch der Iran als absoluter Spitzenreiter (27% CNG-

⁶⁴ NGVA: „Statistical Report 2017“, 2017

Anteil) und Argentinien (18% CNG-Anteil) anzuführen⁶⁵.

Man sieht daran, dass durch entsprechende, staatlich Initiative sehr wohl ein nennenswerter CNG-Markt im Fahrzeugbereich, der letztendlich die Basis für den Einsatz von CBM darstellt, aufgebaut werden kann.

4 Biogaserzeugung und -nutzung in Österreich – ein Überblick

Dieses Kapitel widmet sich nun Thema Biogas und konzentriert sich dabei auf die österreichische Biogasbranche und den bestehenden Kapazitäten bzw. zukünftigen Potentialen der Biomethanproduktion.

Die zu Grunde liegende Technik der Biogas- bzw. Biomethanproduktion steht dabei nicht im Vordergrund und wird folgend nur in aller Kürze besprochen.

Gemäß Wellinger (2013) gibt es Hinweise, dass Biogas bereits vor Christi Geburt im antiken Persien und Assyrien zum Einsatz kam⁶⁶. Benjamin Franklin und Alexander Volta werden die ersten wissenschaftlichen Auseinandersetzungen mit Biogas (in diesem Fall Sumpfgas) in der Neuzeit zugeschrieben. Die erste Biogasanlage wurde 1859 in Bombay (Mumbai), Indien erbaut. In den 1930er wurde die erste Biogasanlage auf Basis von Agrarstoffen errichtet. Die Technik erlebte gegen Ende des 2. Weltkrieges auf Grund von Treibstoffmangel einen weiteren Aufschwung. Seit gut 20 Jahren ist die Biogasproduktion technisch ausgereift und wird speziell in Richtung Biogasaufbereitung (Biomethan) weiter entwickelt.

Biogas entsteht in einem vierstufigen Prozess aus organischem Material mit Hilfe von Bakterien in einer anaeroben (sauerstofffrei) Umgebung. Je nach Verfahren kann der Prozess in drei möglichen Temperaturbereichen ablaufen. Abhängig vom Ausgangsmaterial (Substrat) besteht das entstandene Biogas aus zwei Hauptbestandteile: Methan (50 – 70%) und CO₂ (30 – 50%).

Abgesehen davon beinhaltet Biogas in geringen Anteilen Ammoniak (NH₃), Schwefelwasserstoff (H₂S), Sauerstoff, Stickstoff, Wasserdampf und Siloxane bzw. Silane (Siliziumverbindungen).

Der Methananteil als einzig, energetisch verwertbarer Bestandteil bestimmt somit auch den Energiegehalt von Biogas, der im Bereich von 19 – 26 MJ/Nm³ bzw. 5 -7

⁶⁵ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 450-451; 2015

⁶⁶ Arthur Wellinger: „History and microbiology“ MSc-Modul 2: Biomass, Biogas & Biofuels, Technische Universität Wien, Seiten 1-3; 2013

kWh/Nm³ liegt⁶⁷.

Um das Rohbiogas auf Erdgasqualität zu bringen bzw. daraus Biomethan zu erzeugen, ist eine weitere technische Behandlung nötig. Hauptsächlich geht es darum, den CO₂-Anteil auf unter 2% drücken und den Schwefelwasserstoff nahezu zu eliminieren. Auf die gängigen Verfahren wird nicht näher eingegangen und sollen daher nur taxativ aufgezählt werden⁶⁸.

- Druckwechseladsorption (Pressure Swing Adsorption – PSA)
- Druckwasserwäsche (Absorptionsverfahren – Water scrubber)
- Aminwäsche (Absorptionsverfahren – Amine scrubber)
- Physikalische Absorption mit organischen Lösungsmitteln
- Membranverfahren
- Kryogene Aufbereitung

Entscheidend für den Ertrag an Biomethan ist neben der Methankonzentration des Rohbiogases der Verlust (Schlupf) an Methan während der Aufbereitung. Je nach Verfahren gibt Wellinger (2013) eine Bandbreite von 85 – 99,9% an, wobei die Membrantechnologie, an der speziell in Österreich geforscht und entwickelt wird, hier die größten Verluste aufweisen kann. Miltner et al⁶⁹ stellen hingegen fest, dass die Membrantechnologie hinsichtlich des Methanschlupfes sehr flexibel adjustierbar und dieser konstant auf 0,5% reduzierbar ist.

Welche Nutzungspfade in einer Biogasanlage (mit oder ohne Biogasaufbereitung) bestehen, zeigt Abbildung 5 (eigene Darstellung).

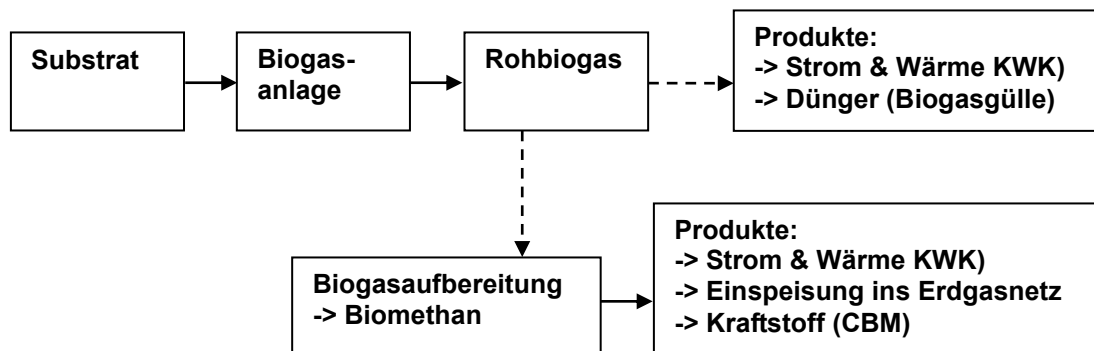


Abbildung 5: Schema - Biogas/Biomethan - Nutzungspfade

Quelle: Eigene Darstellung – angelehnt an Kompost & Biogasverband⁷⁰

⁶⁷ Arthur Wellinger (Hrsg.) et al: „The biogas handbook“, Woodhead Publishing, Cambridge, Seiten 105-106, 115, 407; 2013

⁶⁸ Arthur Wellinger (Hrsg.) et al: „The biogas handbook“, Woodhead Publishing, Cambridge, Seiten 348-365; 2013

⁶⁹ Martin Miltner, Alexander Makaruk, Michael Harasek: „Review on available biogas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions“, in: Journal of Cleaner Production, Seite 1336; 2016

⁷⁰ <http://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/> [26.10.2017]

Die überwiegende Mehrzahl der Biogasanlagen wird ohne Biogasaufbereitung (Details dazu in Kap. 4.1) betrieben und sind damit technisch gar nicht in der Lage z.B. Biomethan für den Kraftstoffeinsatz herzustellen. An obigen Schema ist zu erkennen, dass sich für Biogasanlagen mit Biogasaufbereitung (= Biomethanproduktion) mit den zusätzlichen Möglichkeiten der Treibstoffabgabe (CBM – Tankstelle) und/oder der Einspeisung ins Erdgasnetz ergänzende Verwertungspfade auf tun. Sowohl mit der Treibstoffoption als auch mit der Einspeisung erschließen sich daher auch neue potentielle Absatzmärkte. Wie entscheidend dies für eine positive Weiterentwicklung der Biogasszene ist, wird anhand der problematischen Situation der österreichischen Biogasbranche erörtert.

4.1 Struktur der Biogaserzeugung und -nutzung in Österreich

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, mahnte die Biogasstandesvertretung (Kompost & Biogas Verband) bereits 2014 im Lichte auslaufender Ökostromverträge ein Handeln des Gesetzgebers ein, da ansonsten eine Vielzahl an Biogasanlagen Konkurs anmelden müssten. Die Diskussionen darüber haben sich bis Ende Juli 2017⁷¹ hingezogen, wobei im Vorfeld massiv Druck gemacht wurde.

Mit der sogenannten „kleinen Ökostromnovelle“ können Biogasanlagenbetreiber auch nach Ablauf der 13 Jahre laufenden Ökostromverträge um zusätzliche Nachfolgeverträge ansuchen, die einen Einspeisetarif bis 31.12.2021 gewährleisten. In der entsprechenden Tarifverordnung⁷² werden die Tarife je nach

Brennstoffnutzungsgrad zw. 15,57 – 18,57 ct/kWh gestaffelt. Vorausgesetzt für die Gewährung eines Nachfolgetarifes ist die Vorlage eines Konzeptes, wie die betreffende Anlage nach Auslaufen der Förderung weiterbestehen kann.

Wie genau und im welchen Umfang sich die mit Sicherheit realen wirtschaftlichen Schwierigkeiten der meisten Biogasanlagen darstellen, lässt sich nur indirekt über die Vielzahl der Pressemeldungen im ersten Halbjahr 2017 abschätzen.

Da wird von einem „Aus für 80% der Biogasanlagen“⁷³, von der „Existenzgefährdung von 1.000 Bauernfamilien, die insgesamt 260 Biogasanlagen betreiben“⁷⁴ bis hin zum Befund, dass die seit 2002 bestehenden Einspeisetarife nicht ausreichend gewesen sind, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu führen.⁷⁵

⁷¹ „Kleine Novelle des Ökostromgesetzes“, 108. Bundesgesetz per 26.07.2017

⁷² Biogas-Nachfolgetarifverordnung 2017, 201. Verordnung per 28.07.2017

⁷³ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170424_OT0033/biogas-als-regionaler-oekostromproduzent-anhaenge [26.10.2017]

⁷⁴ https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20170120_OT0089/auer-bei-gruener-woche-bauern-bei-administrationsfehlern-beraten-statt-strafen [26.10.2017]

⁷⁵ <http://diepresse.com/home/wirtschaft/energie/5190724/BiogasProduzenten-drohen-mit->

Sieht man sich die Einspeisetarife für Biogasanlagen⁷⁶ seit 2002 im Rückblick an, dann kann man feststellen, dass sich diese vom Niveau her tatsächlich kaum verändert haben. Dem gegenübergestellt sei aber beispielsweise die beträchtliche Abnahme der Photovoltaikeinspeisetarife von 60 bzw. 47 ct/kWh im Jahr 2002 auf 7,91 ct/kWh im Jahr 2017 erwähnt.

Vor dem Hintergrund aktueller Stromgroßhandelspreise, die sich z.B. in den letzten 3 Monaten, im Bereich von 3 – 4 ct/kWh⁷⁷ (ausgenommen Regelenergie) bewegten, stellt sich nicht nur für Biogasanlagen bzw. dem gesamten Bereich der erneuerbaren Energien sondern für jegliche Stromproduzenten die Frage, ob man mit diesem Preisniveau wirtschaftlich agieren kann.

Die Entwicklung der heimischen Biogasbranche lässt sich an den Statistiken der e-control ablesen. Im aktuellen Ökostrombericht 2017⁷⁸ werden 394 Biogasanlagen als Ökostromanlagen gelistet und davon 287 mit einem aufrechten Ökostrom-Einspeisetarifvertrag. Allerdings beziehen sich diese Angaben „nur“ auf einen aufrechten Bescheid als Ökostromanlage, was nicht gleichbedeutend ist, dass die Anlage auch tatsächlich errichtet wurde bzw. in Betrieb ist.

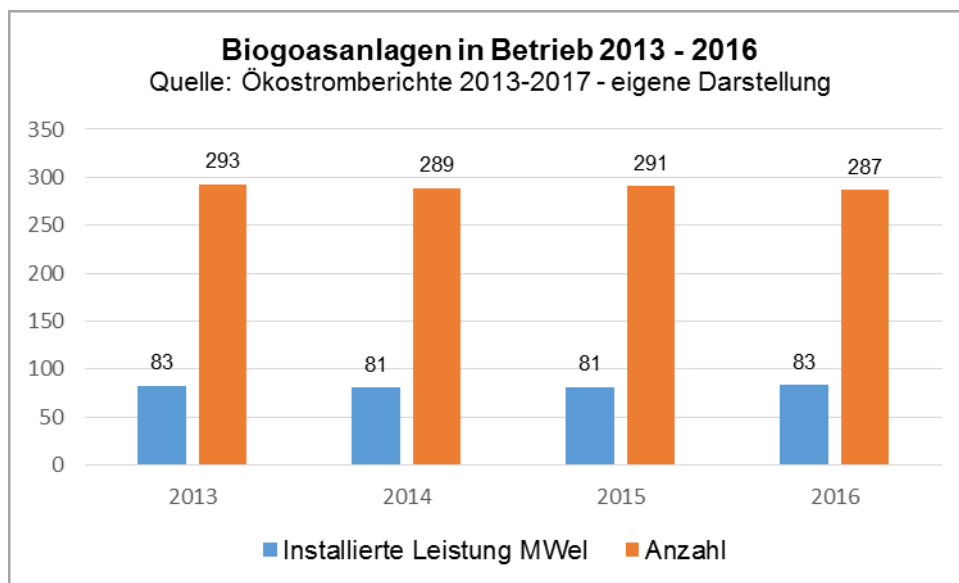


Abbildung 6: Biogasanlagen in Betrieb - Österreich 2013-2016

Quelle: Eigene Darstellung – Ökostromberichte 2013-2017⁷⁹

Abbildung 6 zeigt nun die Entwicklung von 2013 – 2016. Im Startjahr der

Klage-gegen-Republik [26.10.2017]

⁷⁶ Gebündelt findet man diese hier: <https://www.oem-ag.at/de/gesetze-regelwerk/> [26.10.2017]

⁷⁷ <https://www.e-control.at/industrie/strom/strompreis/grosshandelspreise> [26.10.2017]

⁷⁸ E-Control: „Ökostrombericht 2017“, Seite 76; 2017

⁷⁹ <https://www.e-control.at/publikationen/oeko-energie-und-energie-effizienz/berichte/oekostrombericht> [29.10.2017]

Ökostromstatistiken 2002 wurden 97 Biogasanlagen mit einer Gesamtleistung von 12 MWel ausgewiesen.

Die durchschnittlich installierte elektrische Leistung pro Anlagen stieg von 126 kWel (2002) auf 290 kWel (2016). Zudem ist deutlich zu erkennen, dass die Anzahl der Biogasanlagen, die Ökostrom produzieren bzw. einspeisen, stagniert. Die tatsächliche Anzahl der in Betrieb stehenden Biogasanlagen lässt sich allerdings nicht mit absoluter Sicherheit feststellen. In den bereits angeführten Pressemeldungen im Zuge der kleinen Ökostromnovelle wurde von 300 aktiven Anlagen gesprochen – also weit weniger als es aktive Anlagenbescheide gibt. Dies deckt sich mit einem online-Bericht (2014) auf der Seite des Lebensministeriums, worin ebenfalls von ca. 300 Anlagen die Rede ist⁸⁰. Dieser Bericht gibt auch einen steigenden elektrischen Wirkungsgrad (η) auf durchschnittlich 37% sowie den Ausbau der zusätzlichen Nutzung der anfallenden Wärme, die im Rahmen einer KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) – Anwendung entsteht, an. Damit stieg der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad auf 60%, was aktuell die unterste Schwelle an Brennstoffnutzungsgrad darstellt, um überhaupt einen Biogas-Nachfolgerarif beantragen zu können.

D.h. aus ökonomischer Sicht bildet die (geförderte) Verstromung von Biogas immer noch das Rückgrat der heimischen Biogasszene. Ohne zusätzlicher Wärmenutzung werden aber zukünftig keine Ökostromtarife mehr gewährt. Von den ca. 300 Biogasanlagen besitzen ca. 5% keinen Einspeisevertrag (mehr) und verfolgen offensichtlich zusätzliche Verwertungsstrategien (z.B. Biomethan).

Die Bedeutung von Biogas an der Gesamtproduktion erneuerbarer Energie zeigt Tabelle 12.

Tabelle 12: Anteil Biogas an den erneuerbaren Energieträgern 2014/15

Jahr	Biogas-Strom	Biogas-Wärme	Σ Biogas	Σ Strom aus EE	Σ Wärme aus EE	Σ EE
2014 [GWh]	618	561	1.179	49.025	47.376	103.124
2015 [GWh]	624	535	1.159	49.777	49.157	106.694
EE...Erneuerbare Energie						
Werte: Energetischer Endverbrauch						
Quelle: Lebensministerium⁸¹ - eigene Darstellung						

Der prozentuelle Anteil der auf Biogas basierenden, energetischen, erneuerbaren

⁸⁰ <https://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/biogas/EntwicklungBiogasAT.html> [29.10.2017]

⁸¹ BMLFUW: „Erneuerbare Energie in Zahlen 2016“, Seite 15; 2016

Endenergie (Strom, Wärme) liegt sowohl 2014 als auch 2015 in jeder Kategorie (Strom, Wärme, gesamt) bei knapp über 1%. Die beiden in absoluten Zahlen höchsten Einzelbeiträge 2015 kommen aus der Wasserkraft (39.752 GWh od. 37%) und der festen Biomasse zur Wärmeproduktion (28.449 od. 27%).

Man sieht, dass die Bedeutung von Biogas aus einer energetischen Sicht nicht sehr bedeutend ist. Trotzdem steckt auf Grund der unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten durchaus Potential im Biogasbereich. Weiters ist die Biogasbranche auf Grund der Einsatzstoffe stark im landwirtschaftlichen Sektor verankert und hat damit auch volkswirtschaftlich gesehen Bedeutung. Dieser Umstand birgt aber auch eine Problemzone in sich, da mit dem starken Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen (sogenannte NAWARO-Anlagen) der Weltmarktpreis für Agrarprodukte (insbesondere Mais) einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von NAWARO-Anlagen haben kann.

Beispielsweise liegt die Einsatzquote alleine von Mais im Jahr 2015 bei 54%⁸².

Neben den NAWARO-Anlagen sind in Österreich folgende Substrate für Biogasanlagen typisch⁸³:

- Kohlenstoffhaltige Industrieabwässer
- Klärschlamm
- Gülle (Mist)
- Organische Abfälle, Reststoffe

Bei der Planung zukünftiger Biogasanlagen soll auf Grund des hohen NAWARO-Anteils zunehmend eine kaskadische Nutzung der Rohstoffe in den Vordergrund rücken, als sich auf zu sehr auf wenige Energiepflanzen (wie eben Mais) einzuschränken⁸⁴.

Versucht man die österreichische Biogasbranche z.B. nach Energieausstoß oder Substrateinsatz zu strukturieren stößt man schnell an Grenzen, da entsprechende Daten nicht erschöpfend vorhanden sind.

Selbst die Landesvertretung – der Kompost & Biogas Verband – hat offenbar Probleme die eigene Branche im Detail zu überblicken. Dem entgegenzuwirken versucht der Arbeitskreis Biogas seit 2009, dem rund die Hälfte der österreichischen Biogasanlagen angehören, eine einheitliche Datengrundlage zu schaffen und diese auch mit anderen Ländern zu vergleichen⁸⁵. Dazu werden die österreichischen

⁸² E-Control: „Ökostrombericht 2017“, Seite 88; 2017

⁸³ BMLFUW: „Biogasanlagen Kaskadische Nutzung der Rohstoffe“, Seite 7; 2016

⁸⁴ BMLFUW: „Biogasanlagen Kaskadische Nutzung der Rohstoffe“, Seite 6; 2016

⁸⁵ BMLFUW: „Arbeitskreis Biogas: Weiterentwicklung durch internationalen Betriebsvergleich“, Seite 2, 3; 2016

Biogasanlagen größtmäßig entlang der elektrischen Leistungsklassen zusammengefasst.

Nicht ganz überraschend sind in Österreich vor allem 100 (ca. 32%), 250 (ca. 12%) und 500 kWel-Anlagen (ca. 22%) vertreten, da dies die Struktur der Einspeisetarife widerspiegelt. Von den 147 untersuchten Anlagen haben nur knapp unter 10% eine Einspeiseleistung von > 500 kWel. Die durchschnittliche Anlagenleistung wird mit 289 kWel (was durch den Ökostrombericht 2017 bestätigt wird) angegeben. Im Vergleich dazu haben 691 untersuchte Biogasanlagen in Bayern & Baden Württemberg eine durchschnittliche Leistung von 482 kWel. Es werden hier auch der hohe Anteil (61% für 2014) von nachwachsenden Rohstoffen (direkt vom Ackerland) und die Verknüpfung mit dem wechselnden Preisniveaus bei Mais und Getreide diskutiert. Rund 15% der Anlagen in Österreich arbeiten hingegen mit biogenen Abfällen.

Wie bereits erkennbar ist eine Klassifizierung österreichischer Biogasanlagen nur unzureichend möglich. Sind gelieferte Strom- und Wärmemengen von Anlagen mit Einspeisetarif gut dokumentiert, so herrscht bereits eine gewisse Unsicherheit, wie viele Anlagen überhaupt in Betrieb sind. Ähnlich verhält sich mit dem gesamten Ausstoß an Rohbiogas, bevor dieses energetisch genutzt wird.

Im Bericht „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“ wird dazu mit dem Hinweis auf Expertenangaben eine Bandbreite von 397 – 623 Mio. m³ angeführt⁸⁶. Für die Frage des theoretischen Biomethanpotentials orientiert sich der Autor an der unteren Grenze und wird für das folgende Kapitel einen gerundeten Wert von 400 Mio. Nm³ für die aktuelle, jährliche Rohbiogasproduktion heranziehen.

⁸⁶ Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, Seite 16, 2016

4.2 Aktuelle Biomethanproduktion in Österreich

Von den rund 300 Biogasanlagen in Österreich wurde die bestehende Anlage an 15 Standorten um eine Biogasreinigung erweitert. Folgende Zusammenstellung (Tabelle 13) erfolgte auf Basis eigener Recherchen und den Informationen des Kompost & Biogas Verbandes⁸⁷ und des Biomethanregister Österreich⁸⁸.

Tabelle 13: Biomethanproduzenten in Österreich

Biogasanlage-Betreiber	Substrat	Biomethan Nm³ / h	Verfahren	Ein-speisung	CBM-Tankstelle
Stadt Wien MA 48	Abfall	115	Membran	J	N
Stipits Entsorgung Biogas	Abfall	65	PSA	N	J
Bruck/Leitha	Abfall	600	Membran	J	N
EVM Energieversorgung	Reststoffe	400	Membran	J	J
Graskraft Reitbach (Salzburg AG)	NAWARO	50	PSA	J	J
Bioenergie Schlitters (TIGAS)	Abfall	70	PSA	J	J
Häusle	Abfall	700	PSA	J	J
Naturgas Engerwitzdorf (Energie AG)	NAWARO, Wirtschaftsdünger	125	Aminw.	J	N
Linz AG	Abfall (Klärschlamm)	450	Druckww.	J	N
EVN	Abfall, Reststoffe	120	Membran	J	N
Salzburg AG	NAWARO	60	PSA	J	N
ZEMKA (Salzburg AG)	Abfall, Reststoffe	25	PSA	J	J
NGS Naturgas 11er	Klärschlamm	k.A.	PSA	J	N
Nahrungsmittel	Reststoffe	400	Membran	J	k.A.
TIGAS	Abfall, Reststoffe	50	PSA	J	N

Auffällig ist, dass von den 15 Anlagen nur 3 Anlagen auf Basis nachwachsender Rohstoffe (NAWARO) arbeiten. Alle anderen Anlagen nützen biogene Abfall und Reststoffe bzw. Klärschlamm. Neun Anlagen sind unmittelbar im Besitz österreichischen Energieversorgungsunternehmen (inkl. Stadt Wien) oder haben eine Kooperation mit diesen. Zwei Unternehmen (Stipits, Häusle) gehören der Abfallentsorgerbranche an und nur die Biogas Bruck/Leitha und die EVM Energieversorgung Margarethen/Moos sind unabhängige Anlagenbetreiber, die ihr

⁸⁷ <http://www.kompost-biogas.info/biogas/biomethan/biomethan-in-oesterreich/> [30.10.2017]

⁸⁸ <http://www.biomethanregister.at/de/teilnehmer> [30.10.2017]

Biomethan in Eigenregie vertreiben. Die Firma 11er Nahrungsmittel fällt als Teil der Lebensmittelbranche etwas aus der Reihe, worin aber auch das Potential für Biogas als „Verwerter“ von Produktionsreststoffen abgeleitet werden kann. In diesem Zusammenhang kann noch die preisgekrönte und noch relativ junge Biogasanlage (ohne Biomethanaufbereitung) der Gösser Brauerei⁸⁹ genannt werden. Die Produktionskapazität (technisches Potential) der österreichischen Biomethananlagen liegt bei rund 3.300 Nm³/h (siehe Summe 3.Spalte in Tabelle 13). Bis auf eine Anlage (Stipits) speisen alle Betreiber in das Erdgasnetz ein und zudem bieten 6 Standorte auch die Möglichkeit CBM zu tanken. Jene 14 Anlagen, die ins Erdgasnetz einspeisen, sind auch Mitglied im Biomethanregister Österreich, die als Clearingstelle für die Biomethanbranche arbeitet und daher auch die Produktionsdaten sammelt.

Tabelle 14: Biomethaneinspeisung - Österreich, 2011 - 2016

Jahr	Biomethan- einspeisung in GWh	Biomethan- einspeisung in Nm³	Anlagen- anzahl
2011	46,8	4.145.261	5
2012	53	4.694.420	8
2013	55	4.871.568	9
2014	87,9	7.785.651	12
2015	103	9.123.118	13
2016	131	11.603.189	14
Quelle: Biomethanregister Österreich⁹⁰			

Von 2011-2016 vergrößerte sich die Biomethaneinspeisung als auch die Anzahl der Anlagen um das knapp Dreifache. Die durchschnittliche Jahreseinspeisung pro Anlage (2016) beträgt ca. 830.000 Nm³.

⁸⁹ <https://www.goesser.at/gruene-brauerei/> [30.10.2017]

⁹⁰ Die statistische Umrechnung von GWh auf Nm³ von Erdgas wird in der Gas-Systemnutzungsverordnung 2013 (GSNE-VO 2013) bzw. Gasstatistikverordnung 2017 – Gstat-VO 2017 geregelt. Dabei werden für das Marktgebiet Tirol/Vorarlberg 11,28 kWh/Nm³ und für das Marktgebiet Ost 11,30 kWh/Nm³ angegeben. Für diese Berechnung wurde das arithmetische Mittel von 11,29 kWh/Nm³ herangezogen.

Um jetzt ein theoretisches Biomethanpotential auf Basis der vorhandenen Biogasanlagen Österreichs abzuschätzen genügt eine einfache Rechnung gemäß der bereits angeführten Werte (ca. 400 Mio. Nm³ Rohbiogasproduktion bzw. Methangehalt darin 50 – 70%).

$$POT_{TH} = BG_{Roh} * f_{Methan} \quad (2)$$

POT_{Tn}...Theoretisches Biomethanpotential [Nm³]

BG_{Roh}....Rohbiogas [Mio. Nm³]

f_{Methan}....Methananteil (%)

-> POT_{Tn} = 400 x 0,5 (bzw. 0,7) = 200 (bzw. 280) Mio. Nm³

D.h. könnte das gesamte Rohbiogasaufkommen zu Biomethan transformiert werden, dann käme man auf eine Bandbreite von 200 – 280 Mio. Nm³ .

Im Zuge der Recherchen konnten zum Thema Biomethanpotential in Österreich zur Abrundung noch zwei weitere Studienergebnisse gefunden werden.

Im Projekt „Green Gas Grids“ wurde eine Roadmap für die zukünftige Entwicklung des Biomethan Sektors erörtert⁹¹. In dieser Studie lag das Augenmerk auf einer Abschätzung wieviel Substrat in den unterschiedlichen Bereichen (Landwirtschaft, Abfälle, Klärschlamm,...) auf eine nachhaltige Weise für die Biomethanproduktion bis 2020 zur Verfügung stünde. Die Studie kam zum Ergebnis, dass das Biomethanpotential aus der Sicht von verfügbaren Substraten bei ca.

8.200 GWh / Jahr liegt, wobei die Frage einer technischen bzw. wirtschaftlichen Umsetzung entsprechender Biogasanlagen ausgeklammert wurde. Diese Studie merkt aber sehr wohl an, dass Biomethan als Kraftstoff eine stärkere Rolle spielen könnte.

Im Forschungsprogramm „Mobilität der Zukunft“ des BMVIT⁹² wurde das Marktpotential von LNG (Liquefied Natural Gas) untersucht und dabei auch das generelle Biomethanpotential in einer Zusammenschau mehrerer Studien zusammengefasst. Dabei spielten auch technische Überlegungen wie Kapazität des Gasnetzes, Netzzugang von Biogasanlagen oder Anlagenmindestgrößen eine Rolle. In dieser Studie wird von eine Bandbreite von 1.300 – 12.000 GWh / Jahr angegeben.

⁹¹ Green Gas Grids: „Die österreichische Roadmap für die zukünftige Entwicklung des Biomethansektors“, Seite 8; 2013

⁹² BMVIT – Mobilität der Zukunft: „Ergebnisbericht Liquid – Identifizierung des Marktpotentials von LNG in Österreich“, Seite 70; 2016

Da sich diese Arbeit auf das Thema CNG/CBM als LKW-Kraftstoff konzentriert, soll nun noch zur besseren Einordnung die vorhandene Biomethankapazität bzw. das theoretische Biomethanpotential (eigene Berechnung) auf die Standardabgabeeinheit [kg] weiterverrechnet werden und der tatsächlich abgegebenen Menge gegenübergestellt werden.

Tabelle 15: Biomethanpotential - produktion als Kraftstoff (CBM)

Jahr	Theoretisches Biomethanpotential	Biomethanproduktion	CBM Verwendung als Kraftstoff
2015	146.000 - 204.400	6.660	437
Werte: in t			
Quelle: Eigene Darstellung			

Betrachtet man nur die aktuell reale Biomethanproduktion, dann ist auch hier die geringe Bedeutung von CBM als Kraftstoff zu sehen. Nur 6,5% des produzierten Biomethans wird als Kraftstoff verwendet.

Setzt man die 7.410 t Biomethan noch in Bezug zu gängigen Tankinhalten – als Beispiel sei der VW CNG-Caddy mit 26 und der IVECO Eurocargo CNG-LKW⁹³ mit 75 kg – dann erkennt man das Potential, dass alleine mit den vorhandenen Biomethanlagen abzudecken wäre.

Bevor in Kapitel 5 die Rahmenbedingungen für Biomethan als LKW-Kraftstoff im Detail diskutiert werden, werden folgend noch die relevanten rechtlichen Grundlagen besprochen. In der sogenannten Erdgasbinnenrichtlinie (2009/73/EG⁹⁴) wurden die Regeln für einen möglichst freien Erdgasmarkt in der EU geregelt. Im Artikel 44 wird festgehalten, dass u.a. Biogas keiner Diskriminierung im Netzzugang unterliegen darf, sofern die einschlägigen technischen Vorschriften und Sicherheitsnormen eingehalten werden. Diese EU-Rechtsmaterie wird im österreichischen Recht im Gaswirtschaftsgesetz (GWG 2011) verortet. Die für die Biomethaneinspeisung relevanten Normen werden⁹⁵ durch die ÖVGW⁹⁶-Richtlinien G31 und G33 abgebildet. Gemäß der ÖVGW-Richtlinie, die Qualitätsanforderungen für die Einspeisung von Biomethan präzisiert, ist ein

⁹³ Mehr Details zu diesem Fahrzeug in Kapitel 5

⁹⁴ <https://www.e-control.at/documents/20903/-/-/57b174a3-7d1f-4d75-8f50-6259d2d5a463> [02.11.2017]

⁹⁵ <http://www.biogas-netzeinspeisung.at/rechtliche-planung/einspeisung-in-das-oeffentliche-gasnetz/index.html> [02.11.2017]

⁹⁶ Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (www.ovgw.at)

Methangehalt von mind. 96% festgelegt, sofern Wasserstoff (max. < 4%) vorhanden ist. Liegt kein Wasserstoff vor muss der Methangehalt bei 97% liegen. Die Qualitätskriterien für CNG und CBM im Kraftstoffeinsatz ist in der Kraftstoffverordnung 2012 geregelt und liegen etwas unterhalb jener der ÖVGW-Richtlinien. Wird Biomethan an einer vom Gasnetz versorgten Tankstelle bezogen, so gelten die strengeren ÖVGW-Richtlinien. Wird Biomethan direkt an der Biogasanlage abgeben, muss es nur der Kraftstoffverordnung unterliegen. Allerdings empfiehlt der Kompost & Biogas Verbandsich generell an die strengeren ÖVGW-Richtlinien zu halten⁹⁷.

⁹⁷ <http://www.kompost-biogas.info/biogas/die-biogasanlage/energetische-nutzung/>
[02.11.2017]

5 Diskussion der Rahmenbedingungen für den Einsatz von Biomethan als LKW-Kraftstoff

Das Kapitel 5 widmet sich nun den beiden zentralen Fragestellungen zur Beantwortung der Hauptforschungsfrage.

- Überprüfung der vermuteten ökologischen Vorteile (THG-Emissionen) für von CBM als LKW-Kraftstoff
- Überprüfung der Wirtschaftlichkeit einer CBM-Tankstelle, die unmittelbar an eine Biogasanlage gekoppelt ist.

Wie in der Einleitung bereits angesprochen, zeigt eine Lebenszyklusanalyse im PKW-Bereich deutliche Vorteile für den Kraftstoff CBM in Bezug auf die THG-Emissionen gegenüber fossilen Treibstoffen und fällt gegenüber den E-PKWs (betrieben mit Ökostrom) kaum ab. Abbildung 7 zeigt dies relativ deutlich.

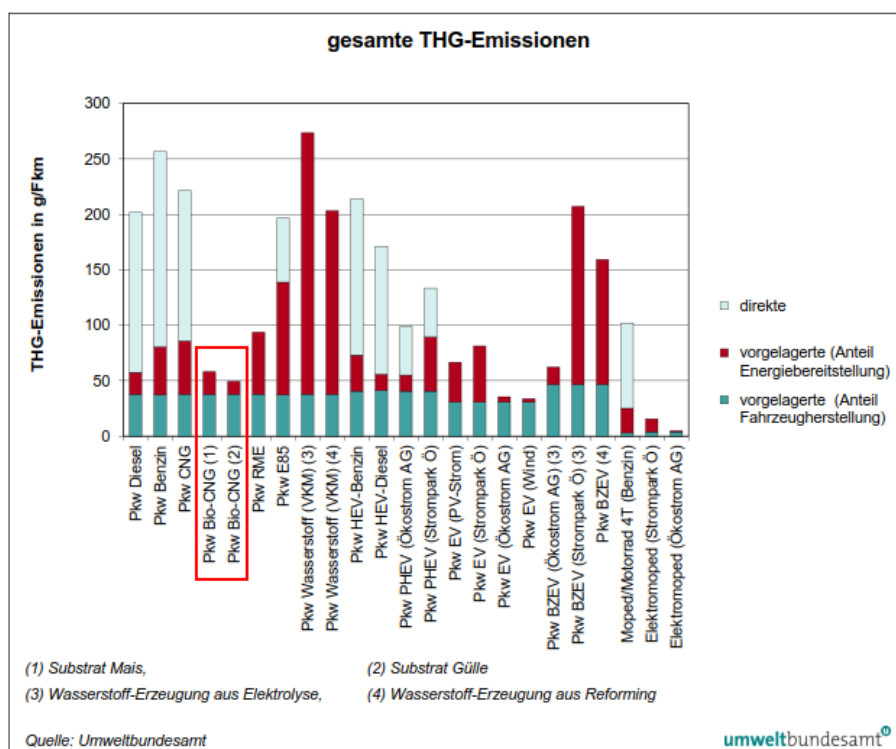


Abbildung 7: THG-Emissionen unterschiedlicher Antriebsarten im Vergleich
Quelle: Umweltbundesamt 2014⁹⁸

Die Frage, ob dieser entscheidende Befund auch für den LKW-Bereich gilt, wird generisch im Vergleich der Kraftstoffe Diesel vs CNG vs CBM beleuchtet und

⁹⁸ Umweltbundesamt: „Ökobilanz alternativer Antriebe-Elektrofahrzeuge im Vergleich“, Seiten 69; 2014

zusätzlich an einer konkreten Fahrzeugtype vertiefend diskutiert.

Nach umfangreichen Onlinerecherchen hinsichtlich einer konkreten Fahrzeugtype ist die Wahl auf die Nutzfahrzeugmarke IVECO gefallen. Ein wichtiges Kriterium vorab war, dass es sich um einen Hersteller handelt, der auch am österreichischen Markt operiert. Die Firma IVECO bietet schon seit vielen Jahren sehr durchgängig alternative CNG-Modelle in verschiedensten Größenklassen an. Mit dem IVECO Stralis CNG ist in den letzten Jahren auch der Einstieg in die 40t-Klasse gelungen. Der IVECO Eurocargo ist ein variantenreicher mittelschwerer LKW, gut geeignet für den anvisierten Regionalverkehr und wurde in der CNG-Ausprägung heuer zudem als „Sustainable Truck of the year“ ausgezeichnet⁹⁹.

Folgend findet sich nun die Gegenüberstellung der technischen Grunddaten der beiden Eurocargo-Varianten, auf die sich die nachfolgenden Berechnungen hinsichtlich des unmittelbaren Typenvergleichs (Diesel vs CNG) beziehen.

Tabelle 16: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG, techn. Daten und Preis

Gegenüberstellung IVECO Eurocargo Diesel vs CNG¹⁰⁰		
Modell	ML160E22/P EVI_C - H160	ML 160E21/P CNG - H16G
Achskonfiguration	2 Achsen, Hinterachsantrieb	2 Achsen, Hinterachsantrieb
Radstand	4815 mm	4815 mm
Zulässige Gesamtmasse	15 - 16t	15 - 16t
Hubraum	6.728 cm ³	5.880 cm ³
Leistung	162 kW (220 PS)	150 kW (204 PS)
Max. Drehmoment	800 Nm	750 Nm
Abgaswerte	EURO VI	EURO VI c
Spez. Kraftstoffverbr.	199g/kWh bei max. Drehm.	217g/kWh bei max. Drehm.
Tankinhalt	120 l Diesel / 30 l AdBlue	2x3x80 l -> 72 kg (b. 200bar)
Reichweite Ø	650 km	400 km
Preis (ohne UST)	56.900 €	76.900 €

Für die wirtschaftliche Beurteilung der Gastankstelle wurden hingegen Daten aus der Literatur herangezogen.

⁹⁹ <http://www.erdgasautos.at/aktuell/2017/cng-lkw-von-iveco-erhaelt-auszeichnung/>
[05.11.2017]

¹⁰⁰ Daten und Preise gemäß Angebot von IVECO Austria [10.10.2017]
(Der Autor bedankt sich an dieser Stelle bei IVECO Austria für die freundliche Unterstützung.)

5.1 Technische Faktoren

Dieses Kapitel behandelt im die wesentlichen (physikalischen, chemischen) Eigenschaften von Diesel vs. CNG vs CBM inkl. einem Überblick zu LKW-Gasmotoren. Darauf folgt ein kurzer Abriss zu den wichtigsten Komponenten einer Gastankstelle.

5.1.1 Kraftstoff Diesel vs CNG und CBM

Die zum Vergleich der Kraftstoffe wesentlichsten Parameter sind in Tabelle 17 zusammengefasst. Die Grunddaten (Dichte, Energiegehalt) sind der Kraftstoffverordnung¹⁰¹ entnommen. Wie schon angemerkt, werden dazu CNG und CBM als stofflich gleichwertig angenommen.

Tabelle 17: Dichte und Energiegehalt, Diesel vs CNG/CBM

	Diesel	CNG und CBM
Dichte	837 kg/m ³	0,73 kg/Nm ³
Dichte	0,837 kg/l	0,00073 kg/dm ³
Dichte _{200bar}	x	146,00 kg/Nm ³
Energiegehalt	36,00 MJ/l	0,0365 MJ/Ndm ³
Energiegehalt	43,00 MJ/kg	50,00 MJ/kg
Energiegehalt	10,00 kWh/l	0,01 Ndm ³
Energiegehalt	11,94 kWh/kg	13,89 kWh/kg
Energiegehalt _{200bar}	x	2,03 kWh/ Ndm ³
Quelle: Eigene Darstellung		

Der wohl gravierendste Nachteil von CNG und CBM gegenüber Diesel liegt in der simplen Tatsache, dass die Dichte¹⁰² von Erdgas/Biomethan ca. um einen Faktor 1.000 geringer ist als jene von Diesel. Der höhere gravimetrische Energiegehalt von + 16% kann das natürlich auch nicht kompensieren. Daher wird Erdgas/Biomethan im Kraftstoffeinsatz auf 200 bar komprimiert und der volumetrische Energiegehalt steigt damit auf 2,03 kWh/l (Ndm³ bei 200 bar) gegenüber 10 kWh/l bei Diesel. Der höhere gravimetrische Energiegehalt im Vergleich zu flüssigen, langkettigeren Kohlenwasserstoffen (wie Diesel) ist im hohen Wasserstoffanteil (C:H = 1:4) des Methanmoleküls (CH₄) begründet¹⁰³. Dies ist zudem die Ursache für die niedrigeren CO₂-Emissionen / Energieeinheit von Erdgas/Biomethan bei vollständiger Verbrennung gegenüber Diesel. (siehe auch Kapitel 5.2)

¹⁰¹ Kraftstoffverordnung 2012, Österreich, Seite 22

¹⁰² Alle Dichteangaben von Erdgas/Biomethan bei Normbedingungen: 1,01325 bar / 0°C

¹⁰³ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 53; 2015

Legt man nun diese Werte auf den „Muster-LKW“ IVECO Eurocargo ergibt sich in Bezug auf die mitgeführte Energiemenge bei voller Betankung folgendes Bild.

Tabelle 18: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG und CBM - max. Energiemenge

IVECO Eurocargo	Diesel	CNG und CBM
Tankinhalt	120 l	480 l bzw. 72 kg (bei 200 bar)
Max. Energiemenge [kWh]	1.200	1.000
Quelle: Eigene Darstellung		

Die Dieselvariante des IVECO Eurocargo hat somit bei vollem Tank um 200 kWh mehr Energie mit an Bord. Ob sich dieses Mehr an Energie auch in einer höheren Reichweite niederschlägt, liegt aber letztendlich an den Wirkungsgraden der unterschiedlichen Motorenkonzepte.

5.1.2 Gasmotoren für LKW im Überblick

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen mono- und bivalenten Antriebssystemen¹⁰⁴. Monovalente Motorsysteme werden nur mit einem Kraftstoff betrieben, bivalente Systeme können zwei unterschiedliche Kraftstoffe nützen, wobei entweder der eine oder der andere Kraftstoff zum Zug kommt. Im PKW – Bereich ist dies typischerweise eine bivalenter (Benzin/CNG) Ottomotor. Für eine bivalente Auslegung sind im Wesentlichen zwei Gründe verantwortlich.

- Absicherung einer Mindestreichweite, wenn für einen der beiden Kraftstoffe (z.B. CNG) vergleichsweise weniger Tankstellen vorhanden sind.
- Schlechtere Kaltstarteigenschaften von einem der beiden Kraftstoffe (z.B. CNG)

Bivalente Systeme sind aber nicht mit Dual-Fuel-Konzepten zu verwechseln. Bei Dual-Fuel-Motorsystemen werden die beiden Kraftstoffe gemischt verbrannt. Dies wird in der Regel dann angewendet, wenn ein zündunwilliger Kraftstoff (z.B. CNG) mit einem zündwilligerem Kraftstoff (z.B. Diesel) gemischt verbrannt werden sollen. Am europäischen CNG-LKW – Markt herrschen aktuell monovalente Otto-Motoren mit 3-Weg Katalysatoren vor, da dieses Konzept bislang als einziges die Einhaltung der EURO VI-Grenzwerte gewährleistet¹⁰⁵.

Diese Einschränkung auf Otto-Motoren hat aber zur Folge, dass im Bereich des Motorwirkungsgrades für CNG-LKWs Nachteile hinzunehmen sind, da dieser

¹⁰⁴ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 267; 2015

¹⁰⁵ Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH: „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, Seite 24; 2016

tendenziell geringer ist. Liegt der Wirkungsgrad (η) beim Diesel-LKW bei ca. 40%, so reduziert sich dieser für den CNG-LKW (auf Basis Otto-Motor) auf ca. 32%.

D.h. der Dieselmotor hat einen um nicht unerhebliche 25% höheren Wirkungsgrad¹⁰⁶.

Gemäß der Shell-Nutzfahrzeugstudie sind aber weitere CNG-LKW-Motorenkonzepte mit höheren Wirkungsgraden in Entwicklung bzw. in Erprobung¹⁰⁷.

- Weiterentwicklung des CNG-LKW-Ottomotors mit einer erwarteten Verringerung der Wirkungsgraddifferenz zu Diesel um 10%
- Dual-Fuel-Konzept (CNG/Diesel), der im Wirkungsgrad fast zum Dieselmotor aufschließt. Der CNG-Anteil im Gemisch liegt bei ca. 50 – 60% und kann auch im 100%-Dieselbetrieb (aber nicht im reinen CNG-Betrieb) gefahren werden.
- Dual-Fuel-Konzept (CNG/Diesel) mit High Pressure Direct Injection (HDPI), der dem Wirkungsgrad des Dieselmotors gleichkommt. Hier liegt der CNG-Anteil im Gemisch bei > 90%, wobei der Motor nur im Mischbetrieb funktioniert.

Im Motorenbereich sind also in Zukunft Modelle zu erwarten, die den Wirkungsgradnachteil zu Dieselmotoren verringern bzw. ausgleichen werden.

¹⁰⁶ Johannes Liebl, Christian Beibl (Hrsg.): "Internationaler Motorenkongress 2017, Proceedings", Springer, Wiesbaden, Seite 420; 2017

¹⁰⁷ Shell Nutzfahrzeug-Studie: "Diesel oder alternative Antriebe – womit fahren LKW und Bus morgen?", Seite 42; 2016

5.1.3 Gastankstelle

Die beiden wichtigsten Parameter für die Abgabekapazität einer Gastankstelle sind der Verdichter (Kompressor) und der Pufferspeicher. Für einen optimalen Betrieb sollten alle Komponenten optimal aufeinander abgestimmt sein¹⁰⁸.

In Abbildung 9 werden die einzelnen Bauteile übersichtlich dargestellt und folgend kurz beschrieben.

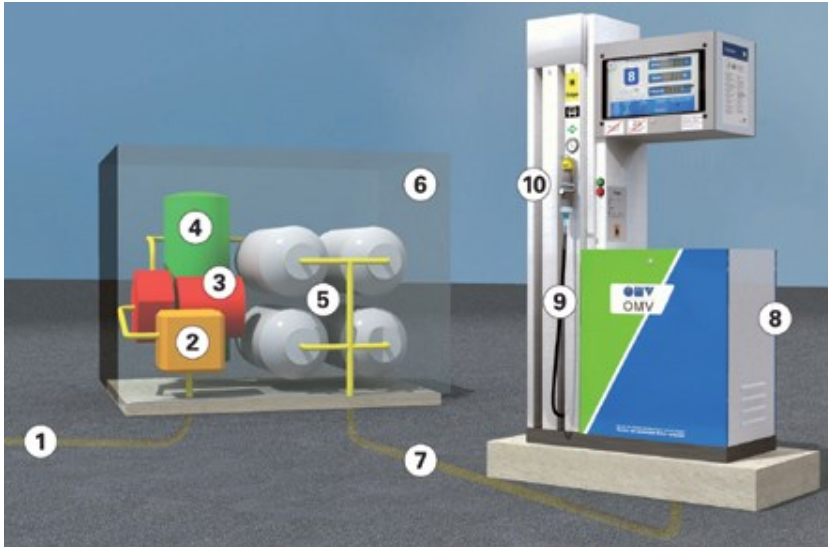


Abbildung 8: Komponenten einer Gastankstelle

Quelle: <http://www.erdgasautos.at/tanken/tankvorgang/>

1. Erdgas- / Biomethanzuleitung
Im Sinne der angenommenen Konstellation (Gastankstelle ist unmittelbar an die Biogasanlage angebunden) stellt dies die Verbindung zur Biogasaufbereitungseinheit dar.
2. Zählleinrichtung
3. Kompressor
4. Trockner, der dem Kompressor vorgeschaltet ist, um die allfällige Restfeuchte zu entfernen, da ansonsten die Tankarmaturen beim Tankvorgang (durch die Gasentspannung) vereisen könnten.
5. Pufferspeicher in Form von miteinander verbundenen, einzelnen Flaschenspeichern
6. Gehäuse, Ummantelung
7. Verbindungsleitung zur Zapfsäule
8. Zapfsäule
9. Tankschlauch
10. Kupplung

¹⁰⁸ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 439; 2015

Je nach gewünschter Abgabemenge (Fahrzeuge pro Tag) werden die einzelnen Komponenten entsprechend dimensioniert. Eine einfache „Standardtankstelle“¹⁰⁹ hat ungefähr folgende technische Kennzahlen.

- Verdichter / Kompressor: ca. 120 Nm³ / h -> 88 kg CNG/CBM
oder einer Tageskapazität (bei 12 h Betriebsdauer der Tankstelle)
von ca. 1.440 Nm³ -> ca. 1.050 kg CNG/CBM
- Pufferspeicher: 28 Flaschen á 80 Liter -> 2,24 m³
- Max. Speicherdruck: 300 bar
- Nutzbares Speichervolumen: ca. 230 Nm³ -> 168 kg CNG/CBM
Das sofort nutzbare Speichervolumen beträgt nur ungefähr 1/3 des Gesamtspeichervolumens, um einen Tankdruck im Fahrzeug von 200 bar schnell liefern bzw. aufbauen zu können. Liegt der Speicherdruck unter 200 bar, müsste der Verdichter sofort nachverdichten, was den Tankprozess wesentlich verlängern würde.
- Zapfsäule mit 2 Kupplungen

In dieser Konstellation können somit pro Tag (12 h) ca. 17 IVECO Eurocargo CNG-LKWs (72 kg Tankinhalt) befüllt werden¹¹⁰.

Nur zu Vergleichszwecken – in Augsburg steht mit einer Abgabeleistung von 6.000 Nm³/h (aus 6 Kompressoren) die zurzeit größte CNG-Betankungsanlage in Deutschland, über die täglich rund 100 CNG-Busse betankt werden¹¹¹.

¹⁰⁹ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seite 439 – 441; 2015 bzw. <https://www.zukunft-erdgas.info/leistungen/tankstellenbetrieb/tankstellen-technik> [11.11.2017]

¹¹⁰ Die Daten wurden mit einer konkreten Gastankstellenvariante (Greenfill) abgeglichen: http://www.greenfill.eu/pdf/greenfill_datasheet_gc-primecomfort.pdf [11.11.2017]

¹¹¹ Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH: „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, Seite 34; 2016

5.2 Klimaschutzfaktoren

5.2.1 Energiebereitstellung und THG-Emissionen Diesel vs CNG und CBM

Für eine umfassende Beurteilung von Energieverbrauch und THG-Emissionen bei Kraftstoffen ist es entscheidend auch die jeweilige Vorkette (Gewinnung, Produktion, Transport) zu berücksichtigen. Den Blickwinkel nur auf den unmittelbaren Verbrauch im Fahrzeug zu werfen, wäre zu kurz gegriffen.

Dazu wird der sogenannte WTW-Ansatz („Well o Wheel“) angewendet, der in Abbildung 9 illustriert ist¹¹².

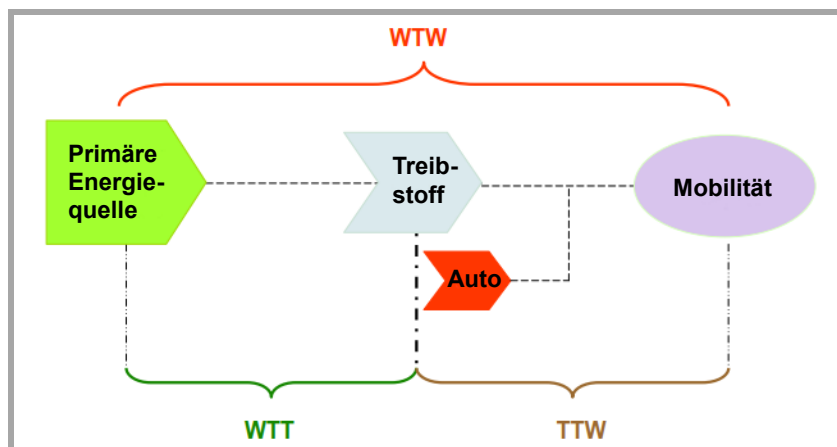


Abbildung 9: WTW-Schema
Quelle: Ajanovic, MSC-Modul 1 2012

Der Gesamtenergieverbrauch bzw. die THG-Emissionen werden in zwei Hauptkomponenten unterteilt:

- WTT (Well to Tank): Hier werden die Energieverbräuche/THG-Emissionen akkumuliert, die bis zur Betankung des jeweiligen Fahrzeuges anfallen. Sie werden üblicherweise in kWh / kWh_{fuel} berechnet. D.h. es wird jene Energiemenge ausgewiesen, die für die Produktion und Bereitstellung am Abgabeort (Tankstelle) von einer kWh (od. MJ) des jeweiligen Kraftstoffes angefallen ist. Dies gilt analog für die in der Vorkette entstandenen THG-Emissionen, die dann in g CO₂-Äqu./ kWh_{fuel} dargestellt werden.
- TTW (Tank to Wheel): Dieser Teil der Gesamtkette beschreibt den Energieverbrauch/die THG-Emissionen, die durch die Nutzung (in unserem Fall Verbrennung im Diesel- od. Gasmotor) des jeweiligen Kraftstoffes

¹¹² Amela, Ajanovic: „MSc-Modul 1: “(Renewable) Energy in transport: a comparative economic, ecological and technical analysis“, Technische Universität Wien, Seite 65; 2012

verursacht werden. An dieser Stelle kommt nun der spezifische Verbrauch des Fahrzeuges oder ein Durchschnittsverbrauch einer Fahrzeugklasse zum Ansatz. Der Energieverbrauch wird in diesem Fall in kWh / Wegstrecke (i.d.R. 1 od. 100 km) und die THG-Emissionen analog in g CO₂-Äqu. / Wegstrecke ausgewiesen.

Zusammengefasst ergeben sich folgende Grundformeln für Energieverbrauch und THG-Emissionen:

$$E_{\text{WTW}} = E_{\text{WTT}} + E_{\text{TTW}} \quad (3)$$

E_{WTW} ... Energieeinsatz WTW (Well-to-Wheel)
 E_{WTT} ... Energieeinsatz WTT (Well-to-Tank)
 E_{TTW} ... Energieeinsatz TTW (Tank-to-Wheel)

$$\text{THG}_{\text{WTW}} = \text{THG}_{\text{WTT}} + \text{THG}_{\text{TTW}} \quad (4)$$

THG_{WTW} ... THG-Emissionen WTW (Well-to-Wheel)
 THG_{WTT} ... THG-Emissionen WTT (Well-to-Tank)
 THG_{TTW} ... THG-Emissionen TTW (Tank-to-Wheel)

Die generischen Daten für die Berechnungen dieser Arbeit sind den umfangreichen JEC/JRC – Analysen entnommen¹¹³.

Folgende zwei Einschränkungen¹¹⁴ sind aber noch anzumerken:

- In den Daten wurden die Effekte aus der Produktion und Entsorgung der Fahrzeuge und jene der Produktionsanlagen bzw. Transportinfrastruktur nicht aufgenommen. In diesem Falle würde man von einer Lebenszyklusanalyse (LCA – „Life Cycle Assessment“) oder Ökobilanz sprechen, die noch wesentlich aufwendiger wäre.
- Abgesehen davon wurden auch die Effekte von direkten oder indirekten Landnutzungsänderung, die im Bereich jener Biokraftstoffe, deren Rohstoffe Agrarprodukte sind, einen Einfluss haben können, (siehe auch Kapitel 3.5) nicht berücksichtigt.

¹¹³ <http://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads> [11.11.2017]

¹¹⁴ EU-Kommission / Joint Research Center: „Well-to-Tank Report Version 4.a“, Seiten 10, 14; 2014

Betrachtet man nun die WTT-Prozesskette¹¹⁵ in Abbildung 10 für Diesel, CNG und CBM werden doch einige Unterschiede deutlich.

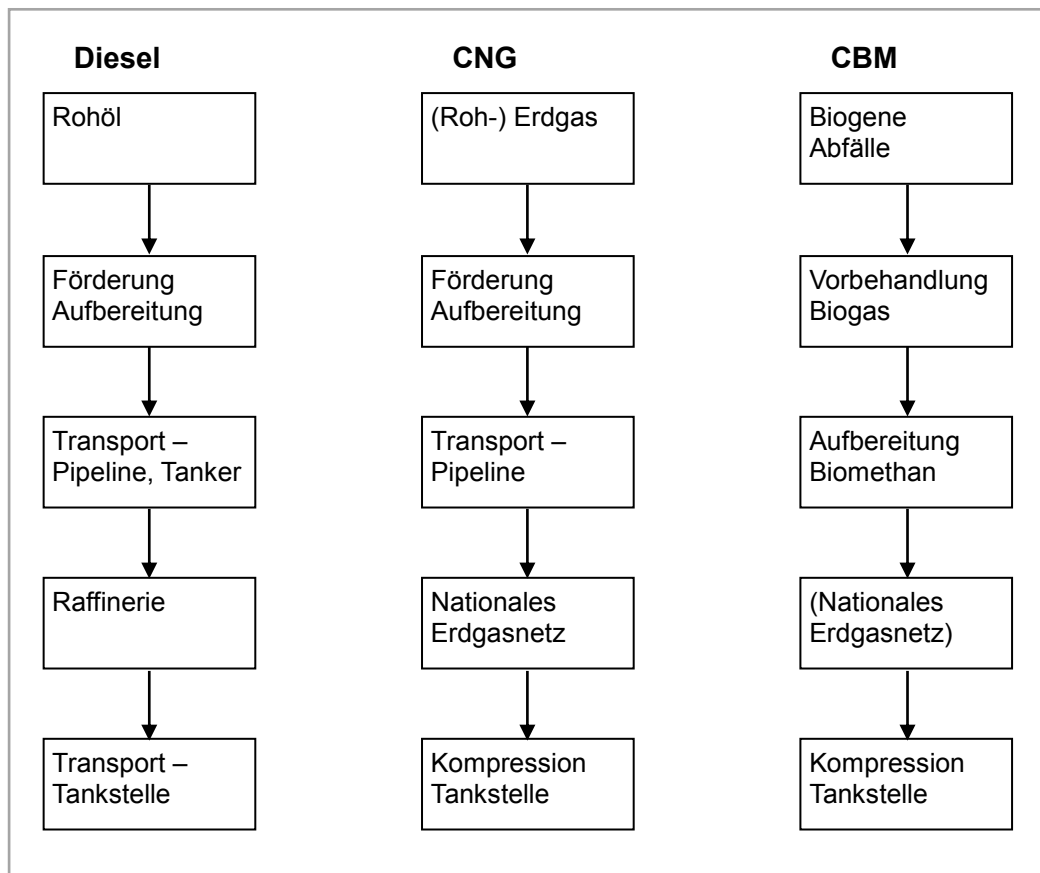


Abbildung 10: WTT-Prozesskette für Diesel, CNG und CBM

Quelle: Eigene Darstellung – adaptiert aus: JRC: Well-to-Tank Report Version 4.a 2014

Der wesentlichste Unterschied besteht in der Tatsache, dass sowohl Rohöl als auch Erdgas in der Regel lange Transportwege hinter sich bringen. Biomethan (od. CBM) bezieht seinen grundlegenden Rohstoff i.d.R. aus regionalen oder zumindest nationalen Ressourcen. Die Konvertierung der Primärenergie findet im Fall von Rohöl und Biomethan i.d.R. auf regionaler/nationaler Ebene statt. Erdgas hingegen wird bereits als „fertiges“ Produkt in das jeweilige Land importiert (abgesehen von nationalen Erdgasvorkommen).

Zudem bildet die JEC/JRC-Studie die Basisprozessketten noch weiter in unterschiedlichen Variationen ab. Für die WTT-Diskussion wurden folgende Subpfade und deren spezifischen Daten hinsichtlich Energieverbrauch und THG-Emissionen gewählt.

¹¹⁵ EU-Kommission / Joint Research Center: “Well-to-Tank Report Version 4.a”,
Seiten 20, 86 – 91; 2014 adaptiert

- Rohöl – Dieselpfad
- Erdgas – EU-Mix-Pfad
- Biogas – Biomethan aus biogenen Abfällen, da von den 15 Biomethanaufbereitungsanlagen 9 mit biogenen Abfällen arbeiten.

An Hand obiger Subpfade¹¹⁶ wurden nun die WTT-Werte in Tabelle 19 zusammengestellt und zur Besserung Orientierung auch in kWh/kg dargestellt, um einen Bezug zur Abgabereinheit an der Tankstelle zu bekommen.

Tabelle 19: WTT: Energieverbrauch für Produktion/Bereitstellung des Kraftstoffes

	Diesel	CNG	CBM
kWh/kWh _{Fuel}	0,06	0,05	0,28
kWh/kg _{Fuel}	0,68	0,64	3,84
Quelle: JRC – eigene Darstellung			

Was an Tabelle 19 auffällt, ist der vergleichsweise hohe Wert für CBM. Liegen Diesel und CNG relativ nahe beieinander, so verbraucht die Produktion und Bereitstellung von CBM das 5-fache an Energie als Diesel. Gemäß den JEC/JRC-Daten ist dieser Mehrverbrauch in der Produktion von CBM begründet, der alleine knapp 0,26 kWh/kWh_{Fuel} ausmacht. Dagegen sind die Einzelverbräuche in den jeweiligen Prozessstufen von Diesel und CNG wesentlich ausgeglichener.

Hinsichtlich der WTT-THG-Emissionen werden nun ebenfalls die einzelnen THG-Emissionswerte je Prozessschritt in Tabelle 20 aufsummiert.

Tabelle 20: WTT: THG-Emissionen für Produktion/Bereitstellung des Kraftstoffes

	Diesel	CNG	CBM
g CO ₂ -Äqu./kWh _{fuel}	55,27	46,91	53,39
g CO ₂ -Äqu./kg _{fuel}	659,88	651,16	741,02
Quelle: JRC - eigene Darstellung			

Hier verändert sich die Reihung, wobei CNG nun den „ersten“ Platz einnimmt. Sieht man sich in den JEC/JRC-Daten wiederum die THG-Emissionswerte der einzelnen Prozessschritte an, hat die Kraftstoffaufbereitung sowohl bei Diesel (Raffinerie) als auch bei CBM (Biomethanaufbereitung) den jeweils größten Anteil an der Gesamtsumme der THG-Emissionen. Für Diesel sind dies 31 g CO₂-Äqu./kWh_{fuel}

¹¹⁶ EU-Kommission / Joint Research Center: “Well-to-Tank Appendix 2 Version 4.a”, Seiten 9, 11; 2014 / Diesel – Pfad: COD1 (gemäß JEC/JRC-Nomenklatura), CNG: GMCG1 (= EU Mix), Biogas OWCG1 (= Biomethan aus biogenen Abfällen)

und für CBM sogar 41 g CO₂-Äqu./kWh_{fuel}, was aber für CBM zu erwarten, da dieser Prozessschritt auch den überwiegenden Anteil am WTT-Energieverbrauch aufweist. Mit Hilfe der CO₂-Emissionsfaktoren für Diesel und CNG kann nun auch eine Art generischer WTW-THG-Emissionswert / Energieeinheit (bei vollständiger Verbrennung bezogen auf 1 kWh des jeweiligen Kraftstoffs) abgeleitet werden¹¹⁷. Diese Werte finden sich in Tabelle 21.

Tabelle 21: WTW-Werte bei vollständiger Verbrennung (ohne Fahrzeugverbrauch)

	Diesel	%	CNG	%	CBM	%
WTT	55,27	17%	46,91	19%	53,39	100%
TTW	263,52	83%	202,32	81%	0,00	0%
WTW	318,79	100%	249,23	100%	53,39	100%
Werte in g CO ₂ -Äqu./kWh _{fuel}						
Quelle: JRC - eigene Darstellung						

Da CBM als Biotreibstoff bei der Verbrennung keine zusätzlichen THG-Emissionen frei setzt (bilanziell gesehen), steht es nun mit großem Abstand an der Spitze. Das Verhältnis WTT:TTW ist bei den fossilen Kraftstoffen mit ca. 20:80 relativ ähnlich. Damit ist auch klar, dass zukünftiges Emissionsreduktionspotential bei den fossilen Kraftstoffen vorrangig im TTW-Bereich zu suchen ist, was sich ja auch in Regulativen wie strenger Abgasvorschriften (EURO VI) und Flottenemissionszielen (siehe Kapitel 3.4) niederschlägt. D.h. in einer Gesamtbetrachtung schneidet CBM erwartbar trotz deutlich höherem Energieeinsatz, am besten ab.

Ob sich dieses positive Ergebnis ebenso in den nun konkreten WTW-Berechnungen für den IVECO Eurocargo (Diesel vs CBM vs CNG) niederschlägt, wird mit Hilfe der folgenden Diagramme diskutiert. Jetzt wird auf jeden Fall der bereits besprochene, schlechtere Wirkungsgrad des Gasmotors gegenüber dem Dieselmotor (siehe Kapitel 5.1.2) einen Einfluss haben. Die zu Grunde liegenden durchschnittlichen Verbräuche / km errechnen sich aus den Werten (Tankinhalt und Reichweite) aus Tabelle 16.

¹¹⁷ EU-Kommission / Joint Research Center: "Well-to-Tank Appendix 1 Version 4.a", Seiten 11, 13; 2014 / Diesel: 73 g CO₂/MJ; CNG 56,2 g CO₂/MJ

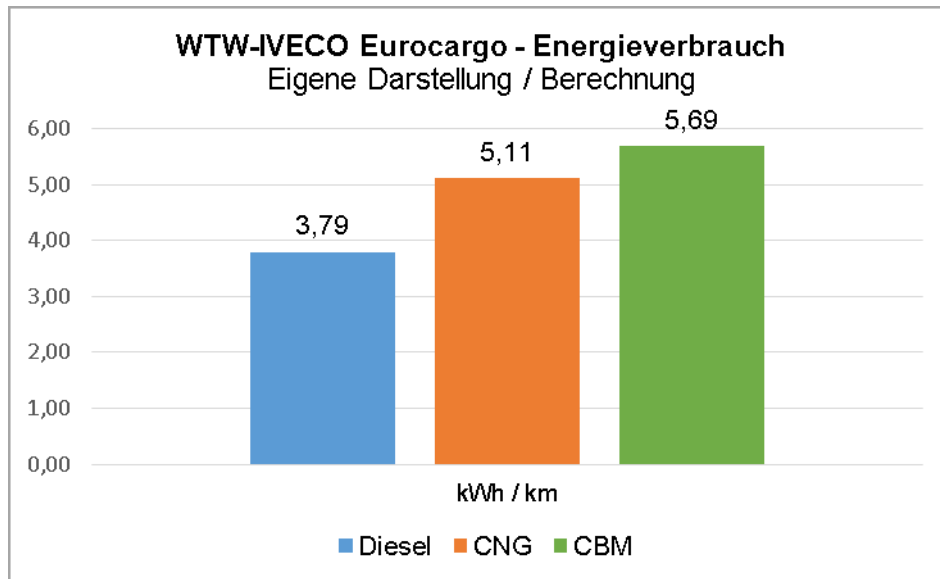


Abbildung 111: WTW-IVECO Eurocargo: Energieverbrauch gesamt / km
Quelle: Eigene Darstellung – Daten JRC (2014) und IVECO Eurocargo

Abbildung 11 zeigt jetzt den WTW-Energieverbrauch / km des IVECO Eurocargo in den drei Treibstoffvarianten. Nicht ganz überraschend verursacht die CBM-Variante um 50% mehr Energieverbrauch / km als die Dieselveariante.

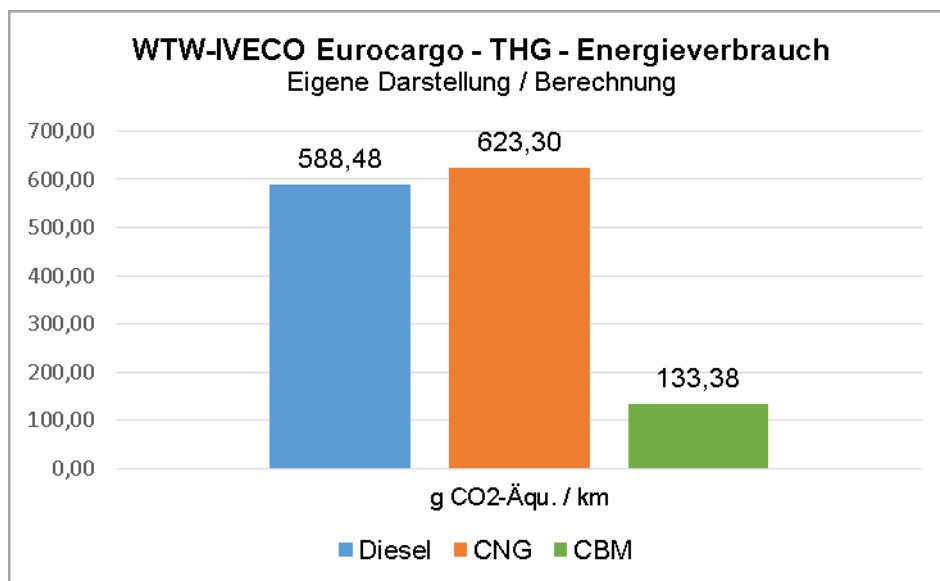


Abbildung 122: WTW-IVECO Eurocargo: THG-Emissionen gesamt / km
Quelle: Eigene Darstellung – Daten JRC (2014) und IVECO Eurocargo

Hinsichtlich der WTW-THG-Emissionen / km, in Abbildung 12 dargestellt, schlägt aber doch der Effekt entscheidend durch, dass es sich bei CBM eben um einen Biokraftstoff handelt, der im TTW-Segment mit Null bilanziert. Die CBM-Variante des

IVECO Eurocargo verursacht um 73 % weniger THG-Emissionen als die Dieselveariante.

Zusammenfassend sind aus einer ökologischen Sicht klare Vorteile für die CBM-Variante des IVECO Eurocargo festzustellen, obwohl der energetische Mehrverbrauch nicht außer Acht gelassen werden darf. Sollte es doch ganz grundsätzlich das Ziel sein, den Energieverbrauch im Transportsektor zu verringern.

Die Ergebnisse generell auf alle LKW (Klasse N3 > 12 t) umzulegen, wäre aber natürlich nicht zulässig. Die bereits zitierte Studie „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“¹¹⁸ führte vergleichbare Berechnungen mit einem 40t-LKW durch und verglich dabei Diesel vs CNG vs LNG. Allerdings wurde dabei nicht eine konkrete Fahrzeugtype ein und desselben Hersteller untersucht, sondern mit Daten aus der Literatur gearbeitet. Die Studie kommt dabei zu sehr ähnlichen Ergebnissen in Bezug auf Diesel vs CNG wie der Autor.

Die wirtschaftliche Gegenüberstellung des Fallbeispiels IVECO Eurocargo wird dann in Kapitel 5.3 angestellt.

5.2.2 THG - Emissionen - Einsparungspotentiale

Aus den bisher angestellten Berechnungen lässt sich nun das Einsparungspotential durch CBM (bezogen auf den IVECO Eurocargo) bei den verkehrsbedingten THG-Emissionen abschätzen. Außerdem wurde die berechnete Bandbreite des theoretischen, jährlichen Biomethanpotentials aus Tabelle 15 gemittelt.

Die weiteren Daten sind Tabelle 21 angeführt.

Tabelle 21: Basisdaten: Theoretisches Biomethanpotential im Schwerverkehr

Daten: Berechnung THG-Einsparungspotential		
Theoretisches Biomethanpotential / Jahr	168,54	1.000 t
Biomethanproduktion 2015	6,7	1.000 t
Durchschnittliche Kilometeranzahl Schwerverkehr	74.800	km/Jahr
Durchschnittsverbrauch IVECO Eurocargo CNG/CBM	0,18	kg/km
Jahresverbrauch IVECO Eurocargo CNG/CBM	0,01346	1.000 t / Jahr
TTW IVECO Eurocargo Diesel	486,52	g CO ₂ -Äqu./km
Quelle: Eigene Berechnung - Zusammenstellung		

¹¹⁸ Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH: „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016, Seiten 68, 70

Die erste Abschätzung bezieht sich auf die bereits vorhandenen Biomethanproduktion 2015. Die zweite Abschätzung bezieht sich auf das theoretische Biomethanpotential. Im ersten Schritt werden die Anzahl der IVECO Eurocargo CNG-LKWs berechnet, die mit der jeweiligen Biomethanmenge betrieben werden könnten. Jedoch ersetzen diese nicht unmittelbar fossil betriebene CNG-LKWs, da, wie in Kapitel 3 diskutiert, diese in Österreich kaum existent sind. D.h. real werden Diesel-LKWs (IVECO Eurocargo Diesel) ersetzt. Somit kann die Abschätzung der THG-Einsparungspotentiale nur über die Jahreskilometer aller CNG-LKWs, multipliziert mit dem TTW-Wert / km¹¹⁹ des IVECO Eurocargo Diesel berechnet werden.

1. Abschätzung (Basis: Biomethanproduktion 2015)

$$\text{Anzahl IVECO Eurocargo CNG} = \frac{\text{Biomethanproduktion 2015}}{\text{Jahresverbrauch IVECO Eurocargo CNG}} \quad (5)$$

-> 498 Stk. IVECO Eurocargo CNG jährlich können mit dem real verfügbaren Biomethanausstoß betrieben werden.

$$\text{THG – Einsparungspotential} = 498 * \text{Jahreskm} * \text{TTW} \quad (6)$$

-> 18 [1000t] CO₂-Äqu./kg an THG-Emissionen können mit dem real verfügbaren Biomethanausstoß vermieden werden.

Dies entspricht 0,22% der THG-Emissionen des Schwerverkehrs 2015.

2. Abschätzung (Basis: Theoretisches Biomethanpotential)

$$\text{Anzahl IVECO Eurocargo CNG} = \frac{\text{Theoretisches Biomethanpotential}}{\text{Jahresverbrauch IVECO Eurocargo CNG}} \quad (7)$$

-> 12.521 Stk. IVECO Eurocargo CNG jährlich können mit dem theoretischen Biomethanpotential betrieben werden.

$$\text{THG – Einsparungspotential} = 12.521 * \text{Jahreskm} * \text{TTW} \quad (8)$$

-> 454 [1000t] CO₂-Äqu./kg an THG-Emissionen können mit dem theoretischen Biomethanpotential vermieden werden.

Dies entspricht 5,6% der THG-Emissionen des Schwerverkehrs 2015.

Im Jahr 2015 wurden durch die Beimischung von Biokraftstoffen insgesamt

¹¹⁹ Differenz der Diesel-Werte aus Abbildung 13 und 15

2.133 [1.000t] CO₂-Äqu./kg¹²⁰ vermieden. Stünde das theoretische Biomethanpotential tatsächlich zur Verfügung, dann könnte das gesamte THG-Einsparungspotential im Straßenverkehr um gut 20% gesteigert werden.

5.3 Wirtschaftliche Faktoren

Dieses Kapitel diskutiert jetzt die wirtschaftlichen Faktoren im Sinne der Forschungsfragen und es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass sämtliche Berechnungen/Kalkulationen ohne Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer) getätigt werden.

5.3.1 Kostenvergleich Diesel vs CNG vs CBM

Zu Beginn des Kostenvergleichs sind einmal die aktuellen Tankstellenpreise zu eruieren und in ihre Kostenkomponenten zu zerlegen.

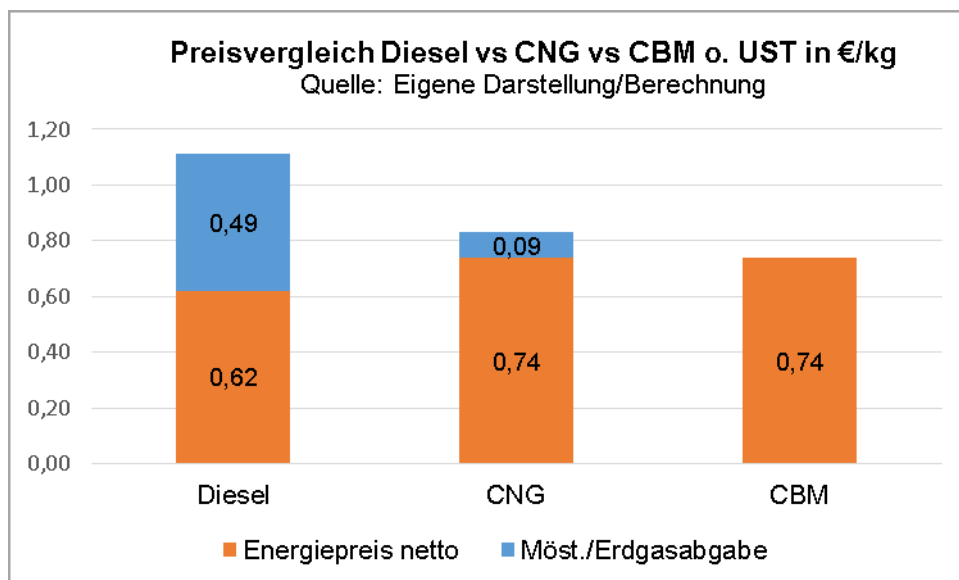


Abbildung 133: Preisvergleich Diesel vs CNG vs CBM in €/kg
Quelle: CNG/CBM-Daten aus www.spritpreisrechner.at [03.11.2017] /
Dieseldaten BMWFW – Treibstoffmonitor (2017)

Abbildung 15 spiegelt die jetzige Situation an Österreichs Tankstellen wider. In Ermangelung von österreichischen, historischen Preisentwicklungen für CNG wurde das Portal www.spritpreisrechner.at als Datenquelle¹²¹ herangezogen. Dabei wurde zumindest eine der ohnehin wenigen CBM-Tankstelle angezeigt, die sich vom Preisniveau ebenso im CNG-Bereich bewegt. Im Sinne der Konkurrenzfähigkeit CNG vs CBM soll dies auch so beibehalten werden.

Um hier denselben (aktuellen) Blickwinkel einzunehmen, wurde der Dieselpreis aus

¹²⁰ Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, Seite 23; 2016

¹²¹ BMWFW – e-control: Spritpreisrechner, Abfrage der 10 günstigsten CNG-Tankstellen pro Bundesland und anschließende Mittelwertbildung über alle Daten [03.11.2017]

den Werten für Okt. 2017¹²² gemittelt. Zur unmittelbaren Vergleichbarkeit wurde der Dieselpreis auf € / kg umgerechnet¹²³.

Der aktuelle Dieselpreis von 1,11 €/kg setzt sich zusammen aus:

- Mineralölsteuer¹²⁴: 0,49 €/kg
- Energiepreis netto (inkl. Betreiber marge): 0,62 €/kg

Der aktuelle CNG-Preis von 0,83 €/kg setzt sich zusammen aus:

- Erdgasabgabe¹²⁵: 0,09 €/kg
- Energiepreis netto (inkl. Betreiber marge): 0,74 €/kg

Die Erdgasabgabe ist insofern von zusätzlicher Bedeutung, da Biomethan grundsätzlich davon befreit ist¹²⁶, wobei dies nur dann gilt, wenn das zur Tankstelle gelieferte Biomethan nicht über das öffentliche Erdgasnetz läuft. D.h. betreibt man eine CBM-Tankstelle unmittelbar neben einer Biogasanlage, was ja im Fokus dieser Arbeit liegt, kann man daraus einen kleinen Preisvorteil gegenüber CNG generieren. Damit liegt der CBM-Preis bei 0,74 €/kg.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Preisvorteil von CNG/CBM in der augenblicklichen Preissituation nur auf die geringere Abgabenquote zurückzuführen ist. Diese Grunddaten finden nun Anwendung in der folgenden Betrachtung des Fallbeispiels – IVECO Eurocargo.

5.3.2 Wirtschaftlichkeit des IVECO Eurocargo

Für die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen zum IVECO Eurocargo sollen in Tabelle 22 die nötigen Parameter nochmals in Erinnerung gerufen werden.

Tabelle 22: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG, techn. Daten und Preis

Gegenüberstellung IVECO Eurocargo Diesel vs CNG		
Modell	ML160E22/P EVI_C - H160	ML 160E21/P CNG - H16G
Tankinhalt	120 l Diesel / 30 l AdBlue	2x3x80 l -> 72 kg (b. 200bar)
Reichweite Ø	650 km	400 km
Preis (ohne UST)	56.900 €	76.900 €

Es wird davon ausgegangen, dass die sich variablen Kostenanteile (Wartung, Versicherung, Treibstoffkosten) sich nur in Bezug auf die Treibstoffkosten

¹²² BMWFW – Treibstoffmonitor:

<https://www.bmwfw.gv.at/EnergieUndBergbau/Energiepreise/Seiten/Treibstoffpreismonitor.aspx> [03.11.2017]

¹²³ Dichte für Diesel gemäß Kraftstoffverordnung 2012, Österreich, Seite 22: 0,837 kg/l

¹²⁴ Gemäß Mineralölsteuergesetz 1995: 397 €/1.000l mit Biodieselbeimischung, 425 €/1.000l ohne Biodieselbeimischung. Der Autor folgt in der Berechnung der Statistik Austria die beiden Werte mittelt: 410€/1.000l

¹²⁵ Erdgasabgabe siehe <https://www.bmf.gv.at/steuern/Erdgasabgabe.html> [03.11.2017]

¹²⁶ Wirtschaftskammer Österreich: „Ökologisierung des Verkehrs“, 2017, Seite 11

unterscheiden¹²⁷. Daher gilt es zu untersuchen, ob und ab wann der geringere Treibstoffpreis (Diesel + AdBlue vs CNG vs CBM) den Preisunterschied (von € 20.000,--) kompensiert.

Tabelle 23: Übersicht - Preise: Diesel, Adblue, CNG

	Diesel	Adblue	CNG	CBM
Preis €/l	0,93	0,75	x	x
Preis €/kg	1,11	0,82	0,83	0,74
Quelle: Eigene Darstellung				

Zu den bereits besprochenen Treibstoffpreisen kommt für die Dieselvariante noch der AdBlue-Preis¹²⁸ hinzu, der in Tabelle 23 in €/l bzw. €/kg¹²⁹ zusätzlich hinterlegt ist. Gemäß Angabe von IVECO beträgt der AdBlue-Verbrauch ca. 5% des Dieserverbrauchs und wurde entsprechend hineingerechnet.

Tabelle 24: Vergleich Eurocargo Diesel vs CNG – Verbrauch und Kosten/100km

	Eurocargo Diesel	Eurocargo CNG	Eurocargo CBM
Verbrauch l/100 km	18,46	x	x
Verbrauch kg/100 km	15,45	18	18
Verbrauch kWh/100 km	184,50	249,84	249,84
Verbrauch AdBlue l/100 km	0,92	x	x
Verbrauch AdBlue kg/100 km	0,77	x	x
Kosten			
Kosten Treibstoff €/100 km	17,17	14,94	13,32
Kosten AdBlue €/100 km	0,63	x	x
Kosten gesamt €/100 km	17,80	14,94	13,32
Differenz Diesel vs CNG vs CBM €/100 km		2,86	4,48
Quelle: Eigene Darstellung / Berechnung			

Abgeleitet von den durchschnittlichen Reichweiten (siehe Tabelle 22) wurde die durchschnittlichen Verbrauchswerte in l / kg / kWh auf 100 km für die drei Varianten berechnet. Gemäß Angabe von IVECO beträgt der AdBlue-Verbrauch ca. 5% des Dieserverbrauchs und wurde entsprechend hineingerechnet.

¹²⁷ Der Autor folgt hier der Auskunft von Hr. Stipits (GF Entsorgung Stipits GmbH), einer der wenigen CNG/CBM-LKW Nutzer in Österreich, siehe Interview im Anhang

¹²⁸ Preis Adblue: Onlinerecherche, Mittelwert aus 4 österreichischen Anbietern im 200 l – Fass [05.11.2017]

¹²⁹ Dichte von AdBlue (1,09 kg/m³) gemäß OMV-technisches Datenblatt: https://www.omv.at/SecurityServlet/secure?cid=1170768757678&lang=de&swa_id=697287215140.384&swa_site= [05.11.2017]

Auf Basis der aktuellen Treibstoffpreise bringt die CNG-Variante einen durchschnittlichen Kostenvorteil von € 2,86, die CBM-Variante von € 4,48 pro 100 km Fahrleistung.

Eine andere Vergleichsmöglichkeit unterschiedlicher Antriebsarten ist die Sichtweise der Mobilitätskosten / 100 km / Jahr¹³⁰, die sowohl Investitionskosten, Fahrleistung und Wartungskosten mit in Bezug zu den Verbrauchskosten setzen.

$$C_{km} = \frac{IC * \alpha}{skm} + Pf * FI + \frac{C_{O\&M}}{skm} \quad (9)$$

C_{km} ...Mobilitätskosten / 100 km

IC...Investitionskosten (investment costs)

α ...Annuitätsfaktor (capital recovery factor)

skm...Spezifische Fahrleistung / 100 km (specific km driven per year)

P_f ...Treibstoffpreis inkl. Abgaben (Fuel price ink. taxes)

FI...Treibstoffverbrauch / 100 km (Fuel intensity)

$C_{O\&M}$...Betriebs- und Wartungskosten (Operating & maintenance costs)

Da aber davon ausgegangen wird, dass Wartungs- und Betriebskosten gleich gehalten werden und es sich weiters um eine äußerst ähnliche Fahrzeugtype handelt, wurde obige Berechnungsformel vereinfacht.

$$C_{km} = \frac{IC}{skm} + Pf * FI \quad (10)$$

Damit wurden die Werte in Abbildung 16 berechnet. Die durchschnittliche Jahreskilometerleistung (74.800 km für LKW < 18 t) ist gemäß Umweltbundesamt (Emissionskennzahlen) gewählt¹³¹.

¹³⁰ Amela, Ajanovic: „Renewable fuels – A comparative assessment from economic, energetic and ecological point-of-view up to 2050 in EU-countries“, in Renewable Energy, Seite 736; 2013

¹³¹ http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/verkehr/1_verkehrsmittel/EKZ_Doku_Verkehrsmittel_01.pdf [05.11.2017]

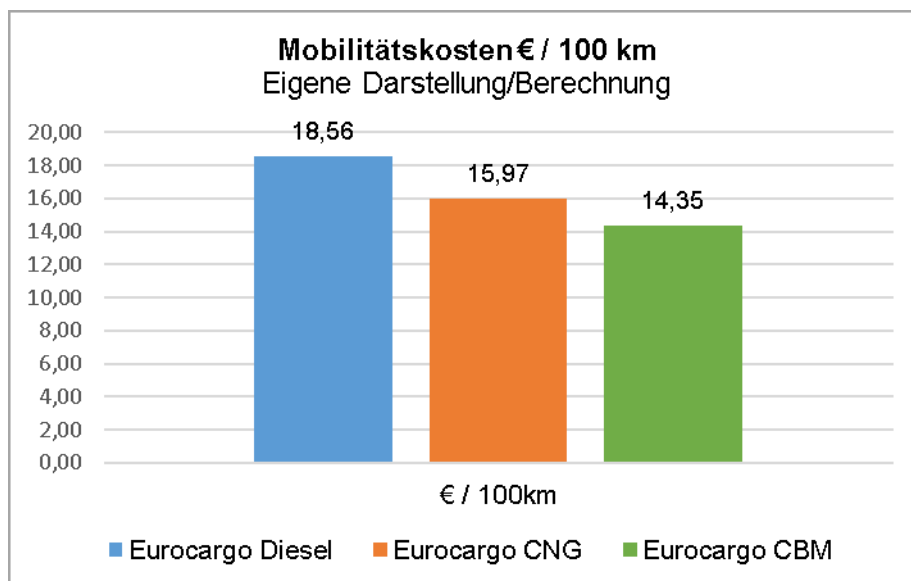


Abbildung 144: Vergleich der Mobilitätskosten von Eurocargo Diesel, CNG und CBM in EUR/100 km mit Treibstoffpreisen 2017

Daraus lassen sich aus Blickwinkel des „klassischen“ Diesel-LKW schon nennenswerte Vorteile für die CNG-Variante (- 14%) und für die CBM-Variante (- 23%) ableiten. Wichtig für einen Unternehmer ist zudem, zu welchem Zeitpunkt die summierten Einsparungen schlagend werden. Eine vereinfachte Sichtweise (statische Berechnung mit stabilen Treibstoffkosten über die Zeit) zu dieser Frage ist in Tabelle 25 berechnet.

Tabelle 25: Einsparungseffekt Diesel vs. CNG - Verwendungsdauer

	CNG-Ersparnis / Jahr	CBM-Ersparnis / Jahr	Preisdifferenz zw. Diesel vs CNG-Variante	
	Bezogen auf 74.800 km / Jahr		-20.000 €	
	2,86 € / 100km	4,48 € / 100km	CNG	CBM
Jahr1	2.140 €	3.351 €	-17.860 €	-16.649 €
Jahr2	2.140 €	3.351 €	-15.720 €	-13.298 €
Jahr3	2.140 €	3.351 €	-13.580 €	-9.947 €
Jahr4	2.140 €	3.351 €	-11.440 €	-6.596 €
Jahr5	2.140 €	3.351 €	-9.300 €	-3.245 €
Jahr6	2.140 €	3.351 €	-7.161 €	106 €
Jahr7	2.140 €		-5.021 €	
Jahr8	2.140 €		-2.881 €	
Jahr9	2.140 €		-741 €	
Jahr10	2.140 €		1.399 €	
Quelle: Eigene Darstellung/Berechnung				

Der vermeintlich geringe Betrag der Erdgasabgabe führt in Verbindung mit der Jahresfahrleistung zu deutlichen Effekten. Die CBM-Variante kompensiert ca. 4

Jahre (im 6. Jahr) vor der CNG-Variante den Mehrpreis gegenüber der Diesel-Variante (im 10. Jahr). Die Mehrpreiskompensation der CBM-Variante im 6. Jahr kann als durchaus akzeptabel beurteilt werden. Die deutsche Afa-Tabelle für den Personen- und Güterverkehr gibt für die steuerliche Nutzungsdauer eines LKW über 7,5 t einen Wert von 5 Jahren¹³² aus. D.h. der Preisabstand Diesel vs CNG vs CBM ist mit Sicherheit ein entscheidendes (Kauf)Argument, wenn es um die Variantenwahl geht.

Da in diesen Berechnungen keine historischen Treibstoffdaten aus Österreich eingeflossen sind und der Preisabstand nur eine Momentaufnahme darstellt, ist es natürlich von Interesse entsprechende Vergleiche zumindest von anderen Treibstoffmärkten aufzuzeigen.

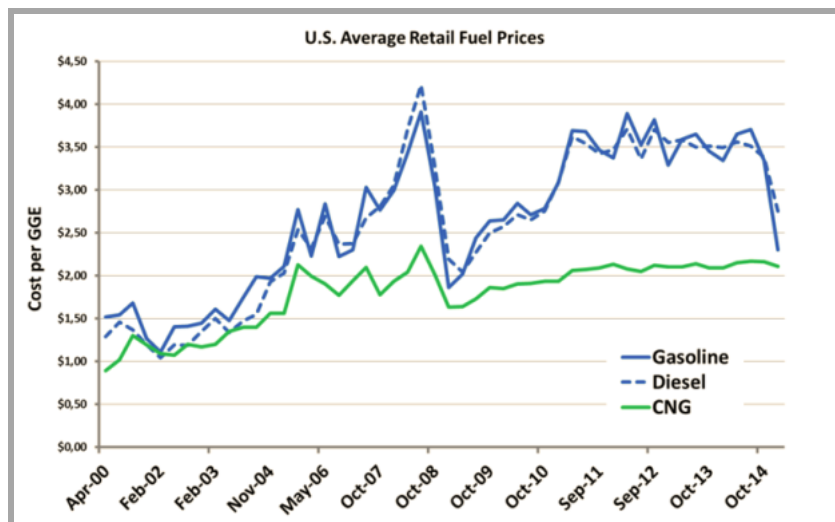


Abbildung 155: Konsumentenendpreise von Benzin, Diesel und CNG in den U.S in US \$ (Preise in Benzin Gallonenäquivalent)

Abbildung 17¹³³ zeigt eine interessante Entwicklung. Folgte der CNG-Preis in den USA von 2000 bis 2008 relativ eng allen Ausschlägen von Benzin/Diesel, so hat sich dieser von 2008 bis 2014 vollkommen von den Benzin/Diesel abgekoppelt. Diese Abkoppelung ist aus Sicht der CNG-Preisbildung von Vorteil, denn gemäß dieses Diagramms war die CNG-Preisentwicklung ab 2008 weit kontinuierlicher bzw.

¹³²

https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Steuern/Weitere_Steuerthemen/Betriebspruefung/Afa-Tabellen/1998-01-26-afa-99.pdf;jsessionid=7F94463F9B0C9C27F04771E182B9CAAA?__blob=publicationFile&v=3, [18.11.2017]

¹³³ Johannes Liebl, Christian Beibl (Hrsg.): "Internationaler Motorenkongress 2017, Proceedings", Springer, Wiesbaden, Seite 417; 2017

kalkulierbarer und nicht mit den teilweise erheblichen Schwankungen bei Diesel und Benzin behaftet.

Eine zweite – ganz andere – Komponente, die großen Einfluss auf die Kompensationsdauer des Preisunterschiedes haben kann, sind allfällige staatliche Ankaufsförderungen. Bis 2016 wurden im Rahmen des Klima aktiv mobil-Förderprogramms¹³⁴ für CNG-LKWs (N3), die mit CBM betankt werden, € 5.000,--- Investitionsförderung ausgeschüttet. Diese Förderlinie wurde aber 2017 nicht fortgesetzt. Bringt man diese € 5.000,-- in der Kompensationsberechnung (Tabelle 25) zum Ansatz, dann verkürzt sich die Zeitspanne in der CBM-Variante um ein weiteres Jahr und die Preisdifferenz wäre bereits im 5. Jahr kompensiert. Damit sind die Wirtschaftlichkeitsüberlegungen hinsichtlich des CNG-LKWs abgeschlossen und es folgt nun die entsprechende Analyse für die Gastankstelle.

5.3.3 Analyse der Wirtschaftlichkeit der Gastankstelle

Die Wirtschaftlichkeit der CBM-Tankstelle wird über die Kapitalwertmethode (Nettobarwert / engl. Net Present Value (NPV)) beurteilt. Diese gehört zu den dynamischen Investitionsrechnungen und dient dem Vergleich von unterschiedlichen Investitionsvarianten. Dabei werden zukünftige Erlöse in abgezinster Form (Kalkulationszinssatz) über den geplanten Investitionszeitraum dargestellt. Eine Investition wird grundsätzlich als positiv beurteilt, wenn¹³⁵,

- der Kapitalwert am Ende des Investitionszeitraums positiv ist.
- der Kapitalwert höher ist als ein alternatives Investment (z.B. Geldanlage am Kapitalmarkt).
- das Investitionsrisiko angemessen ist.

Es wird jene „Standardtankstelle“ herangezogen, deren technische Daten in Kapitel 5.1.3 bereits angeführt wurden. Die Kapazität der Gastankstelle (120 Nm³/h) soll zudem einen Bezug zu den Biomethankapazitäten der österreichischen Anlagenbetreiber haben. Von den 15 Biomethanproduzenten könnten 8 eine Gastankstelle dieser Kapazität versorgen. All jene Parameter, die auf die Wirtschaftlichkeit Einfluss haben, werden folgend nochmals verdeutlicht. Es sei an dieser Stelle nochmals in Erinnerung gerufen, dass die Gastankstelle direkt mit der Biogasanlage verbunden ist (kein Biomethan-Transport über das öffentliche

¹³⁴ BMLFUW: „Klima aktiv mobil, Leistungsbericht 2016“, 2017, Seite 27

¹³⁵ Lukas Weißensteiner: MSc-Modul 1: „Economic basics of electricity generation from renewable energy sources“, Technische Universität Wien, 2012. Seiten 19-22

Gasnetz) und auch vom Biogasanlagenbetreiber betrieben wird. Weiters wird gemäß der Forschungsfrage angenommen, dass vorrangig CNG-LKWs (IVECO Eurocargo CNG) betankt werden, die im lokalen/regionalen Transportverkehr eingesetzt sind. Tabelle 26 zeigt die technischen Daten der CBM-Tankstelle.

Tabelle 26: Technische Daten der CBM-Tankstelle

Technische Daten der CBM-Tankstelle	
Abgabemenge Nm ³ /h	120
Abgabemenge kg /h	88
Abgabemenge kg/12h	1.056
Nutzbares Speichervolumen kg	168
Max. Abgabemenge kg/12h	1.224
Stromverbrauch Verdichtung kWh/kg ¹³⁶	0,6
Quelle: Gemäß Aufstellung in Kap. 5.1.3	

Die Abgabemenge ist deswegen mit 12 h begrenzt, da es zu erwarten ist, dass die Tankstelle in der Regel werktags und nur zu üblichen Geschäftszeiten genutzt wird, in dieser Zeit jedoch die technisch mögliche Höchstmenge an CBM auch abgenommen wird. Die Betriebsdaten sind in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Betriebsdaten der CBM -Tankstelle

Betriebsdaten der CBM -Tankstelle	
Volllaststunden Biogasanlage h / Jahr ¹³⁷	6.300
Betriebstage in Volllast	263
Abgabemenge kg / Jahr	321.912
Quelle: Eigene Darstellung - Berechnung	

Die Abgabemenge / Jahr generiert sich aus den durchschnittlichen Volllaststunden / Jahr der Biogasanlage und der täglich möglichen Höchstabgabemenge (innerhalb 12h).

¹³⁶ Gemäß: Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH: „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, Seite 44; 2016 bzw. BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, Seite 205; 2011

¹³⁷ E-Control: „Ökostrombericht 2017“, Seite 86; 2017

In Tabelle 28 sind nun jene wirtschaftlichen Parameter zusammengefasst, die Eingang in die Wirtschaftlichkeitsberechnung finden.

Tabelle 28: Wirtschaftliche Parameter der CBM -Tankstelle

Wirtschaftliche Parameter der CBM -Tankstelle	
Investitionskosten	250.000 €
Wartungskosten / Jahr	10.000 €/Jahr
Stromkosten (Ökostrom)	0,06 €/kg _{CBM}
Gestehungskosten Biomethan	0,93 €/kg _{CBM}
Anlagennutzungsdauer	15 Jahre
Kalkulationszinssatz	5 %
Preisanpassung / Jahr	2 %/Jahr
Die Quellen obiger Parameter werden aus Übersichtsgründen im Anhang¹³⁸ dokumentiert.	

Mit diesen Werten wurde nun iterativ mittels Kapitalwertmethode nach jener Verkaufspreisschwelle gesucht, bei der der errechnete Kapitalwert nach den 15 Jahren gerade noch positiv ist. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass die Gestehungskosten von 0,93 €/kg_{CBM} deutlich über dem aktuellen CBM-Tankstellenpreis von 0,74 €/kg (siehe Tabelle 23) liegen und die CBM-Tankstelle bei diesem Preisniveau von vornherein nicht wirtschaftlich betrieben werden kann. Aus Tabelle 22 leitet sich ebenso die Differenz zwischen Diesel und CBM von 0,37 €/kg ab. Die Berechnungen in den Tabellen 24 und 25 zeigten, dass die Treibstoffkosten gemäß den jeweiligen spezifischen Verbräuchen des IVECO Eurocargo Diesel vs CNG zu Gunsten der CNG-Variante fallen und diese Ersparnis den Mehrpreis der CNG-Variante im 6. Betriebsjahr kompensiert. D.h.: die Preisdifferenz von 0,37 €/kg ist jener Schwellenwert, an der der IVECO Eurocargo CNG aus wirtschaftlicher Perspektive argumentierbar wird. Als möglichst zu erreichender CBM-Verkaufszielwert (gemäß aktueller Treibstoffpreise) werden somit die 0,74 €/kg herangezogen. Diese Variante wird als Basisszenario¹³⁹ benannt und folgt in Tabelle 29.

¹³⁸ Siehe Anhang Ia

¹³⁹ Das Basisszenario im Detail findet sich im Anhang Ic

Tabelle 29: Basisszenario - Wirtschaftlichkeitsrechnung CBM-Tankst

Basisszenario - Wirtschaftlichkeitsrechnung CBM-Tankstelle		
Gestehungskosten Biomethan	0,93	€/kg _{CBM}
Preisauflschlag CBM	0,156	€/kg _{CBM}
Verkaufspreis CBM	1,086	€/kg _{CBM}
Kapitalwert/Nettobarwert	610	€/kg _{CBM}
Quelle: Eigene Berechnung		

Die aus der Basisvariante errechneten 1,086 €/kg_{CBM} sind weder gegenüber dem aktuellen CNG-Preis noch dem aktuellen Diesel-Preis wettbewerbsfähig.

An Hand des Basisszenarios wurden nun für folgende Parameter Sensitivitätsanalysen (-10% / -20% / -30% der jeweiligen Parameter)¹⁴⁰ gegenüber den Verkaufspreis kalkuliert, die nur kurz erläutert werden, da deren Auswirkungen auf den Verkaufspreis nur sehr gering ausfielen.

- **Wartungskosten (Basiswert € 10.000)**
Bei einem Abschlag von 30% verringerte sich der Verkaufspreis um -0,83 %.
- **Stromkosten (Basiswert € 19.315)**
Bei einem Abschlag von 30% verringerte sich der Verkaufspreis um -1,66 %.
- **Investitionskosten**
Bei einem Abschlag von 30% verringerte sich der Verkaufspreis um -1,75 %.
- **Ausweitung der technisch möglichen Abgabemenge (Basiswert 321.912 kg/Jahr)**
Bei einer Ausweitung um 30% verringerte sich der Verkaufspreis um -1,75 %. Hier ist noch anzumerken, dass eine Ausweitung der Abgabemenge auch einen entsprechenden Kundenzuwachs bedingt.

¹⁴⁰ Die jeweiligen Tabellen finden sich im Anhang Id

Nicht unerwartet zeigt eine Reduktion der Gestehungskosten die größten Einsparungspotentiale, was in Abbildung 18 verdeutlicht wird.

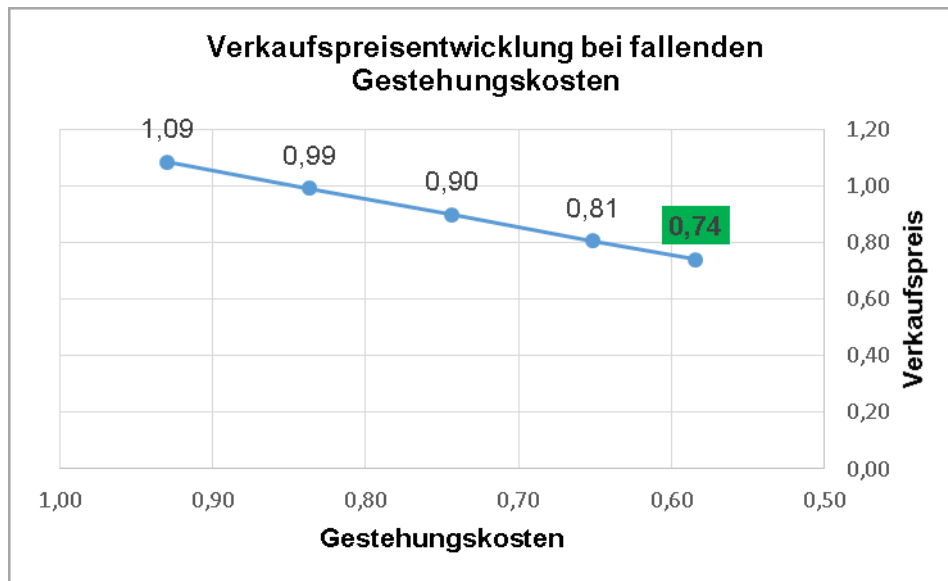


Abbildung 166: Verkaufspreis CBM €/kg bei fallenden Gestehungskosten
Quelle: Eigene Berechnung

Die Punktwerte¹⁴¹ im obigen Diagramm repräsentieren folgende Prozentabschläge bezüglich der Gestehungskosten: 0%, -10%, -20%, -30%, - 37,2%
D.h. senkt man die Gestehungskosten um 37,2% (entspricht 0,58 €/kg_{CBM}) so ergibt sich der nötige Referenzpreis von 0,74 €/kg_{CBM}. Eine Verminderung der Gestehungskosten liegt allerdings nicht im Kostenbereich der Gastankstelle selbst, sondern ist in den vorgelagerten Prozessen (Biogas – bzw. Biomethanproduktion) angesiedelt. Dies ist aber nicht vollkommen unrealistisch und kann in Kombination mit den anderen Parametern eventuell erreicht werden. Hier bieten sich in erster Linie jene Parameter an (Stromkosten, Ausweitung der Abgabemenge), die in Relation zu den Gestehungskosten stehen, also die variablen Kostenanteile. Miltner et al geben in ihrer Publikation einen Gestehungskostenbereich für Biomethan von 0,41 - 1,10 €/kg_{CBM} an¹⁴² und unterschreiten damit zumindest teilweise jene 0,58 €/kg_{CBM}, die für einen wirtschaftlichen Betrieb der beschriebenen Gastankstelle nötig sind.

¹⁴¹ Die Datenreihe zu Abbildung 18 findet sich im Anhang Id

¹⁴² Martin Miltner, Alexander Makaruk, Michael Harasek: „Review on available biogas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions“, in: Journal of Cleaner Production, 2016, Seite 1333

Ein wesentlicher Punkt zur Wirtschaftlichkeit ist aber noch zu diskutieren. In der ökonomischen Betrachtung wurde davon ausgegangen, dass die zur Verfügung stehende Menge an CBM auch tatsächlich verkauft werden kann. Es stellt sich nun die Frage, wie viele IVECO Eurocargo CNG-LKWs dazu nötig wären. Stellt der geplanten Abgabemenge den bereits kalkulierten Jahresverbrauch (13,46 t CBM/Jahr siehe Tabelle 21) gegenüber, erhält man die Anzahl der nötigen LKWs. In die folgende Aufstellung sind neben dem Basisszenario auch die veränderten Werte aus der Sensitivitätsanalyse der Abgabemenge angeführt.

- Basisszenario: 321.912 kg CBM / Jahr -> 24 IVECO Eurocargo CNG
- Szenario +10%: 354.103 kg CBM / Jahr -> 26 IVECO Eurocargo CNG
- Szenario +20%: 386.294 kg CBM / Jahr -> 29 IVECO Eurocargo CNG
- Szenario +30%: 418.486 kg CBM / Jahr -> 31 IVECO Eurocargo CNG

Als Betreiber dieser Gastankstelle benötigt man also einen „LKW-Stammkundenstock“ von 24 – 31 LKW, um die Tankstelle zumindest kostendeckend zu führen. Die Diskussion der Kfz-Zulassungsstatistiken in Kapitel 3.7 zeigten, dass der Anteil an zugelassenen CNG-PKW (Anteil 0,1% am PKW-Gesamtbestand) äußerst gering ist und jener der CNG-LKWs gar nicht exakt seitens der Statistik Austria erhoben wird. Somit ist der Aufbau eines stabilen Kundenstocks mit Sicherheit der herausforderndste Teil im Betrieb einer Gastankstelle.

Ein Blick über die Grenzen gibt zum Thema Kundenanzahl noch einen interessanten Hinweis, wie das Verhältnis PKW-Kunden/Gastankstelle in anderen Ländern aussieht, was in Abbildung 19 abzulesen ist.

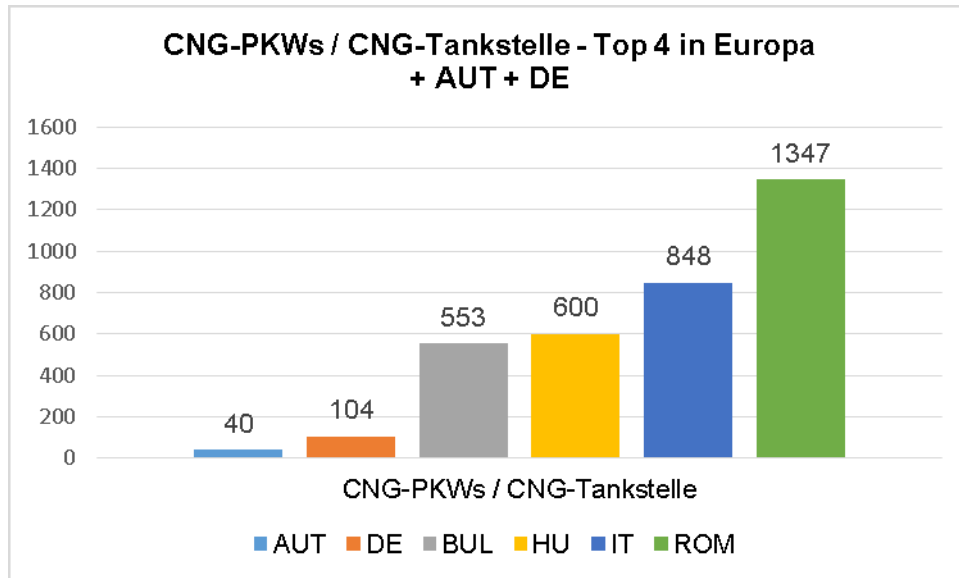


Abbildung 177: CNG-PKWs / CNG-Tankstelle - Top 4 in Europa (2016)
Quelle: NGVA¹⁴³

Auch ohne die jeweiligen CNG-Tankstellenpreise bzw. durchschnittlichen Jahreskilometer / PKW zu kennen, lässt sich aus Abbildung 19 ableiten, dass eine durchschnittliche Kundenanzahl von 40 PKW / Gastankstelle für Österreich keine solide Kundenbasis ergibt, um eine Gastankstelle wirtschaftlich zu führen. Es mag daher auch nicht wundern, dass die Anzahl der Gastankstellen in Österreich stagniert.

5.4 Gründe für die mangelnde Akzeptanz der CNG-Mobilität

Eine umfassende Aufarbeitung der Marktakzeptanz von CNG-Mobilität ist im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich. Dieses Thema wäre mehr als weitreichend genug, um daraus eine eigenständige Arbeit zu formulieren. Trotzdem soll versucht werden, ein paar Kernaussagen darzustellen.

Sehr interessant ist es, einen Blick zurück zu werfen und sich die Vorstellungen bzw. Pläne der österreichischen Klima- bzw. Verkehrspolitik in Erinnerung zu rufen. Die im Jahr 2010 veröffentlichte Energiestrategie Österreich legte bereits vor dem

¹⁴³ Natural & bio Gas Vehicle Association Europe (NGVA): "Statistical Report 2017", 2017, Seiten 5-6

Hintergrund der 2020-Klimaziele Zielwerte für die CNG- als auch die E-Mobilität fest. Bis 2020 wären 200.000 CNG-Fahrzeuge und sogar 250.000 Elektrofahrzeuge (inkl. Hybrid) geplant gewesen. Um den Biogasabsatz zu steigern, wurde ein CNG/CBM-Mischkraftstoff (CBM-Anteil mind. 20%) vorgeschlagen¹⁴⁴. In ganz ähnlichen Relationen dachte die deutsche Klima- und Verkehrspolitik. 2011 wurden in einer Studie der Deutschen Energieagentur für 2020 1,4 Mio. CNG-Fahrzeuge als Zielwert angesetzt. Genauso wie in Österreich sollte eine CBM-Beimischung (ebenfalls mind. 20%) eingeführt werden¹⁴⁵. Ein Blick in die österreichische Zulassungsstatistik (siehe Tabelle 11) genügt, um zu erkennen, dass sich mit aktuell 5.000 zugelassenen CNG-PKW's jegliche Diskussion über eine mögliche Zielerreichung erübrigt.

An welchen Gründen oder Motiven seitens der Nutzer es nun liegen könnte, beschreibt Basshuysen et al, der die Ergebnisse mehrere Studien wie folgt zusammenfasst¹⁴⁶. In Ermangelung spezifischer Informationen für den Nutzfahrzeugbereich beschränkt sich der Autor auf diese Darstellung, die sich primär auf das PKW-Segment fokussiert.

- Komfortverlust durch mangelnde Reichweite in Kombination mit geringer Tankstellendichte
- Mangelnde Bekanntheit und zwar in dem Sinne, dass den potentiellen Käufer die Variante CNG-PKW gar nicht in den Sinn kommt.
- Bedenken in Bezug auf ausgereifte Technik, Zuverlässigkeit und Werterhalt
- Mangelnde Kenntnisse sowie fehlende Probemodelle auf Händlerseite
- Unsicherheit bezüglich des Tankvorganges¹⁴⁷
- Angst vor einem gasförmigen Kraftstoff, das Gefühl mit einer „Bombe“ im Auto zu fahren
- Angst vor dem „Liegenbleiben“, da man ein CNG-Auto klarerweise nicht mit einem Kanister betanken kann
- Skepsis an der Kompetenz der Autowerkstätten

Basshuysen et al resümiert, dass man in der Frage eines zukünftigen (alternativen) Antriebsmix keinesfalls auf den Kunden vergessen darf, auch wenn die formulierten

¹⁴⁴ BMWFW: „Energiestrategie Österreich“, Seiten 75-77; 2010

¹⁴⁵ Deutsche Energieagentur: „Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix“, Seiten 8, 16; 2011

¹⁴⁶ Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, Seiten 201-203; 2015

¹⁴⁷ 2016 kam es in Deutschland zu einem schweren Unfall an einer CNG-Tankstelle auf Grund eines geplatzten Tanks, siehe <http://www.swp.de/ulm/nachrichten/politik/wenn-der-gastank-im-auto-rostet-13702145.html> [19.11.2017]

Vorbehalte nur bedingt objektivierbar sind. Es bedarf offenbar einem Vertrauen und auch einer „kritischen“ Masse in der Marktdurchdringung, um eine alternative Antriebstechnologie dauerhaft im Markt zu verankern.

5.5 Ein Beispiel aus der Praxis – Entsorgung aus der Sicht der Stipits GmbH.

Die Firma Stipits (www.stipits) ist ein Entsorgungsunternehmen aus dem Mittelburgendland mit einem umfangreichen Leistungsspektrum.

Aus der Abfallentsorgung ist u.a. eine Biogasanlage entstanden, die 2011 mit einer Biogasreinigungsanlage ergänzt wurde. Über eine eigene Firmen-Tankstelle wird die betriebliche LKW-Flotte mit Biomethan betankt. Es haben aber auch Privatpersonen Zugang zur Tankstelle. Die Biogasanlage ist zudem mit einer Hackschnitzelanlage gekoppelt und in den gesamten Stoffkreislauf integriert. Interessant ist auch, dass das Unternehmen im Biomethanbereich in einer Inselsituation geführt wird, da der Heimatort der Fa. Stipits keinen Zugang zum öffentlichen Gasnetz hat. Das Unternehmen ist damit der einzige der 15 österreichischen Biomethanproduzenten, der das produzierte Biomethan nicht einspeist. Allfällig überschüssiges Biomethan wird verstromt.

Der Autor hat den Geschäftsführer der Fa. Stipits am 13.10.2017 zu einem Interview in seinem Betrieb getroffen. Folgend die Zusammenfassung¹⁴⁸ der wesentlichsten Inhalte aus dem Gespräch¹⁴⁹.

- Die Biomethanaufbereitungsanlage wurde 2013 gleichzeitig mit der CBM-Tankstelle in Betrieb genommen. Motivation war, für die bereits seit 2003 laufende Biogasanlage einen weiteren Verwertungspfad zu installieren und den eigenen Nutzfahrzeugfuhrpark Schritt für Schritt auf CBM umzustellen.
- Zurzeit betreibt das Unternehmen 3 monovalente CNG-LKWs und 15 bivalente weitere Nutzfahrzeuge (auch Sonderfahrzeuge).
- Auf Herstellerseite bewertet Hr. Stipits IVECO als den Technologieführer und erwähnte dabei, die Neuauflage des Modells Stralis (40t-Sattelschleppzug), den er als absoluten Meilenstein empfindet.
- Der interne Kalkulationssatz hinsichtlich der Biomethangestehungskosten gibt Hr. Stipits mit 0,4 – 0,5 €/kg_{CBM} an. Beim Verkaufspreis orientiert sich die Fa. Stipits am CNG-Preis und unterbietet diesen auch etwas. Die

¹⁴⁸ Der Autor möchte an dieser Stelle anmerken, dass das Interview nicht nach den Kriterien der qualitativen Sozialforschung ausgewertet wurde. Diese Inhalte sollen „nur“ als positiver Stimmungsbericht aus der Praxis dienen und das Kapitel 5 abrunden.

¹⁴⁹ Das zugehörige Interviewprotokoll findet sich im Anhang II

Gastankstelle kann damit wirtschaftlich betrieben werden. Die Amortisation des Mehrpreises der CNG-Fahrzeuge beträgt auf Grund der eigenen Biomethanherstellung nur ca. 2 Jahre.

- Neben den eigenen Firmenfahrzeugen werden ca. 50 Privatkunden (mehrheitlich ungarische Pendler) regelmäßig versorgt. Die Tankstelle läuft im „self-service“-Betrieb.
- Potential für CBM-LKWs sieht Hr. Stipits absolut gegeben, wobei dies auf Anlagenbetreiberseite besonders für Abfallanlagen gilt, die einen eigenen Fuhrpark besitzen. Er selbst wird eventuell in ein paar Jahren die Biomethanproduktion erweitern.

Die für den Autor interessanteste Antwort wird folgend im Wortlaut wiedergegeben.

Frage: „Was war ihre Motivation für das Biomethansystem, spielen da grüne Motive eine Rolle?“

Antwort: „Nein, einfach die Unabhängigkeit, und es muss sich wirtschaftlich rechnen. Das Ökologische ergibt sich dann einfach daraus.“

Dieses Einzelbeispiel zeigt, dass, wenn man in größeren Zusammenhängen (Stoffkreisläufen) denkt, CBM als Kraftstoff für Nutzfahrzeuge wirtschaftlich einsetzbar ist - inkl. der nötigen Tankstelleninfrastruktur.

6 Diskussion der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Ausblick

Das letzte Kapitel dient der Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Arbeit. Im Zentrum stehen die aus den Ergebnissen abgeleiteten Schlussfolgerungen zur Beantwortung der Forschungsfragen.

Abschließend werden noch im Sinne eines Ausblicks Ideen und Vorschläge angeführt, wie der Kraftstoff CBM bzw. die Biomethanproduktion in Österreich besser positioniert und gefördert werden könnte.

6.1 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

In Kapitel 2 und 3 wurden die wesentlichen Eckdaten zu den europäischen/österreichischen Klimazielen mit einem Fokus auf den Verkehrsbereich sowie der aktuelle Status betreffend THG-Emissionen, Effekte der

Biokraftbeimischung und generelle Trends bei den in Österreich zugelassenen Fahrzeugen diskutiert.

Nachfolgend sollen nun die dem Autor maßgeblichen erscheinenden Aussagen nochmals zusammengefasst werden:

- Es ist zu erwarten, dass die Klimaziele für 2020 auf EU-Ebene erreicht werden können. Dies gilt auch für Österreich, obwohl hier noch zusätzliche Maßnahmen zu setzen sind.
- Klar ist aber auch, dass mit Blick auf die Ziele für 2030 und 2050 noch massive Anstrengungen in allen Sektoren zur Zielerreichung anstehen. In Österreich fehlt hinsichtlich 2030 auch noch eine nationale Klimastrategie mit klaren Vorgaben.
- Der Verkehrssektor in Österreich beansprucht rund ein Drittel des energetischen Endverbrauchs und ist in derselben Größenordnung an den THG-Emissionen beteiligt. Allerdings zeigen beide Parameter eine leicht steigende Tendenz.
- Die österreichischen THG-Emissionen im Verkehrsbereich sind fast zur Gänze dem Straßenverkehr zuzuschreiben. Der Schwerverkehr (N3) hat darin trotz nahezu gleichbleibender Fahrzeuganzahl seit 2011 einen überproportional hohen Anteil an den entsprechenden THG-Emissionen. Abgesehen davon sind die Fahrleistungen und die Menge der transportierten Frachten seit 1990 stark angestiegen und es gibt wenig Anzeichen, dass der Frachtverkehr auf der Straße in Zukunft zurückgedrängt werden kann.
- Die Begrenzung der CO₂-Flottenverbräuche (PKW), die EURO VI-Abgasnormen und die Beimischung von Biokraftstoffen zeigen ihre Wirkung. Biomethan spielt im Bereich der Biokraftstoffe aber keine Rolle.
- Obwohl dem CNG-Antrieb eindeutig ökologische Vorteile zugeschrieben werden können, eine ausreichende Tankstelleninfrastruktur und Fahrzeugmodelle vorhanden sind, spielt der CNG-Antrieb in Österreich praktisch keine Rolle. Dies gilt dies noch umso mehr für den Nutzfahrzeugbereich. Verbleibt dieser Zustand, dann ist zu befürchten, dass sich das CNG-Tankstellennetz weiter ausdünnert und dadurch eine Abwärtsspirale von dem ohnehin schon sehr niedrigem aktuellen Ausgangsniveau in Gang gesetzt wird.
- Ein Blick über die Grenzen zeigt aber, dass entsprechende politische Rahmenbedingungen sehr wohl zu einem deutlichen Anstieg von CNG-

Fahrzeugen führen können.

Hält man sich nun zusätzlich vor Augen, dass

- sich das inländische Transportaufkommen fast zu 100% auf Wegstrecken von bis zu 500 km beschränkt,
- moderne CNG-LKWs (N3) Reichweiten dieser Größenordnung aufweisen,
- und mit der österreichischen Biogasbranche ein potentieller Lieferant für Biomethan zur Verfügung stünde, der ohnehin neue Verwertungsstrategien dringend benötigt,

dann liegen aus der Sicht des Autors als genügend Argumente am Tisch, hier verstärkt Initiativen einzufordern.

Die Kerninhalte aus Kapitel 4, das sich mit der österreichischen Biogasszene auseinandersetzt, zeigen folgendes Bild.

- Die Mehrzahl der rund 300 Biogasanlagen in Österreich haben große Probleme in ihrer Wirtschaftlichkeit. Ohne die sogenannte „kleine“ Ökostromnovelle 2017, die eine weitere Verlängerung der Ökostromtarife für die kommenden 3 Jahre unter gewissen Auflagen garantiert, wäre die Biogasszene höchstwahrscheinlich schon mit einigen Konkursen konfrontiert gewesen.
- Es ist daher auch nicht verwunderlich, dass die Gesamtanzahl der Biogasanlagen in Österreich stagniert und eigentlich nicht mehr wächst.
- Immerhin 15 Anlagenbetreibern haben das wirtschaftliche Risiko auf sich genommen und in eine Biogasaufbereitungsanlage investiert. Das so produzierte Biomethan wird vorrangig ins Erdgasnetz eingespeist oder verstromt. 6 der 15 Betreiber weiteten ihr Geschäftsfeld mit einer eigenen CBM-Gastankstelle aus.
- Interessant ist, dass unter den 15 Biomethanproduzenten 12 Anlagen mit biogenen Reststoffen arbeiten. Dieser Anlagentypus konnte offensichtlich auch schon in der Vergangenheit wirtschaftlich geführt werden, da sonst nicht in die Biomethanproduktion investiert hätte werden können.
- Das Interview mit Hr. Stipits (wenn auch nur eine Einzelaussage) unterstützt diese Vermutung. Das Denken in Stoffkreisläufen und der Versuch unterschiedliche Nutzungsketten z.B. in Richtung Kraftstoffversorgung aufzubauen, erscheinen als vielversprechender Ansatz für eine zukünftige Strategie.
- Obwohl die gesamte Biogas- Biomethanszene in Summe nur einen relativen

bescheidenen Beitrag zur Gesamtkapazität der erneuerbaren Energien in Österreich beiträgt, so hat Biogas/Biomethan einen wichtigen Vorzug gegenüber anderen erneuerbaren Energieformen. Es ist die große Flexibilität in der Verwertung bzw. Anwendung.

- Für den weiteren Ausbau einer nachhaltigen Energiezukunft kann Biogas/Biomethan aus Sicht des Autors eine wesentlich wichtigere Rolle spielen als gegenwärtig.

Dem Kernkapitel 5 fiel nun die Behandlung der Forschungsfragen zu und soll gemäß der besprochenen Faktoren geteilt in die Betrachtung des Referenz-LKWs IVECO Eurocargo (Diesel vs CNG) und der Gastankstelle zusammengefasst werden.

Technische Faktoren:

- Hinsichtlich der Eignung von Erdgas als Kraftstoff besteht auf Grund seiner wesentlich geringeren Dichte ein wesentlicher Nachteil gegenüber dem Kraftstoff Diesel. Der etwas höhere gravimetrische Energiegehalt (kWh/kg) kann diesen Nachteil nur bedingt ausgleichen. Um eine entsprechende Energiedichte zu erreichen, muss das Erdgas verdichtet werden (200bar), um eine ausreichende Fahrzeugreichweite zu gewährleisten.
- Ein Gasmotor beruht in der Regel auf dem Prinzip des Ottomotors (Fremdzündung) und ist speziell im PKW-Sektor prinzipiell gut eingeführt. Allerdings weisen Gasmotoren auf Basis des Ottomotors einen ca. 25%igen geringeren Wirkungsgrad als vergleichbare Dieselmotoren auf. Es liegt der Befund sehr nahe, dass dies der Hauptgrund ist, dass sich der Gasmotor im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge noch nicht wirklich durchgesetzt hat. Aus den Recherchen ist aber zu entnehmen, dass hier technologische Verbesserungen zu erwarten sind, um den Gasmotor gegenüber dem Dieselmotor konkurrenzfähiger zu machen.
- Die Technik einer Gastankstelle wurde kurz beschrieben und birgt aus technischer Sicht keine besonderen Hürden in sich. Wichtig ist allerdings, dass die Hauptkomponenten (Verdichter und Gasspeicher) in ihrer Dimensionierung aufeinander abgestimmt sind. Hinzu kommt noch, dass man sich diesbezüglich in der Planungsphase unbedingt Gedanken über die voraussichtlichen Absatzmengen machen muss. Die beschriebene Gastankstelle mit einer Abgabemenge von 120 kg/h ist im Laufe eines zwölfstündigen Betriebstages 17 IVECO Eurocargo CNG zu betanken.

Klimaschutzfaktoren:

- Der Vergleich der 3 Kraftstoffe (Diesel vs CNG vs CBM) wurden sowohl in energetischer als auch in ökologischer Sicht über den sogenannten WTW-Ansatz („Well to Wheel) beurteilt. Dabei werden nicht nur Energieverbrauch und THG-Emissionen im Fahrbetrieb (TTW = „Tank to Wheel) berücksichtigt, sondern die gesamte Vorkette von der Gewinnung bis zur Bereitstellung an der Tankstelle (WTT = „Well to Tank).
- Im Bereich dieser Vorkette schneidet CBM gegenüber Diesel und CNG relativ schlecht ab. Das WTT-Segment für CBM verbraucht um das 5-fache mehr an Energie als Diesel und CNG. Dies beeinflusste natürlich auch die THG-Emissionen im WTT-Segment, die für CBM keinerlei signifikanten Vorteile gegenüber den fossilen Vergleichskraftstoffen zeigen. Dies ist aus der Sicht des Autors etwas überraschend, da ja Erdgas und CNG erst über vergleichsweise lange Routen nach Europa bzw. Österreich importiert werden muss. D.h. die Produktion von CBM ist trotz seiner in der Regel regionaler Ausgangsressourcen vergleichsweise aufwendig.
- In der Gesamtbetrachtung (WTW) der THG-Emissionen setzt sich CBM auf Grund seines biogenen Ursprungs aber deutlich ab und aus Klimaschutzperspektive positiv beurteilt werden.
- Dasselbe Bild zeigte sich bei Berechnung der entsprechenden Blickwinkel für den Referenz-LKW IVECO Eurocargo. In energetischen Gesamtbetrachtung kam aber der bereits besprochene Wirkungsgradnachteil deutlich hervor.
- **Im Zuge dieses Unterkapitel konnte auch die Forschungsfragen bezüglich des Beitrags der aktuellen Biomethanproduktion bzw. des errechneten Biomethanpotentials beantwortet werden.**

Mit der augenblicklich verfügbaren Biomethanproduktion könnten bei vollständiger Verwendung als Kraftstoff im LKW-Bereich 0,22% der THG-Emissionen des Schwerverkehrs vermieden werden.

Mit dem theoretischen Biomethanpotential steigert sich dieser Wert auf 5,6%, was den THG-Reduktionseffekt der aktuell beigemischten Biokraftstoffe um gut 20% steigern würde.

Wirtschaftliche Faktoren:

- Im unmittelbaren Vergleich der Mobilitätskosten (€/100 km) der beiden IVECO-Eurocargo Varianten unterbietet die CNG-Variante mit CBM betankt die Dieselvariante relativ eindeutig. Die reine CNG-Variante liegt dabei in der Mitte.
- Dafür ist aber letztendlich nur der geringere CBM-Preis (0,74 ct / kg) verantwortlich, der aus Konkurrenzgründen am selben Niveau (abzüglich Erdgasabgabe) wie der aktuelle CNG-Preis gehalten wurde. Der nicht unerhebliche Mehrpreis (+ €20.000,--) wird unter Einberechnung einer durchschnittlichen Jahreskilometeranzahl (74.800 km) zwischen dem 5. und 6. Betriebsjahr kompensiert. Der dafür nötige Preisabstand zwischen CBM und Diesel beträgt 0,38 ct / kg.
- Die Wirtschaftlichkeit der Gastankstelle wurde mittels Kapitalwertmethode ermittelt. Der bereits angeführte CBM Preis von 0,74 ct / kg dient dabei als Referenzwert hinsichtlich eines konkurrenzfähigen Verkaufspreis.
- In der Zusammenstellung der wirtschaftlichen Eingangsparameter wurde aber sofort deutlich, dass die durchschnittlichen Gestehungskosten von 0,93 ct / kg den Referenzwert massiv übersteigen.
- Die angewandte Kapitalwertmethode diente daher in erster Linie dazu, mit relativen konservativen Eingangsparametern ein Basisszenario zu entwickeln, das nach 15jähriger Laufzeit gerade noch positiv bilanzierte.
- Darauf aufbauend wurden Einsparungspotentiale einzelner Kostenpositionen mit Hilfe von Sensitivitätsanalysen untersucht. Nicht ganz überraschend bringen die variablen Kostenanteile (Stromverbrauch, Ausweitung der Produktionsmenge) noch die besten Effekte. Allerdings nicht hinreichend genug um die Kalkulation substantiell zu verbessern.
- Somit kann nur ein Herunterschrauben der Gestehungskosten (um 37,2%) einen konkurrenzfähigen Verkaufspreis garantieren. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die wesentliche Größe, um gegen den Dieselpreis zu bestehen, der Preisabstand zwischen den beiden Kraftstoffen ist. Sollte der Diesel-Preis stärker steigen als der CBM- bzw. CNG-Preis könnte sich daraus ein höherer Preisabstand entwickeln.
- Genauso wichtig, wie ein wirtschaftliches Kostengefüge der Gastankstelle, ist der Faktor auch ausreichend LKW-Kundschaft zu erreichen. Wiederum an Hand des Referenz-LKW wurden für das Basisszenario 24 Stk. IVECO

Eurocargo CNG als dauerhafte Stammkunden für die CBM-Abnahme hoch gerechnet.

- Aus der Perspektive des Autors besteht im Generieren von fixer Kundschaft eine noch größere Herausforderung, als die CBM-Gastankstelle auf der Kostenseite entsprechend zu optimieren.

Vor dem Hintergrund obiger Zusammenfassung der einzelnen Faktoren soll nun die Hauptforschungsfrage abschließend beleuchtet werden.

- Im unmittelbaren Vergleich der Motor- bzw. Kraftstoffvarianten des IVECO Eurocargo (Diesel vs. CNG und CBM) kann die CBM-Variante mit gewissen Einschränkungen als alternative Variante empfohlen.
- Die wesentlichen geringeren THG-Emissionen (WTW) sind im Sinne des Klimaschutzes ein wichtiges Argument für die CBM-Variante.
- Eine Steigerung des Wirkungsgrades des Gasmotors ist aus technologischer Sicht durchaus zu erwarten. Damit würde sich der energetische Nachteil aufheben.
- Ein substantiell höherer Dieselpreis im Vergleich zu CBM bildet die Grundlage für die Konkurrenzfähigkeit der CBM-Variante.

- Für die Bewertung der Gastankstelle haben die technischen Faktoren untergeordnete Relevanz. Hier ist nur auf eine optimale Abstimmung der Hauptkomponenten (Verdichter, Gasspeicher) zu achten.
- Um eine CBM-Gastankstelle wirtschaftlich zu betreiben, ist großes Augenmerk auf die Kostenseite zu legen, insbesondere auf die Biomethangestehungskosten.
- Im selben Maße ist das Marktumfeld bezüglich potentieller LKW-Kunden genau zu analysieren.

6.2 Ausblick

- Eine verpflichtende Beimischungsquote von Biomethan analog zu den flüssigen Biokraftstoffen wäre der treibende Faktor, um den Biomethan/CBM-Markt nachhaltig zu stimulieren. Damit würde auch schlagartig ein substantieller Beitrag zu den Klimazielen im Verkehrssektor zu generieren sein. Wie ausgeführt, findet sich dieser Vorschlag bereits in früheren Strategiepapieren. Damit bekämen Biogasbetreiber den nötigen wirtschaftlichen Basisrückhalt, um in eine Biomethanaufbereitungsanlage zu investieren.
- Seitens der Politik sollten die Ankaufsförderungen für CNG-LKWs im reinen CBM-Betrieb wieder aufgenommen werden.
- Die Beispiele aus anderen europäischen Ländern zeigen, dass fokussierte Fördermaßnahmen sehr wohl ihren Effekt haben.
- Die Landesvertretung der Biogasbetreiber würde die Aufgabe zufallen, die Biogasbetreiber hinsichtlich einer modernen Marktbearbeitung (Generierung von CBM-Kunden) zu schulen und langfristig zu unterstützen.
- Auf der Nutzerseite würden steuerliche Erleichterungen für betriebliche CBM-Fahrzeuge (ähnlich wie aktuell in der E-Mobilität) ebenso förderlich wirken.
Auch wenn sich diese Maßnahme primär auf Firmen-PKWs auswirken würde, muss sich CNG/CBM-Fahrzeugmarkt auf eine kritische Größe hinbewegen, um sich dauerhaft zu etablieren.
- Zur Stützung der noch ausreichenden aber stagnierenden Gastankstelleninfrastruktur wären moderate Investitionsförderungen anzudenken.

7 Literaturverzeichnis:

Ajanovic, Amela:

„Renewable fuels – A comparative assessment from economic, energetic and ecological point-of-view up to 2050 in EU-countries“,
in Renewable Energy, 2013

Ajanovic, Amela:

MSc-Modul 1: “(Renewable) Energy in transport: a comparative economic, ecological and technical analysis“, Technische Universität Wien, 2012

Van Basshuysen, Richard Hrsg.:

„Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“,
Springer, Wiesbaden, 2015

BMLFUW: „Arbeitskreis Biogas: Weiterentwicklung durch internationalen Betriebsvergleich“, 2016

BMLFUW: „Erneuerbare Energie in Zahlen 2016“, 2016

BMLFUW: „Biogasanlagen Kaskadische Nutzung der Rohstoffe“, 2016

BMLFUW: „Klima aktiv mobil, Leistungsbericht 2016“, 2017

BMVIT – Mobilität der Zukunft:

„Ergebnisbericht Liquid – Identifizierung des Marktpotentials von LNG in Österreich“, 2016

BMVIT: „Nationaler Strategierahmen Saubere Energie im Verkehr“, 2016

BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, 2011

BMWF: „Energiestrategie Österreich“, 2010

Deutsche Energieagentur, „Nachhaltige Mobilität mit Erdgas und Biomethan“, 2016

E-Control: „Ökostrombericht 2016“, 2016

E-Control: „Ökostrombericht 2017“, 2017

EU-Kommission:

„Ein Rahmen für die Klima- und Energiepolitik im Zeitraum 2020-2030“, 2014

EU-Kommission:

„Fahrplan für den Übergang zu einer wettbewerbsfähigen CO₂-armen Wirtschaft bis 2050“, 2011

EU-Kommission / Joint Research Center: “Well-to-Tank Report Version 4.a”, 2014

EU-Kommission / Joint Research Center:

“Well-to-Tank Appendix 1 Version 4.a”, 2014

EU-Kommission / Joint Research Center:

“Well-to-Tank Appendix 2 Version 4.a”, 2014

Master Thesis

MSc Program Renewable Energy in Central & Eastern Europe

Green Gas Grids:

„Die österreichische Roadmap für die zukünftige Entwicklung des Biomethansektors“, 2013

IPCC: „Climate Change 2014, Synthesis Report“, 2015

Liebl, Johannes; Beibl, Christian (Hrsg.):

„Internationaler Motorenkongress 2017, Proceedings“, Springer, Wiesbaden, 2017

Kraftstoffverordnung 2012, Österreich, Fassung vom 02.10.2017

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (www.lbst.de):

„Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016

Miltner, Martin; Makaruk, Alexander; Harasek, Michael:

„Review on available biogas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions“, in: Journal of Cleaner Production, 2016

Natural & bio Gas Vehicle Association Europe (NGVA):

„Statistical Report 2017“, 2017

Schinnerl, Daniel; Bleyl-Androschin, Jan W.; Eder, Michael:

„Wirtschaftlichkeit von Biomethan Nutzungspfaden“, Virtuelles Biogas" (www.virtuellesbiogas.at), 2010

Deutsche Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: "Biogas-Monitoringbericht 2014", 2014

Deutsche Energieagentur: „Erdgas und Biomethan im künftigen Kraftstoffmix“, 2011

Shell Nutzfahrzeug-Studie (www.shell.de):

„Diesel oder alternative Antriebe – womit fahren LKW und Bus morgen?“, 2016

Statistik Austria: „Verkehrsstatistik 2015“, 2017

Umweltbundesamt: „Biokraftstoffe im Verkehrssektor 2016“, 2016

Umweltbundesamt: CO2-Monitoring PKW 2016, 2016

Umweltbundesamt: CO2-Monitoring LNF 2016, 2016

Umweltbundesamt: „Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2017“, 2017

Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2016“, 2016

Umweltbundesamt: „Klimaschutzbericht 2017“, 2017

UNO: „Pariser Klimaabkommen“, 2015

Weißensteiner, Lukas:

MSc-Modul 1: „Economic basics of electricity generation from renewable energy sources“, Technische Universität Wien, 2012

Master Thesis

MSc Program Renewable Energy in Central & Eastern Europe

Wellinger, Arthur:

MSc-Modul 2: "Biomass, Biogas & Biofuels", Technische Universität Wien,
2013

Wellinger, Arthur (Hrsg.) et al:

„The biogas handbook“, Woodhead Publishing, Cambridge, 2013

Wirtschaftskammer Österreich: „Ökologisierung des Verkehrs“, 2017

Zweiler, Richard et al:

"BSB-Biogas Smart Business": in Blue Globe Reports 2012, Klima- und
Energiefonds, Wien, 2012

Internetquellen:

www.bmvit.gv.at

www.bmwfw.gv.at

www.biomethanregister.at

www.e-control.at

www.energynewsmagazine.at

www.erdgasautos.at

ec.europa.eu

www.fahrzeugindustrie.at

www.greengasgrids.eu

iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/downloads

www.ipcc.ch

www.kompost-biogas.info

www.konsultation-energie-klima.at

www.lbst.de

www.ngva.eu

www.ots.at

www.ris.bka.gv.at

www.shell.de

www.spritpreisrechner.at

www.statistik.at

www.umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.de

unfccc.int

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Kennzahlen - Energieverbrauch gesamt inkl. Verkehr.....	11
Tabelle 2: Ausgewählte Kennzahlen - Energieverbrauch erneuerbarer Energieträger inkl. Verkehr.....	12
Tabelle 3: THG-Emissionen - Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien inkl. Kraftstoffexport	18
Tabelle 4: Veränderung der Fahrleistung - PKW/LKW 1990-2015.....	18
Tabelle 5: Straßengüterverkehr österreichischer Unternehmen 2015.....	19
Tabelle 6: Transportaufkommen des Straßenverkehrs in Österreich nach Entfernungsklassen 2015	19
Tabelle 7: Durchschnittliche CO ₂ -Emissionen neu zugelassener PKW/LNF	21
Tabelle 8: Treibstoffverkäufe Österreich 2001, 2010-2015	23
Tabelle 9: Kfz-Gesamtbestand ohne Anhänger ab 1990	26
Tabelle 10: Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (N3) am Gesamtbestand.....	27
Tabelle 11: Anteil Elektro- CNG-PKWs am Gesamtbestand 2010-2016	28
Tabelle 12: Anteil Biogas an den erneuerbaren Energieträgern 2014/15.....	34
Tabelle 13: Biomethanproduzenten in Österreich.....	37
Tabelle 14: Biomethaneinspeisung - Österreich, 2011 - 2016.....	38
Tabelle 15: Biomethanpotential - produktion als Kraftstoff (CBM).....	40
Tabelle 16: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG, techn. Daten und Preis	43
Tabelle 17: Dichte und Energiegehalt, Diesel vs CNG/CBM.....	44
Tabelle 18: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG und CBM - max. Energiemenge	45
Tabelle 19: WTT: Energieverbrauch für Produktion/Bereitstellung des Kraftstoffes..	52
Tabelle 20: WTT: THG-Emissionen für Produktion/Bereitstellung des Kraftstoffes...	52
Tabelle 21: Basisdaten: Theoretisches Biomethanpotential im Schwervekehr	55
Tabelle 22: IVECO Eurocargo Diesel vs CNG, techn. Daten und Preis	58
Tabelle 23: Übersicht - Preise: Diesel, Adblue, CNG.....	59
Tabelle 24: Vergleich Eurocargo Diesel vs CNG – Verbrauch und Kosten/100km ...	59
Tabelle 25: Einsparungseffekt Diesel vs. CNG - Verwendungsdauer	61
Tabelle 26: Technische Daten der CBM-Tankstelle	64
Tabelle 27: Betriebsdaten der CBM -Tankstelle.....	64
Tabelle 28: Wirtschaftliche Parameter der CBM -Tankstelle	65
Tabelle 29: Basisszenario - Wirtschaftlichkeitsrechnung CBM-Tankst.....	66

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteil der Sektoren an den Treibhausgas-Emissionen 2015 und Änderung der Emissionen zwischen 1990 und 2015.....	2
Abbildung 2: WEM-Szenario: Entwicklung der THG-Emissionen bis 2030 (ohne EH)	14
Abbildung 3: THG-Emissionen im Straßenverkehr nach Fahrzeugkategorien	17
Abbildung 4: Anteile Biokraftstoffe in Österreich 2015.....	24
Abbildung 5: Schema - Biogas/Biomethan - Nutzungspfade	31
Abbildung 6: Biogasanlagen in Betrieb - Österreich 2013-2016	33
Abbildung 7: THG-Emissionen unterschiedlicher Antriebsarten im Vergleich	42
Abbildung 8: Komponenten einer Gastankstelle.....	47
Abbildung 9: WTW-Schema.....	49
Abbildung 10: WTT-Prozesskette für Diesel, CNG und CBM	51
Abbildung 11: WTW-IVECO Eurocargo: Energieverbrauch gesamt / km.....	54
Abbildung 12: WTW-IVECO Eurocargo: THG-Emissionen gesamt / km.....	54
Abbildung 13: Preisvergleich Diesel vs CNG vs CBM in €/kg.....	57
Abbildung 14: Vergleich der Mobilitätskosten von Eurocargo Diesel, CNG und CBM in EUR/100 km mit Treibstoffpreisen 2017	61
Abbildung 15: Konsumentenendpreise von Benzin, Diesel und CNG in den U.S in US \$ (Preise in Benzin Gallonenäquivalent)	62
Abbildung 16: Verkaufspreis CBM €/kg bei fallenden Gestehungskosten	67
Abbildung 17: CNG-PKW's / CNG-Tankstelle - Top 4 in Europa (2016) Quelle: NGVA	69

Abkürzungen

CBM	Compressed Biomethan - Komprimiertes Biomethan für den Kraftstoffeinsatz (200 bar)
CNG	Compressed Natural Gas - Komprimiertes Erdgas für den Kraftstoffeinsatz (200 bar)
EH	Emissionshandel
EHS	Emissionshandelssystem
Fkm	Fahrzeugkilometer
KWK	Kraft-Wärme Kopplung
LCA	Life Cycle Assessment – Lebenszyklusanalyse od. Ökobilanz
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LNG	Liquefied Natural Gas – Verflüssigtes Erdgas für den Kraftstoffeinsatz
MJ	Megajoule
Nm ³	Normvolumen – das Volumen einer Gasmenge im Normzustand Temp: 0°C / Druck: 1,01325 bar
PJ	Petajoule
Pkm	Personenkilometer
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge
THG	Treibhausgas
Tkm	Tonnenkilometer
TTW	Tank-to-wheel: Energetische bzw. THG- Analyse von Kraftstoffen in der Verwendung
WEM (-Szenario)	With existing measures – Szenario auf Basis bestehender Maßnahmen
WTT	Well-to-Tank: Energetische bzw. THG- Analyse von Kraftstoffen betreffend Aufbringung und Bereitstellung
WTW	Well-to-Wheel: Energetische bzw. THG- Analyse von Kraftstoffen von Aufbringung, Bereitstellung bis hin zur Verwendung

10 Anhang

I) Wirtschaftlichkeitsberechnung Gastankstelle (Kap. 5.3.3):

Quellen, Formeln, Basisszenario im Detail

la) Quellen für Tabelle xx „Wirtschaftliche Parameter der CBM –Tankstelle“

Investitionskosten: € 250.000

Gemäß:

- Richard van Basshuysen Hrsg.: „Erdgas und erneuerbares Methan für den Fahrzeugantrieb“, Springer, Wiesbaden, 2015, Seite 442

Wartungskosten: € 10.000

Gemäß bzw. abgeschätzt aus:

- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (www.lbst.de): „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016, Seite 44

- Richard Zweiler et al: "BSB-Biogas Smart Business": in Blue Globe Reports 2012, Klima- und Energiefonds, Wien, 2012, Seiten 41-42

- BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, 2011, Seite 205

Stromkosten: 0,06 €/kg_{CBM}

-> **Stromverbrauch:** 0,6 kWh/ kg_{CBM}

Gemäß bzw. gemittelt:

- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (www.lbst.de): „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016, Seite 44

- BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, 2011, Seite 205

-> **Strompreis:** 0,1 €/kWh

Gemäß: Günstigster Gewerbetarif (Ökostrom) lt. Gewerbe-Tarifkalkulator (e-control)
<https://www.e-control.at/industrie/service-beratung/gewerbe-tarifkalkulator>
[18.11.2017]

Gestehungskosten Biomethan: 0,93 €/ kg_{CBM}

Gemäß bzw. gemittelt:

- Daniel Schinnerl, Jan W. Bleyl-Androschin, Michael Eder: "Wirtschaftlichkeit von Biomethan Nutzungspfaden", Virtuelles Biogas" (www.virtuellesbiogas.at), 2010,

Seite 2

- Deutsche Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen: "Biogas-Monitoringbericht 2014", 2014, Seite 22
- Martin Miltner, Alexander Makaruk, Michael Harasek: „Review on available biogas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions“, in: Journal of Cleaner Production, 2016, Seite 1333
- Richard Zweiler et al: "BSB-Biogas Smart Business": in Blue Globe Reports 2012, Klima- und Energiefonds, Wien, 2012, Seite 41-42

Anlagennutzungsdauer: 15 Jahre

Gemäß:

- BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, 2011, Seite 205
- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (www.lbst.de): „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016, Seite 44

Kalkulationszinssatz: 5%

Gemäß bzw. gemittelt:

- BMVIT: „Biogas als Treibstoff: Wirtschaftliche Grundlagen und Machbarkeit“, 2011, Seite 205
- Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH (www.lbst.de): „Vergleich von CNG und LNG zum Einsatz in LKW im Fernverkehr“, 2016, Seite 44

Ib) Formel Kapitalwertmethode:

$$\text{Kapitalwert} = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0$$

Kapitalwert (Nettobarwert) [€]
T...Anlagennutzungsdauer [Jahr]
t...Wert im Jahr 1,2,3,...15
C_t...Cash Flow im Jahr 1,2,3...15 [€]
r...Kalkulationszinssatz
C₀...Investitionskosten

Ic) Basisvariante im Detail:

Wirtschaftlichkeitsberechnung (Kapitalwertmethode)						
CBM-Tankstelle						
Anlagennutzungsdauer				15	Jahre	
Kalkulationszinssatz	0,05			5	%/Jahr	
Investitionskosten		250.000			€	
Wartungskosten		10.000			€/Jahr	
Stromkosten		19.315				
Betriebskosten gesamt		29.315			€	
Gestehungskosten CBM		299.378			€/Jahr	
Abgabemenge CBM		321.912			kg/Jahr	
Gestehungskosten CBM		0,93			€/kg	
Preiszuschlag CBM		0,156			€/kg	
Verkaufspreis CBM (exkl. UST)		1,086			€/kg	
Verkaufserlös		349.596			€/Jahr	
Preis Anpassung		2%		%/year		CF=Cash Flow
Jahr	Abgezinster CF	Nominaler CF	Betriebskosten	Gestehungskosten CBM	Verkaufserlös CBM	Gesamtkosten
	€	€	€	€	€	€
0	-250.000	-250.000	29.315	299.378	349.596	250.000
1	20.306	21.322	-29.901	-305.366	356.588	335.267
2	19.726	21.748	-30.499	-311.473	363.720	341.972
3	19.163	22.183	-31.109	-317.702	370.995	348.812
4	18.615	22.627	-31.731	-324.057	378.414	355.788
5	18.083	23.079	-32.366	-330.538	385.983	362.903
6	17.567	23.541	-33.013	-337.148	393.702	370.162
7	17.065	24.012	-33.673	-343.891	401.576	377.565
8	16.577	24.492	-34.347	-350.769	409.608	385.116
9	16.103	24.982	-35.034	-357.785	417.800	392.818
10	15.643	25.481	-35.734	-364.940	426.156	400.675
11	15.196	25.991	-36.449	-372.239	434.679	408.688
12	14.762	26.511	-37.178	-379.684	443.373	416.862
13	14.340	27.041	-37.922	-387.278	452.240	425.199
14	13.931	27.582	-38.680	-395.023	461.285	433.703
15	13.533	28.133	-39.454	-402.924	470.511	442.377
€ Kapitalwert	610	118.724	-487.776	-4.981.439	6.166.631	6.047.907

Id) Sensitivitätsanalysen

Sensitivitätsanalyse Wartungskosten/Basisszenario			
	Wartungskosten	Verkaufspreis	Differenz in %
0%	10.000	1,086	0%
-10%	9.000	1,083	0,28%
-20%	8.000	1,08	0,55%
-30%	7.000	1,077	0,83%
Quelle: Eigene Berechnung			

Sensitivitätsanalyse Stromkosten/Basisszenario			
	Stromkosten	Verkaufspreis	Differenz in %
0%	19.315	1,086	0%
-10%	17.383	1,08	0,55%
-20%	15.452	1,074	1,10%
-30%	13.520	1,068	1,66%
Quelle: Eigene Berechnung			

Sensitivitätsanalyse Investitionskosten/Basisszenario			
	Investitionskosten	Verkaufspreis	Differenz in %
0%	250.000	1,086	0%
-10%	225.000	1,08	0,55%
-20%	200.000	1,073	1,20%
-30%	175.000	1,067	1,75%
Quelle: Eigene Berechnung			

Reduktion der Gestehungskosten um x-%					
	0%	-10%	-20%	-30%	-37,2%
Gestehungskosten	0,93	0,84	0,74	0,65	0,58
Verkaufspreis	1,09	0,99	0,90	0,81	0,74
Werte: €/kg _{CBM}					
Quelle: Eigene Berechnung					

Datenwerte zu Abbildung 16

II) Interviewprotokoll: Interview mit Ing. Nikolaus Stipits, Geschäftsführer/Inhaber der Stipits Entsorgung GmbH (www.stipits.at) am 13.10.2017.

Sie haben 2003 eine Biogasanlage in Betrieb genommen, warum?

Als Abfallentsorgungsunternehmen übernehmen wir auch biogene Reststoffe und es ging darum diese zusätzlich zu verwerten (Strom, Wärme).

Ca. 10 Jahre später haben sie sich eine Biogasreinigungsanlage und gleichzeitig ein Betankungssystem angeschafft, was waren die Hintergründe dafür?

Es ging darum einen nächsten Schritt in der Verwertung des eigenen Biogas zu machen. (Anm.: u.a. auch wegen des auslaufenden Ökostromvertrages, ein Umstand, auf den viele Biogasbetreiber nicht vorbereitet waren/sind.)

Da wir selbst einen großen Fuhrpark an unterschiedlichen Nutzfahrzeugen haben, wollen wir diesen Schritt für Schritt vollständig auf Biomethan umzustellen.

Der Fokus lag also auf der Betankung der eigenen Fahrzeuge, die halböffentliche Biomethantankstelle ist nur ein Zusatzangebot.

Wie viele Biomethan-Nutzfahrzeuge haben sie im Einsatz?

3 monovalente LKWs und 15 bivalente (Biomethan/Diesel) Fahrzeuge, darunter sind auch Sonderfahrzeuge. Die 15 bivalenten Fahrzeuge sind alle auf Biomethan-Einsatz umgebaute Dieselfahrzeuge.

Wir betreiben unsere Fahrzeuge ja so, dass sie jeden Tag neu betankt werden – Diesel wie CNG. D.h. auch Dieselfahrzeuge betanken wir nur nach der durchschnittlichen Tagesreichweite, damit wir nicht unnötig zusätzlich Treibstoff für die Mitführung eines vollen Tanks verbrauchen.

Wie beurteilen sie das aktuelle Angebot an CNG-Fahrzeugen im Nutzfahrzeugbereich?

IVECO hat da mit seiner langjährigen Erfahrung und einer tiefen Modellpalette eindeutig die Nase vorn. Andere europäische Hersteller (Scania, Volvo, Mercedes-Benz) haben CNG-Fahrzeuge „auch“ im Angebot, IVECO hat hier aber eine eigene Linie.

Den neuen 400 PS-Motor von IVECO empfinde ich als absoluten Meilenstein. Den neuen Stralis mit kombinierten CNG/LNG Tanksystem haben wir von der RAG (Anm.: Rohöl-Aufsuchungs Aktiengesellschaft, betreiben u.a. die österreichischen Erdgasspeicher) zum Testen geliehen bekommen. Damit wurde eine neue Fahrzeugklasse (Sattelschlepper bis 40t) für den Gasbetrieb erschlossen. Ich habe

gehört, dass erste Frächter bereits gekauft haben.

CNG-LKWs sind um ca. 20-30% teurer als vergleichbare Dieselmotoren.

Wann amortisieren sich ihre Gas-LKWs?

In ca. 2. Jahren, in unserem System, da wir das Biomethan ja selbst herstellen.

Wie liegen die Wartungskosten im Vergleich?

Die kann man ungefähr gleich ansetzen bzw. kann ein moderner Diesel wegen der aufwendigen Abgasreinigung (Anm.: auf Grund der EURO6-Grenzen) in der Wartung sogar teurer kommen. Dazu kommt noch die Verwendung von Ad Blue im Betrieb.

Wie hoch sind die bei ihnen die Biomethangestehungskosten bzw. mit welchem Selbstkostenpreis berechnen sie ihren Endkundenpreis?

Wir kalkulieren mit ca. 40 – 50 ct/kg und orientieren uns am Ökostromtarif, den wir ja parallel auch noch bis 2027 haben. D.h. die Abgabe an die Tankstelle soll genauso viel bringen, wie der Verkauf des Ökostroms.

Zu welchem Preis (inkl. UST) verkaufen sie an ihre externen Kunden und rechnet sich die Gastankstelle damit?

Wir orientieren uns am CNG-Tankstellenpreis und unterbieten diesen sogar ein wenig, um einen gewissen Anreiz zu schaffen. (Anm.: 0,96 ct/kg am 13.10.2017) Und ja, damit können wir die Gastankstelle wirtschaftlich führen, obwohl wir eigentlich keine Werbung machen und die Tankstelle halböffentlich geführt wird. (Anm.: d.h. jeder Kunde muss sich mit einer Zutrittskarte vorher identifizieren. Es kann aber jeder Kunde werden. Aber damit gibt es keine Laufkundschaft. Der Vorteil liegt in geringeren Behördenauflagen.) Ausschlaggebend ist aber die Betankung der eigenen LKWs, für die wir eine eigene Betriebstankstelle mit 6 Füllstationen haben.

Wie groß ist ihr Pufferspeicher für die Gastankstelle?

Für das ganze System (Kudentankstelle, Betriebstankstelle): 3 x 1.600 Nm³, mit bis zu 300 bar Speicherdruck.

Alle Tankpunkte laufen im Schnelllademodus. (Anm.: d.h. 200 bar Ausgangsdruck an der Zapfsäule)

Wie viele Kunden an der Gastankstelle haben sie eigentlich?

Ungefähr 50 Kunden, wobei die überwiegende Mehrzahl ungarische Pendler (mit PKW) sind. Die müssen wirklich auf jeden Cent schauen und erkennen den Mehrwert mit Gas zu fahren. Die Österreicher sind klar in der Minderheit.

Haben sie versucht schon einmal versucht Gewerbetreibende zum Umstieg auf CNG-Fahrzeuge zu motivieren?

Ja, das haben wir früher schon gemacht. Aber da musste man zusätzlich den Umbau der Fahrzeuge mit bewerben, da es kaum Serienfahrzeuge gab. Diese Umbauten bringen aber nie ganz das, was man sich vorstellt. Wir haben damit aufgehört. Wer auf Gasbetrieb umstellen möchte, soll es tun, aber er muss selbst darauf kommen. Serienfahrzeuge gibt es ja mittlerweile.

Wie hoch waren die Investitionen in den Biomethanbereich?

Die Biomethanaufbereitung inkl. der ganzen Betankungsinfrastruktur hat ca. 1,1 Mio. € gekostet.

Wie hoch schätzen sie die Kosten für ein durchschnittlich ausgelegtes Gastankstellensystem?

Ca. 150.000 – 200.000 € für ein Standardsystem, bei einer Abschreibungsdauer von 10 – 15 Jahren.

Was war ihre Motivation für das Biomethansystem, spielen da grüne Motive eine Rolle?

Nein, einfach die Unabhängigkeit, und es muss sich wirtschaftlich rechnen. Das Ökologische ergibt sich dann einfach daraus.

Übrigens wäre ich für die Abschaffung der Ökostromtarife für Abfallentsorger bzw. Biogasanlagen auf Abfallbasis.

Warum?

Weil dadurch auf der anderen Seite der Stoffkette die Abfallentsorgungsgebühren unter Druck gekommen sind. Die Lieferanten meinen, dass man ja sowieso damit noch „Geld verdient“ und wollen weniger für die Entsorgung zahlen. Das hat den Markt verzerrt.

Sehen sie zukünftiges Potential, wenn sich Biogasanlagen auf die Bereitstellung von Biomethan – speziell für Nutzfahrzeuge – verlegen?

Absolut, das gilt besonders für Abfallanlagen – wie die unsere – und wenn ein eigener Fuhrpark vorhanden ist. Welche Möglichkeiten gäbe es denn sonst noch? Wir haben beispielsweise keinen Zugang zum Gasnetz und könnten daher auch gar kein Biomethan ins Netz einspeisen.

Haben sie zukünftige Pläne im Bereich Biomethan?

Zurzeit nicht, eventuell bauen wir in ein paar Jahren die Kapazität weiter aus und organisieren uns eine Membrananlage zur Biogasaufbereitung.

Danke für das Gespräch!