

Thomas Glöckel

Reports

R-141

**ALTERNATIV BETRIEBENE FAHRZEUGE
IN ÖSTERREICH
Eine Bestandsaufnahme**

Wien, 1997

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



Autor

Thomas Glöckel

Übersetzung

Thomas Glöckel

Layout

Michael Gager

Lektorat

Dr. Anton Voykowitsch (Austria Ferngas)

Dipl.-Ing. Roland Huemer (OÖ. Ferngasgesellschaft)

Dipl.-Ing. Christian Vana (ÖAF)

Hermann Hager (OMV)

Dipl.-Ing. Schödl (Wiener Stadtwerke/Verkehrsbetriebe)

Dr. Andreas Dorda (BMWV)

Dr. Wolfgang Streicher (TU Graz)

Ing. Christian Peterka (WIENSTROM)

Dipl.-Ing. Anna Theil-Gangl (RME-Rapsmethylester Produktionsgesellschaft m.b.H)

Dipl.-Ing. Manfred Wörgetter (BLT Wieselburg)

Dipl.-Ing. Werner Körbitz (Österreichisches Biodieselinstitut)

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

Druck: Druckerei Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, 1997
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)
ISBN 3-85457-368-5

INHALTSVERZEICHNIS

1 ZIELSETZUNGEN DER STUDIE	1
1.1 GELTUNGSBEREICH UND ABGRENZUNG	1
1.2 AUFBAU UND GLIEDERUNG DER ARBEIT	2
1.3 WARUM ALTERNATIV BETRIEBENE FAHRZEUGE	2
1.3.1 Luftqualität	3
1.3.2 Energieunabhängigkeit	6
1.3.3 Wirtschafts- und Forschungsimpulse	7
1.4 NICHT TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN BETRIEB VON ALTERNATIVEN FAHRZEUGEN	8
1.4.1 Infrastruktur	8
1.4.2 Verfügbarkeit	8
1.4.3 Versorgung	8
1.4.4 Betankungsmöglichkeiten	9
1.4.5 Service & Wartung & Ersatzteile	9
1.4.6 Wirtschaftlichkeit	9
1.4.6.1 Fixkosten	9
1.4.6.2 Variable Kosten	9
1.4.6.3 Entkoppelung vom Rohölpreis	10
1.4.6.4 Internalisierung der externen Umweltfolgekosten	10
1.5 REGULATIVE	10
1.6 SCHADSTOFFE	11
1.6.1 Emissionen von Luftschadstoffen	11
1.6.1.1 Schwefeldioxid (SO ₂)	12
1.6.1.2 Stickoxide (NO _x)	12
1.6.1.3 Kohlenwasserstoffe (HC)	12
1.6.1.4 Methan (CH ₄)	12
1.6.1.5 NMVOC (engl. non methane volatile organic compounds)	12
1.6.1.6 Kohlenmonoxid (CO)	12
1.6.1.7 Kohlendioxid (CO ₂)	12
1.6.1.8 Distickstoffmonoxid (N ₂ O)	13
1.6.1.9 Partikel	13
1.6.2 Arten von Emissionen	13
1.6.2.1 Emissionen im warmen Betriebszustand	13
1.6.2.2 Startemissionen	13
1.6.2.3 Verdampfungsemissionen	13
1.6.2.4 Verdunstungsemission	13
1.6.2.5 Lärmemissionen	14
2 ELEKTROANTRIEB	15
2.1 EINLEITUNG	15
2.2 TECHNIK	17
2.2.1 E-Mobile mit konventioneller Karosserie	17
2.2.2 E-Mobile in Leichtbauweise	18

2.2.3 Motor	19
2.2.4 Getriebe	20
2.2.5 Motorsteuerung	20
2.2.6 Aufladetechnik	21
2.2.7 Bordnetzversorgung	21
2.2.8 Batterieüberwachung und Fahrerinformationssysteme (Batteriemanagementsysteme)	21
2.2.9 Batterien	22
2.3 FAHRCHARAKTERISTIK	22
2.3.1 Reichweite	23
2.3.2 Energieverbrauch	23
2.3.3 Fahrwerte	23
2.3.4 Fahrsicherheit	23
2.4 EMISSIONEN	24
2.5 TREIBSTOFF	26
2.6 WIRTSCHAFTLICHKEIT UND KOSTEN	26
2.6.1 Fixkosten	27
2.6.2 Laufende Kosten	27
2.7 REGULATIVE	27
2.8 FÖRDERUNGEN	28
2.9 PROGRAMME	29
2.9.1 Breitentest der Niederösterreichischen Landesregierung	29
2.9.2 E-Mobile für Linz	30
2.10 E-MOBILE IN ÖSTERREICH	30
2.11 INFRASTRUKTUR	31
2.11.1 Vertreibernetz	31
2.11.2 Modellangebot	31
2.11.3 Service & Wartung	31
2.11.4 Tankstellennetz	31
2.12 BETRIEBSERFAHRUNGEN	34
2.12.1 Stadtgemeinde Wien	34
2.12.2 Elektrofahrzeuge im EVU-Bereich (Energieversorgungsunternehmen)	34
2.13 KONTAKTADRESSEN	35
 3 LPG (LIQUIFIED PETROLEUM GAS)	 36
3.1 EINLEITUNG	36
3.2 TREIBSTOFF	36
3.2.1 Eigenschaften	36
3.2.2 Verfügbarkeit	37
3.2.3 Versorgung	38
3.2.4 Herstellung	38

3.2.5 Preis	38
3.3 TECHNIK.....	38
3.3.1 Motor	38
3.4 EMISSIONEN	39
3.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT	40
3.6 REGULATIVE.....	42
3.6.1 Flüssiggasqualität	42
3.6.2 Flüssiggastankstellenbestimmungen	42
3.6.3 Garagenbestimmungen für den Flüssiggasbetrieb.....	42
3.6.4 Flüssiggasbeförderungsbestimmungen	43
3.6.5 Flüssiggasbesteuerung.....	43
3.7 LPG-FAHRZEUGE IN ÖSTERREICH	43
3.7.1 Hersteller, Service und Wartung	43
3.7.2 Tankstellennetz.....	43
3.8 FAHRCHARAKTERISTIK.....	44
3.8.1 Reichweite	44
3.8.2 Sicherheit.....	45
3.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN	45
3.10 KONTAKTADRESSEN	46
 4 ERDGAS CNG (COMPRESSED NATURAL GAS)	 47
4.1 EINLEITUNG	47
4.2 TREIBSTOFF	48
4.2.1 Verfügbarkeit	48
4.2.2 Versorgung	48
4.2.3 Herstellung	49
4.2.4 Preis	50
4.3 TECHNIK.....	50
4.3.1 Motor	50
4.4 EMISSIONEN	51
4.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT	54
4.6 REGULATIVE.....	54
4.7 CNG-FAHRZEUGE IN ÖSTERREICH	55
4.7.1 Hersteller	55
4.7.1.1 Nachträglich umgebaute Erdgasfahrzeuge	55
4.7.1.2 Originalerdgasfahrzeuge	56
4.7.2 Service & Wartung.....	56
4.7.3 Tankstellennetz.....	56
4.8 FAHRCHARAKTERISTIK.....	58
4.8.1 Reichweite	58

4.8.2 Verbrauch	59
4.8.3 Sicherheit.....	59
4.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN	60
4.9.1 Oberösterreichische Ferngas.....	60
4.9.2 VW-Bus, Energieversorgung Niederösterreich (EVN).....	61
4.10 KONTAKTADRESSEN	62
 5 BIODIESEL	 64
5.1 EINLEITUNG	64
5.2 TREIBSTOFF	65
5.2.1 Rohstoff	68
5.2.2 Herstellung	68
5.2.3 Versorgung	70
5.2.4 Preis	70
5.3 TECHNIK.....	71
5.3.1 Motor	71
5.4 EMISSIONEN	71
5.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT	73
5.5.1 Investitionskosten	73
5.5.2 Betriebskosten (laufende Kosten)	73
5.6 REGULATIVE.....	73
5.6.1 Besteuerung	73
5.6.2 Normen.....	74
5.6.3 Förderungen	74
5.7 BIODIESELFahrzeuge in Österreich.....	74
5.7.1 Hersteller	74
5.7.2 Service und Wartung	76
5.7.3 Tankstellen	76
5.8 FAHRCHARAKTERISTIK.....	77
5.8.1 Verbrauch und Leistung.....	77
5.8.2 Reichweite und Kaltstartverhalten.....	77
5.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN	77
5.9.1 RME-Betrieb von Fahrzeugen der MA 48/ Wien	77
5.9.2 City Bus in Schwaz/Tirol	78
5.9.3 RME als Dieselerersatzstoff beim Österreichischen Bundesheer.....	78
5.10 KONTAKTADRESSEN.....	79
 6 QUELLENVERZEICHNIS	 81

Zusammenfassung

Mit dieser Studie wird versucht, den Markt von alternativ betriebenen Fahrzeugen in Österreich zu beschreiben und zu dokumentieren. Dazu wurden sowohl die technische als auch die wirtschaftliche Entwicklung alternativer Antriebe analysiert, wobei auch gesetzliche Bestimmungen, Förderungen und Besteuerung in Betracht gezogen wurden. Es wurden nur alternative Antriebsarten in diese Studie aufgenommen, die derzeit in Österreich praktisch erprobt und tatsächlich eingesetzt werden. Diese sind im wesentlichen der E-Antrieb, Flüssiggas (LPG), Erdgas (CNG) und Biodiesel (RME). Anhand des sich aus den Charakteristika der einzelnen Antriebe ergebenden Produktprofils können unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten in Betracht gezogen werden. So ist das E-Mobil, welches lokal nahezu emissionsfrei fährt, für Städte und Tourismus/Erholungsgebiete ein durchaus geeignetes Verkehrsmittel. Flüssiggas und Erdgas, ersteres wird seit über 30 Jahren von den Wr. Stadtwerken/Verkehrsbetrieben als Treibstoff für ihre Busflotte verwendet, sind hingegen besonders für den Flottenbetrieb geeignet. Biodiesel hat wegen seiner Eigenschaft, innerhalb weniger Tage nahezu vollständig biologisch abbaubar zu sein, eine Verwendungsmöglichkeit beispielsweise in Wasser- und Naturschutzgebieten.

Im einzelnen ergibt sich für Österreich folgende Situation: Ende 1995 waren 430 elektrisch betriebene Straßenfahrzeuge in Österreich zugelassen gewesen. Die meisten von diesen werden im Bereich der Energieversorgungsunternehmen und der Automobilklubs eingesetzt, welche auch auf dem Gebiet der Entwicklung von Stromtankstellen tätig sind. Ein Element in der österreichischen E-Mobilszene ist auch die alljährlich stattfindende Austro-Solar, bei der neben einem Symposium zum Thema E-Mobil auch eine internationale Sternfahrt stattfindet.

Flüssiggas wird in Österreich nur bei den Wiener Stadtwerken/Verkehrsbetrieben eingesetzt. Heute fahren mehr als 400 Busse in Wien mit Flüssiggas, womit diese die größte Flüssiggasflotte der Welt darstellen.

Erdgas wird seit Anfang der 90-iger Jahre im Bereich der Energieversorgungsunternehmen als Treibstoff verwendet. Die Zahl der Erdgasfahrzeuge in Österreich liegt bei knapp 20 Stück, was auch auf die noch fehlende Infrastruktur zurückzuführen ist. Demnächst werden in Österreich die ersten auf öffentlich zugänglichem Grund befindlichen Erdgastankstellen eröffnet.

1995 wurden in Österreich 15.200 t Biodiesel produziert, was einem Anteil von ca. 1 % des Gesamtdieselvebrauchs entspricht. Prinzipiell kann jeder Dieselmotor mit Biodiesel betrieben werden. Praktisch jedoch wird Biodiesel hauptsächlich in der Landwirtschaft als Kraftstoff eingesetzt.

Alternative Antriebe stellen derzeit in Österreich insgesamt noch einen verschwindenden Anteil an der Gesamtflotte dar. Doch ist mittlerweile klar, daß auch große Fahrzeugbestände mit alternativen Antriebsquellen erfolgreich betrieben werden können.

Summary

The main objective of this study was to describe and present the state of the art of alternatively fuelled vehicles considered for the Austrian traffic. In order to make a complete survey of the situation, it was tried to consider the technical and economic aspects of alternative vehicles, as well as the legal background. Only alternative vehicles were taken into account, which are used or have been used in Austria: These are vehicles propelled with electricity, Liquefied Petroleum Gas (LPG), Natural Gas and Biodiesel. The resulting marketing profile shows several properties of the alternative fuels, as well as their possible methods of application. The E-mobile for example is suitable for city traffic because it is running locally almost emission free. Whereas Natural Gas respectively Liquefied Petroleum Gas, which has been successfully used for 30 years by the Viennese Traffic Company, are mainly suitable

for large fleets. And as for Biodiesel, it has the advantage of being almost completely biodegradable in a few days, a great asset in environmentally protected areas (e.g. national parks).

By the end of 1995, 430 electric vehicles used mainly by energy supplying companies and promoted by motor clubs made their appearance into the local Austrian traffic scene. Also the annual electric vehicle symposium, the so called „Austro Solar“, is an essential promotion for the widespread use of this kind of vehicle.

As for LPG, it is solely used by the Viennese Traffic Company. Presently, there are more than 400 buses running with LPG, making Vienna the city with the biggest LPG-busfleet in the world.

Natural Gas hasn't already reached the extent of LPG, although it is used by some of the local energy supplying companies as an alternative fuel. The number of Natural Gas propelled cars is still humble, despite the fact that it is considered to be the alternative fuel of the future. Recently great effort has been made to establish Natural Gas refilling facilities in Austria.

The amount of Biodiesel produced in Austria 1995 was more than 15.000 t, which is about one percent of the whole Diesel consumption of Austria. Biodiesel, thanks to some patented Austrian processes, can be made out of almost any fat of animal or vegetal origin. More than this, it can be utilised by conventional Diesel engines. An asset for the diesel trucks operated by the local farmers; thus making Austria one of the Biodiesel leaders in the world.

Alternative vehicles still are a minority share in Austrian traffic. But, considering the progress made abroad, where large fleets are running successfully with alternative fuels, Austria should not refrain from this global development.

ALTERNATIV BETRIEBENE FAHRZEUGE IN ÖSTERREICH - EINE BESTANDSAUFNAHME

1 ZIELSETZUNGEN DER STUDIE

Alternativ betriebene Fahrzeuge sind schon seit den Anfängen der Automobiltechnologie bekannt. So war z.B. um die Jahrhundertwende der Elektromotor ein durchaus üblicher Antrieb. Im Laufe der Automobilgeschichte sind eine Vielzahl verschiedener Antriebstechnologien erprobt oder sogar in Serie gebaut worden, doch konnte letztendlich keine Technologie den Siegeszug der benzin- oder dieselbetriebenen Verbrennungskraftmotoren stoppen.

Die hier vorliegende Studie soll sowohl die Entwicklung als auch die gegenwärtige Situation von alternativ betriebenen Fahrzeugen in Österreich beschreiben und dokumentieren, um zukünftige Entwicklungen auf diesem Gebiet besser abschätzen zu können. Das Ziel war es, eine Art Handbuch für alternativ betriebene Fahrzeuge zu verfassen, das in kurzer Form den Status quo in Österreich beschreibt. Insbesondere soll für Betreiber von Flotten und Fuhrparks und Verantwortliche im Transport- und Verkehrswesen ein Überblick über die in Österreich bereits vorhandenen Möglichkeiten an Alternativen zu den herkömmlichen Kraftstoffen gegeben werden. Dabei wurde besonders Wert gelegt, die Studie nicht mit technischen Details zu überladen, sondern möglichst nur praxisrelevante Parameter zu behandeln. Ein wesentlicher Bestandteil dieser Arbeit war es, die sogenannten „Non Technical Barriers“ - die nicht technischen Hindernisse - einer Marktetablierung jener Technologien näher zu betrachten und zu diskutieren. Anhand von Beispielen aus der Praxis wird versucht, Fragen betreffend der Infrastruktur, der Regulative und der Wirtschaftlichkeit zu beantworten. Wegen der Größe und der Komplexität des Themengebietes erhebt die Arbeit keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit, doch soll dem Leser ein Ein- und Überblick verschafft werden. Falls nähere Informationen zu einzelnen Punkten gewünscht wird, ist jedem Kapitel eine Liste kompetenter Ansprechpartner angehängt. Diese Arbeit soll in Expertengruppen in einem weiteren Schritt diskutiert werden und eine Bewertung der einzelnen Technologien ermöglichen.

1.1 GELTUNGSBEREICH UND ABGRENZUNG

Bei der Aufarbeitung eines Themengebietes solchen Umfanges wie dem von alternativ betriebenen Fahrzeugen ist es von wesentlicher Bedeutung von Anfang an klar zu definieren, welche Einzelheiten behandelt werden sollten. Alternative Kraftstoffe zu definieren ist eine sehr schwierige und komplexe Aufgabe, da auf internationaler Ebene unterschiedlichste Fachmeinungen dazu existieren. In den USA umfaßt laut Bundesgesetz der Begriff der alternativen Kraftstoffe alle Nichtbenzin- oder Diesel- Kraftstoffe. Darunter fallen beispielsweise Erdgas wie auch Flüssiggas. Zweiteres wiederum ist in den Niederlanden nicht den alternativen Kraftstoffen zuzurechnen, obgleich das eher fiskalische Gründe beinhaltet als grundsätzliche (Anm. in den Niederlanden sind etwa 10 % aller PKW mit Flüssiggas betrieben). Ableitend aus solchen Betrachtungen sollte eine Definition von „alternativen Kraftstoffen“ vorgenommen werden noch bevor das Themengebiet detaillierter betrachtet wird. Es wurde aus praktischen Gründen für die amerikanische Definition entschieden, welche alle Nichtbenzin- und Diesel Kraftstoffe umfaßt.

Da es weltweit unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen eine Vielzahl von alternativen Kraftstoffen gibt und diese sicherlich den Rahmen dieser Studie sprengen würden, beschränkt sich die Betrachtung auf in Österreich relevante und praxiserprobte Technologien.

Weitaus schwieriger war es den Begriff „Fahrzeuge“ abzugrenzen. Im wesentlichen sind dabei Straßenfahrzeuge sowohl im Güter- als auch im Personentransportbereich gemeint. Bei den einzelnen alternativen Kraftstoffen findet man mitunter auch Fahrzeuge oder deren Anwendungsmöglichkeiten, die dieser Definition nicht unbedingt entsprechen, doch in der Gesamtlinie ist vom oben festgelegten Geltungsbereich nicht abgewichen worden.

Der zweite wesentliche Aspekt dieser Arbeit ist, die Entwicklung alternativer Antriebstechniken bis zum heutigen Punkt zu dokumentieren. Das inkludiert Projekte und Versuche in der Vergangenheit und Gegenwart, schließt jedoch Prognosen über Zukünftiges aus. Daraus soll sich eine Art Chronologie ergeben, die zwar die Potentiale der einzelnen Technologien erkennen läßt, jedoch keinesfalls als eine Bewertung dieser zu verstehen ist. Ziel ist es, eine Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes „alternativ betriebener Fahrzeuge in Österreich“ vorzunehmen und diese in übersichtlicher und kurzer Form zu präsentieren.

1.2 AUFBAU UND GLIEDERUNG DER ARBEIT

Um der Forderung einer übersichtlichen Darstellung aller in Österreich relevanten alternativen Antriebstechnologien gerecht zu werden, werden im Anfangskapitel die einzelnen Kriterien vorgestellt und im allgemeinen diskutiert. Dabei soll die Bedeutung der einzelnen Punkte und deren Verknüpfung mit anderen Kriterien zu veranschaulicht werden. Generell wird versucht, ein Gesamtbild zu vermitteln und die Abhängigkeit der diskutierten Punkte untereinander hervorzuheben.

Die Kapitel betreffend die einzelnen alternativen Kraftstoffe sind nach Möglichkeit und Gegebenheit gleich aufgebaut, um dem Leser einen direkten Vergleich geben zu können. Jedem dieser Kapitel sind konkrete Beispiele aus der Praxis angehängt, wo anhand der vorhandenen Rahmenbedingungen die einzelnen Kriterien durchdiskutiert werden. Zu den konkreten Projekten werden ergänzend Kontaktpersonen bzw. Institutionen genannt, welche für detailliertere Informationen zur Verfügung stehen.

Den Abschluß dieser Arbeit bildet das Verzeichnis der hier verwendeten Quellen.

1.3 WARUM ALTERNATIV BETRIEBENE FAHRZEUGE

Bislang waren Überlegungen zum Einsatz alternativer Kraftstoffe überwiegend von der Sorge um die Erschöpfung der Erdölvorräte bzw. der Ressourcenschonung geprägt. Das zunehmende Bewußtsein über den Zusammenhang von CO₂-Emissionen und Treibhauseffekt gibt dem Gedanken nach Einsatz alternativer, umweltverträglicherer Kraftstoffe neue Impulse. Dennoch sollten folgende Tatsachen bei der nachfolgenden Diskussion unbedingt beachtet werden.

Das Automobil existiert schon seit mehr als 100 Jahren. In der Folge war jedoch das Automobil in seinen Anfängen nicht per se mit einer benzin- oder dieselbetriebenen Verbrennungskraftmaschinen ausgestattet, sondern „alternative“ Kraftstoffe wie Leuchtgas, Kohlegas aber auch Elektrizität waren gängige Energiequellen für die allerersten Automobile. So war ursprünglich für das von Henry Ford gebaute T-Modell vorgesehen, es wahlweise mit Benzin oder Alkohol (Ethanol) zu betreiben. Erst durch die stetige Verbesserung der Erdölraffinationstechniken, wie beispielsweise das thermische und katalytische Cracken, wurden die Produktionskosten soweit gesenkt, daß Erdölprodukte als Kraftstoff breite Verwendung fanden. Dazu kam noch der verhältnismäßig hohe spezifische Energieinhalt, welcher die übrigen Kraftstoffe ins Hintertreffen führte. Das alles geschah am Anfang unseres Jahrhunderts und die Automobiltechnologie hat sich seitdem stetig weiterentwickelt. Die Motortechnologie wurde immer besser auf die beiden Hauptkraftstoffe Benzin und Diesel abgestimmt, aber auch die Betankungsmöglichkeiten und die gesamte damit verbundene Infra-

struktur wurden auf benzin- oder dieselbetriebene Fahrzeuge hinentwickelt. So gesehen hat die Benzin- und Dieseltechnologie einen kaum mehr einholbaren Entwicklungsvorsprung. Auch die Kosten, welche mit einer Einführung einer neuen Technologie verbunden sind, lassen alternative Antriebstechnologien als eher unattraktiv erscheinen. Unsere gesamte Wirtschaft ist auf das Produkt Benzin- oder Dieselauto abgestimmt und ausgerichtet. Riesige Aufwendungen von Kapital und Zeit sind zur Optimierung dieser Technologie investiert worden und gesamte Industrien basieren darauf. Oft wird die Frage nach alternativen Technologien mit dem kurzen Statement beantwortet, „Der Markt regelt sich von selbst.“ Prinzipiell kann kein Produkt oder keine Technologie am freien Markt bestehen, wenn dafür nicht die dementsprechende Nachfrage besteht. Doch andererseits kann kein Produkt in unseren Wirtschaftssystem auf Marketing und PR verzichten. Wenn man bedenkt wie viel Geld alleine für das Produkt Benzin investiert wurde und wird, läßt sich der Stellenwert alternativer Technologien im Vergleich dazu erahnen.

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Alternativkraftstoffe kurz gezeigt und in übersichtlicher Form präsentiert. Dabei sollte immer bedacht werden, daß zur Erreichung niedrigerer Emissionen beim Endverbrauch auch die Emissionen bei der Herstellung zu berücksichtigen sind. Abschließend sei gesagt, daß mit Markteinführung von jenen Technologien nicht notwendigerweise eine radikale und komplette Umrüstung der gesamten Fahrzeugflotte verbunden ist, sondern vielmehr ein offener Wettbewerb unterschiedlicher Produkte am freien Markt, wobei maßgebend für die Chancen alternativer Kraftstoffe die Tragbarkeit ihrer Kosten im Vergleich zu ihrem Nutzen ist.

1.3.1 Luftqualität

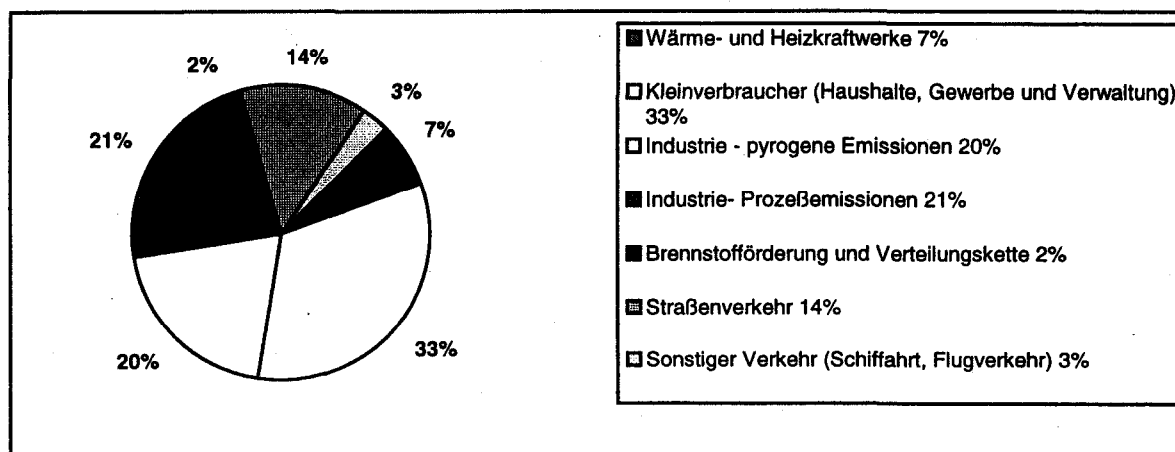
Der motorisierte Verkehr ist mit Umweltbelastungen verbunden, sei es durch mehr Lärm, mehr Luftschadstoffe, mehr Flächenbedarf und der geringeren Effizienz des Verkehrsablaufes auf der Straße. Besonders in den dicht besiedelten, urbanen Ballungsgebieten sind die durch den Verkehr verursachten Probleme augenscheinlich geworden. Die Folge davon sind Umweltverschmutzung und damit unmittelbar verbunden ein Sinken der Lebensqualität.

Aus diesen Gründen wurde das europäische Auto-Oil Programm ins Leben gerufen, welches zum Ziel hatte, bis Ende 1995 Strategien und Maßnahmen zu erarbeiten, die zu einer weiteren Herabsetzung der durch den Straßenverkehr verursachten Luftverschmutzung führen. Mit diesen Maßnahmen sollen die WHO-Zielsetzungen bezüglich Luftqualität in Europa im Jahr 2010 erfüllt werden. Dabei untersuchte man auch den Einfluß der Motortechnologie. Die Unterschiede zwischen den Motoren sind aber viel größer als diejenigen der Treibstoffe. Die Experten kamen zum Schluß, daß mit neuen Fahrzeugen wesentlich geringere Gesamtemissionen erzielt werden können. Dies bedinge allerdings eine zügige Erneuerung des Fahrzeugparkes. Obwohl die Auswirkungen einer verbesserten Treibstoffqualität geringer als die motorischen Effekte sind, wirken sie sofort und für alle Fahrzeuge, und seien damit zu begrüßen.

Betrachtet man die Luftschadstoffemissionen in Österreich 1994, so erkennt man, daß der Verkehr einer der Hauptemittenten ist. In folgenden Tabellen und Abbildungen werden die Luftschadstoffe und ihre Verursacher aufgelistet. (siehe auch Kapitel 1.6 Schadstoffe)

Tab. 1: Gesamtemissionen Österreichs 1994 (UMWELTBUNDESAMT)

Gesamtemissionen Österreichs 1994 in %							
Sektoren	SO ₂	NO _x	NMVOC	CH ₄	CO	CO ₂	N ₂ O
Wärme- und Heizkraftwerke	7	4	0,0	0,0	0,1	21,1 (16)	0,8
Kleinverbraucher (Haushalte, Gewerbe und Verwaltung)	32	10	13,4	3,3	35,0	28,1 (21)	8,8
Industrie - pyrogene Emissionen	20	7	0,2	0,1	0,5	16,5 (12)	0,7
Industrie - Prozeßemissionen	21	11	2,8	0,0	37,7	31,7 (23)	3,9
Brennstoffförderung und Verteilungskette	2	0	1,2	0,8	0,0	0,3	0,0
Lösemitelemmissionen	0	0	28,9	0,0	0,0	0,0	5,2
Straßenverkehr	14	55	15,7	0,6	25,5	33,9 (25)	27,1
Sonstiger Verkehr (Schifffahrt, Flugverkehr..)	3	9	1,1	0,0	0,9	3,4 (3)	4,6
Abfallbehandlung und Depo-nien	0	0	0,1	12,9	0,3	0,3	1,3
Land- und Forstwirtschaft	0	4	27,6	73,3	0,1	-35,3	41,5
Natur	0	0	9,0	9,0	0,0	0,0	6,0
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100

Abb. 1: SO₂ Emittenten in Österreich (UMWELTBUNDESAMT)

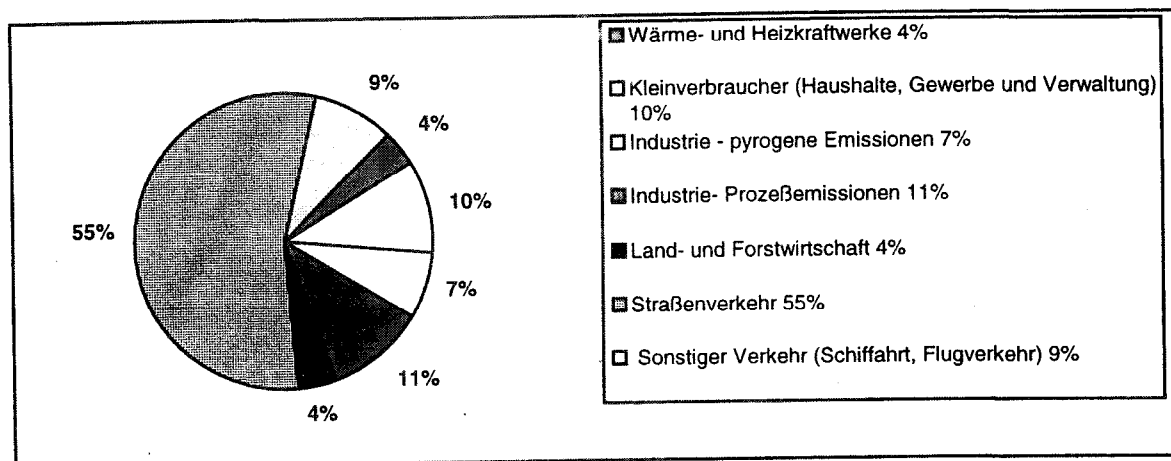
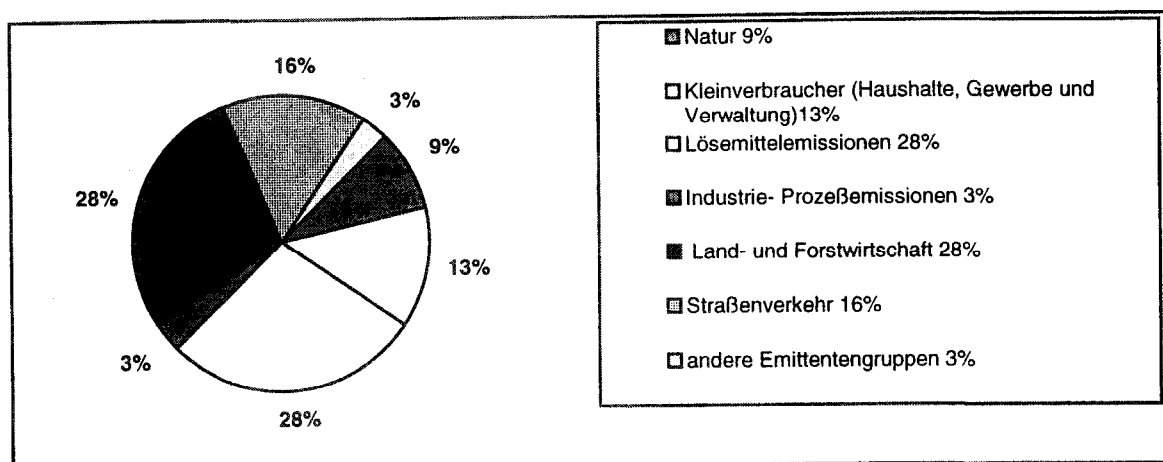
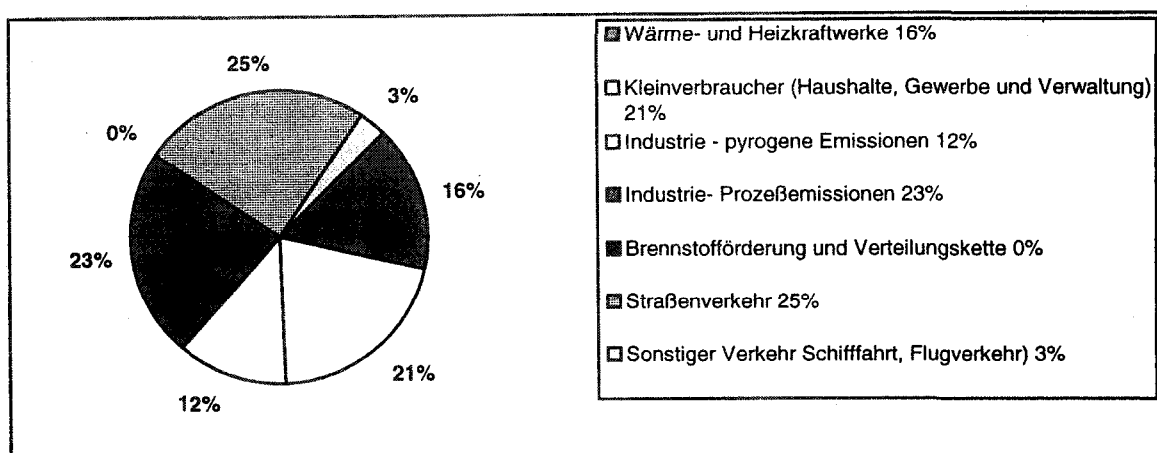

Abb. 2: NO_x -Emittenten in Österreich (UMWELTBUNDESAMT)


Abb. 3: NMVOC-Emittenten in Österreich (UMWELTBUNDESAMT)


Abb. 4: CO_2 -Emittenten in Österreich (UMWELTBUNDESAMT)

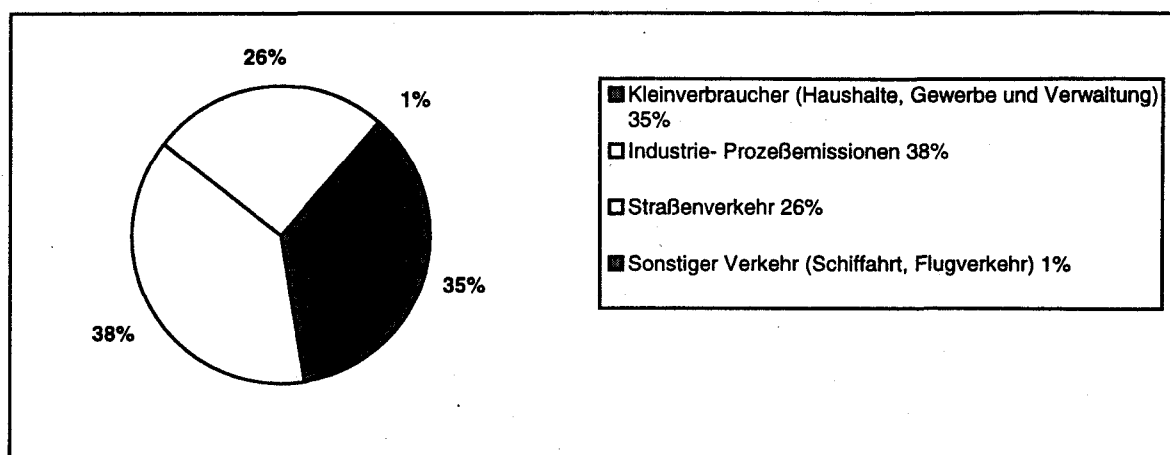


Abb. 5: CO-Emittenten in Österreich (UMWELTBUNDESAMT)

Die Zahlen sind als eine gesamtösterreichische Bilanz zu betrachten. In urbanen Gebieten steht der Verkehr zweifellos an der Spitze der Luftschadstoffemittenten, obgleich es zu jahreszeitlichen Verschiebungen kommt, die hauptsächlich während der Heizperiode auftreten. Weitere Maßnahmen zur Minderung der Emissionen aus dem Verkehr sind deshalb notwendig.

Sicherlich ist mit der Einführung alternativer Antriebstechnologien nicht automatisch eine Verbesserung der Luftqualität verbunden, doch vereinigen die einzelnen Technologien vielversprechende Potentiale in sich. Inwieweit welche Emissionen gemindert werden können, wird später ausführlich bei den einzelnen Technologiekapiteln behandelt.

1.3.2 Energieunabhängigkeit

Nach den Angaben von Eurostat, dem statistischen Amt der EU, ist der Anteil des Verkehrssektors am Gesamtenergieverbrauch der EU-Staaten zwischen 1960 und 1994 von 16,7 auf 30,8% gestiegen. Der Verkehr nimmt inzwischen den Hauptanteil des Energieverbrauches in Europa in Anspruch. Auch in Österreich stieg der Energieverbrauch des Verkehrs kontinuierlich seit 1955 mit 12,5% auf 21,5% im Jahr 1994 (WIFO, 1995).

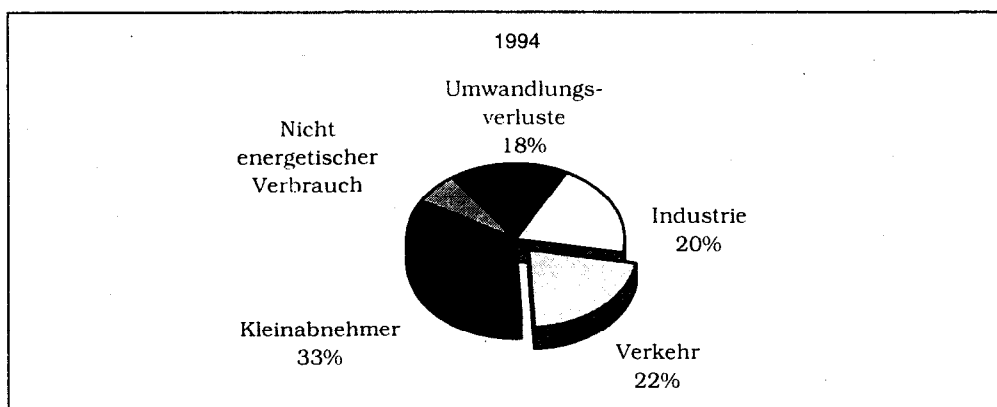


Abb. 6: Energieverbrauch in Österreich nach Sektoren 1994 (OMV 1995)

Auf der anderen Seite mußte Österreich im Jahre 1994 60,5% seines Gesamtenergieverbrauches durch Importe aus dem Ausland decken. Davon entfielen alleine 40% auf Rohöl, welches zu über 90% aus dem Ausland importiert werden mußte. Der Hauptanteil des importierten Rohöls kam aus Ländern des arabischen Raums bzw. Nigeria und Rußland.

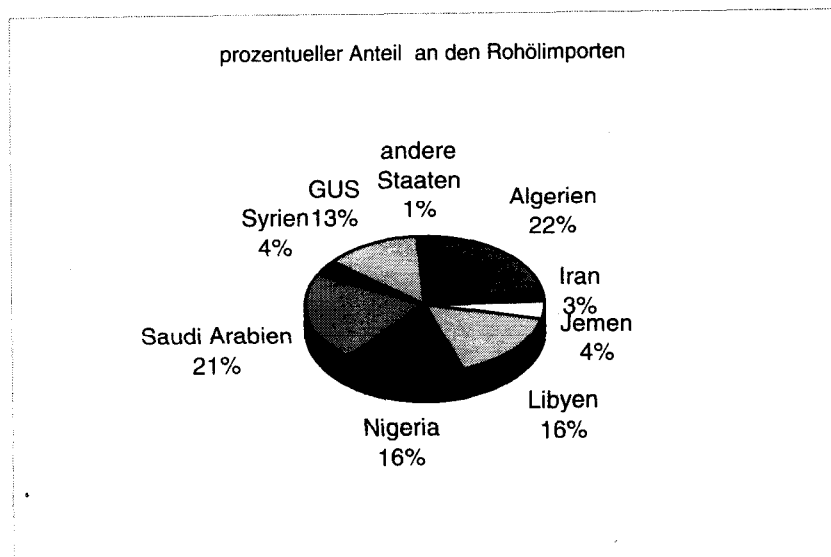


Abb. 7: Ausländische Rohölimporte (OMV 1995)

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die zeitlich begrenzte Verfügbarkeit von fossilen Brennstoffen, hier im speziellen Erdöl. Doch bemerkenswerterweise sind im Laufe der Jahre die noch verfügbaren Welterdölreserven immer wieder nach oben revidiert worden, was in erster Linie auf neu entdeckte Reserven und zweitens auf die zunehmende Wirtschaftlichkeit schwer explorierbarer Funde zurückzuführen ist. Wenngleich die kurzfristige Versorgungslage derzeit relativ gesichert erscheint, sollte jedoch wegen der erwartenden Steigerung des weltweiten Mineralölverbrauchs, bedingt durch den erhöhten Bedarf der Entwicklungsländer- und Schwellenländer, die langfristige Versorgungssituation nicht ohne Bedenken betrachtet werden. Somit ergibt sich aus den Gesichtspunkten der Endlichkeit und Abhängigkeit von Rohöl ein Handlungsbedarf nach Erschließung anderer Energiequellen.

1.3.3 Wirtschafts- und Forschungsimpulse

International betrachtet werden enorme Anstrengungen auf dem Gebiet innovativer Mobilitätstechnologien unternommen. Besonders die USA und da wiederum der Bundesstaat Kalifornien haben mit ihrer rigorosen Verkehrsgesetzgebung die Rahmenbedingungen für die erfolgreiche Umsetzung derartiger Technologien in die Praxis ermöglicht. Um Europa technologiemäßig nicht in Rückstand geraten zu lassen, entstand durch Kooperation der EU-Generaldirektion für Forschung, Industrie und Verkehr mit der Industrie die Task-force „car of tomorrow“. Diese Task-force soll die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten am Schnittpunkt von Energie, Umwelt und Verkehrstechnik bündeln, mit dem Ziel, emissionsarme bzw. emissionsfreie Fahrzeugtechnologien marktgerecht zu entwickeln.

Auch Österreich hat gute Chancen auf diesen Hoffungsmarkt innovativer Mobilitätstechnologien präsent zu sein und eine aktive Rolle spielen zu können. Deswegen ist im Rahmen der Technologieförderung des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr und das Schwerpunktprogramm „innovative Mobilitätsformen und -technologien“ eingerichtet worden (Dorda 1995). Die aus dem resultierende Fond bereitgestellten finanziellen Mittel, sollen finanzielle Risiken senken und die österreichische Industrie ermutigen, sich aktiv an Forschungsvorhaben zu beteiligen. Durch die Koordination sehr unterschiedlicher Technologiebereiche (Maschinenbau, Werkstoffwissenschaften, Verfahrenstechnik, Elektronik, usw.) lassen sich nicht nur Synergien nutzen, sondern auch andere positive Nebeneffekte erwarten. Verbesserungen im Bereich des Karosseriebaus können auch im klassischen KFZ-Bau genutzt werden, wie auch Verbesserungen im Betankungsbereich, um nur einige Beispiele zu nennen.

1.4 NICHT TECHNISCHE RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN BETRIEB VON ALTERNATIVEN FAHRZEUGEN

1.4.1 Infrastruktur

Um neue Technologien im Verkehrs- und Transportbereich etablieren zu können, bedarf es eines Mindestmaß an Infrastruktur. Eine solche komplett neu aufzubauen, ist finanziell kostspielig und benötigt einen bestimmten Zeitraum. Darum sollten nach Möglichkeit bereits vorhandene Ressourcen übernommen und genutzt werden, um kostspielige Strukturerrichtungsmaßnahmen nach Möglichkeit zu vermeiden.

1.4.2 Verfügbarkeit

Ein wesentliches Kriterium für eine Verwendung als alternativer Treibstoff in der Zukunft ist eine gesicherte Verfügbarkeit des Rohstoffes über einen möglichst langen Zeithorizont. Unter Verfügbarkeit versteht sich nicht nur die physische Existenz, sondern vielmehr eine wirtschaftlich vertretbare Exploration dessen. Diese wiederum wird von der Nachfrage und dem Angebot bestimmt, so daß sich nicht genau bestimmen läßt, wo die Grenzen der Erschöpfbarkeit der Ressourcen tatsächlich liegen. Zum Beispiel liegt die derzeitige „Reichweite“ von Mineralöl, das heißt der Quotient aus bekannten Reserven und Jahresförderung bei ca. 45 Jahren und dieser Wert ist gegenüber den Schätzungen der vergangenen Jahre eher leicht angestiegen. (BP 1994) Auch darf bei solchen Überlegungen der technische Fortschritt nicht außer Acht gelassen werden, der immer bessere und kostengünstigere Rohstoffördertechnologien mit sich bringt.

Bei der Verfügbarkeit sollte die Beachtung lokaler Gegebenheiten, wie beispielsweise das Klima für den Anbau für Ölsaaten, eine entscheidende Rolle spielen. Individuelle Lösungen sind Allgemeinansätzen vorzuziehen, um dem Prinzip einer nachhaltigen Wirtschaft zu entsprechen.

1.4.3 Versorgung

Einhergehend mit der Verfügbarkeit eines Rohstoffes muß ebenfalls seine Verteilung und Distribution gewährleistet sein. Dabei ist an die oben angestellten Überlegungen anzuknüpfen, daß Einzellösungen, welche Rücksicht auf die lokalen Gegebenheiten nehmen, prinzipiell vorzuziehen sind. Das bedeutet im konkreten die Nutzung bereits vorhandener Versor-

gungseinrichtungen, wie z.B. Pipelines, und die Vermeidung langer Transportwege. Auch sollte die nicht unbedeutende Rolle von Energieumwandlungsverlusten beachtet werden, unter der Bedachtnahme, daß 1994 in Österreich allein 16% des Gesamtenergieverbrauches darauf entfielen (OMV 1995).

1.4.4 Betankungsmöglichkeiten

Für den Endabnehmer ist es zweifellos wesentlich, daß ihm ein lückenloses Betankungssystem zur Verfügung steht. Die heutige Treibstoffversorgungssituation von Diesel und Benzin ist in Europa derart gut entwickelt, daß alternative Antriebsenergien nur mit Hilfe einer erheblichen finanziellen Unterstützung mit jenen konkurrieren können. Doch müssen nicht nur die finanziellen Voraussetzungen, sondern auch die rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen werden, um neuen Technologien zum Durchbruch zu verhelfen. Es ist eine unabdingbare Grundvoraussetzung für den Vertrieb eines bestimmten Produktes, daß ein Mindestmaß an Kapital investiert wird, um den Markt zu stimulieren.

1.4.5 Service & Wartung & Ersatzteile

Jede Technologie unterliegt gewissen Alterungs- und Verschleißprozessen. Dementsprechend muß für den Reparatur- oder Wartungsfall vorgesorgt werden. Dies geschieht sowohl auf maschineller Ebene, durch zur Verfügung stellen des entsprechenden technischen Equipments, als auch auf personeller Ebene durch Schulung bestimmter Leute zur sachgerechten Ausführung dieser Arbeiten.

1.4.6 Wirtschaftlichkeit

Ein sehr wichtiges Kriterium ob ein Produkt marktfähig ist oder nicht, ist sein Preis verglichen mit dem Konkurrenzprodukt. Basierend auf dieser Maxime ist unser Wirtschaftssystem aufgebaut und deshalb wurde in den nachfolgenden Betrachtungen diesem „ökonomischen Imperativ“ größtmögliche Beachtung geschenkt.

1.4.6.1 Fixkosten

Der Begriff der Fixkosten wird rein formal aufgeteilt in betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Kosten. Im wesentlichen werden unter Fixkosten die Investitionskosten bzw. Anschaffungskosten verstanden.

1.4.6.2 Variable Kosten

Diese teilen sich allgemein, wie die Fixkosten, in betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Kosten. Unter variablen Kosten sind die produktspezifischen Erzeugungs- und nach Erwerb dessen die laufenden Kosten gemeint.

Im konkreten setzen sich die betriebswirtschaftlichen Kosten z.B. bei einem Fahrzeug aus den laufenden Ausgaben für den Betrieb (variablen Kosten) und dem Anschaffungspreis (Fixkosten) zusammen.

Die volkswirtschaftlichen Kosten setzen sich aus einer Vielzahl von Kostenarten zusammen, die im Rahmen dieser Arbeit nur am Rande erörtert werden.

1.4.6.3 Entkoppelung vom Rohölpreis

Die direkte Konkurrenzsituation zu Benzin und Diesel bedingt es, daß alternative Kraftstoffe einem unerhörten preislichen Druck ausgesetzt sind. Seit den beiden Ölkrisen in den siebziger Jahren wurden immer größere Anstrengungen zur Erschließung neuer Lagerstätten unternommen. Dies führte wiederum durch ein größeres Angebot zu einem Preisverfall von Rohöl. Besonders die völlig vom Erdölexport abhängigen Volkswirtschaften der Schwellenländer versuchten daraufhin durch Erhöhung ihrer Förderquoten den Einkommensverlust wieder wett zu machen. Durch ein verhältnismäßiges Überangebot von Erdöl auf den Welterdölmärkten erklärt sich die Tatsache, daß Erdöl heute zu den billigsten Rohstoffen zählt und kostenmäßig unterbewertet ist. Um alternativen Energien die Möglichkeit einer Marktetablierung zu geben, ist entweder eine höhere Besteuerung fossiler Brennstoffe oder eine steuerliche Vergünstigung alternativer Antriebstechnologie notwendig. Dies soll jedoch nicht so gedeutet werden, daß durch fiskalische Maßnahmen eine Wettbewerbsverzerrung erfolgt, sondern vielmehr eine Art „Kredit“ um die Anfangsschwierigkeiten einer erwünschten Marktetablierung zu meistern.

1.4.6.4 Internalisierung der externen Umweltfolgekosten

Unter externen Kosten versteht man im ökonomischen Sinn Kosten, die der Gesellschaft entstehen, ohne daß sie im betrieblichen Rechnungswesen bzw. in der Wirtschaftsrechnung der privaten und öffentlichen Haushalte als Kosten auftauchen. Die Tatsache der Existenz von externen Kosten muß als eine der wesentlichen Ursachen der Umweltzerstörung in marktwirtschaftlichen Wirtschaftssystemen angesehen werden. Es handelt sich dabei um ein Versagen des Marktes, Kosten dem Verursacher zuzuordnen. Der Versuch diese Kosten jemanden zuzuschreiben, wird als Internalisierung bezeichnet.

Auf das Beispiel Autoverkehr bezogen sind externe Kosten solche, die von sogenannten Dritten z.B. nicht am Autoverkehr beteiligten Unfallopfern oder von der Gesellschaft getragen werden. Auf die Umwelt bezogen verursacht der Autoverkehr Luft-, Boden- und Lärmbelastungskosten bzw. Kosten für den Verlust an Naturlandschaft, welche sich nicht als Kosten für den einzelnen Autofahrer zu Buche schlagen. Folglich sind dies externe Kosten, die von der Allgemeinheit getragen werden. Bei der Definition von externen Kosten des Straßenverkehrs werden teilweise verschiedene Ansätze verwendet, was teilweise die unterschiedlichen Zahlen einzelner Studien zu dieser Thematik erklärt (DEISS 1996), (VOGL 1997). Jedoch kommen all jene Studien zum einhelligen Schluß, daß in Österreich Verkehrsleistungen monetär unterbewertet sind.

Da jede Nützung von Kraftstoffen unvermeidbar mit einer bestimmten Belastung der Umwelt verbunden ist, wäre der rein betriebswirtschaftlichen Kostenrechnung, volkswirtschaftlich gesehen, noch eine Umweltkostenaufstellung beizufügen. Da jedoch die volkswirtschaftliche Gesamtrechnung nicht zu den Inhalten dieser Arbeit zählt, wird auf dementsprechende Literatur verwiesen (DEISS 1996), (VOGL 1997) .

1.5 REGULATIVE

Oberste Prämisse sollte sein, daß durch in Verkehrbringen eines Produkts oder einer Technologie dem Gemeinwohl kein Schaden erwachsen sollte. Darum gibt der Staat gesetzliche Rahmenbedingungen vor, die eingehalten werden müssen. Des weiteren kann der Staat durch Einsetzen seiner Instrumentarien, wie Vorschriften und Gesetze, aber auch Steuern

und Förderungen, seine Politik forcieren. Im Bereich des Umweltschutzes stehen dem Staat mehrere politische Instrumentenkategorien zur Verfügung:

Nicht-fiskalische Instrumente:

- Umweltauflagen
- Umweltrelevante rechtliche Rahmenbedingungen
- Umweltpolitische Kooperationslösungen
- Zwangsfreie nicht-fiskalische umweltpolitische Instrumente
- Benutzervorteile
- Umweltplanerische Instrumente

Umweltpolitik mit öffentlichen Ausgaben

- Direkter Umweltschutz mit Gebühren- und Beitragsfinanzierung
- Finanzierung sonstiger umweltrelevanter Maßnahmen
- Umweltbewußte staatliche Beschaffungspolitik
- Induzierung umweltverbessernder (privat-) wirtschaftlicher Aktivitäten
- Umweltbedeutsame Forschungs- und Entwicklungsförderung
- Förderung des institutionellen Umweltschutzes

Umweltpolitik mit öffentlichen Einnahmen

- Umweltlizenzen

Umweltabgaben

Im Bereich alternative betriebener Fahrzeuge sind einige der hier angeführten umweltpolitischen Instrumente von Relevanz, welche dann später in den Kapiteln zu den hier angeführten Technologien genauer behandelt werden (WICKE 1993).

1.6 SCHADSTOFFE

Beim Betrieb von Fahrzeugen mit Verbrennungskraftmotoren entstehen Emissionen, die hier im allgemeinen beschrieben werden sollen. Daneben können im Schadensfall bzw. bei der Entsorgung konventioneller wie auch alternativer Kraftstoffe flüssige, feste und gasförmige Schadstoffe in die Umwelt gelangen. Auf die letzteren und deren Problematik soll erst in den speziellen Kapiteln eingegangen werden.

1.6.1 Emissionen von Luftschadstoffen

Es werden an dieser Stelle die umweltschädlichen Fahrzeugemissionen in die Luft vorgestellt und kurz ihre Problematik diskutiert:

1.6.1.1 Schwefeldioxid (SO₂)

SO₂ entsteht beim Fahrzeugbetrieb mit fossilen, schwefelhaltigen Treibstoffen. Die Deposition von SO₂ und seinen Folgeprodukten trägt wesentlich zur Versauerung der Böden und Gewässer bei.

1.6.1.2 Stickoxide (NO_x)

KFZ-Motoren sind Quellen für thermisches NO_x. Durch die Einführung des 3-Weg-Katalysators konnten die NO_x-Emissionen um 80-90% reduziert werden. NO_x spielt neben der Bildung von Salpetersäure (HNO₃) und der damit verbundenen Versauerung der Böden und Gewässer auch noch eine entscheidende Rolle als Vorläufersubstanzen in der Bildung von bodennahem Ozon (O₃).

1.6.1.3 Kohlenwasserstoffe (HC)

Es wurde hier eine Unterscheidung zwischen Methan und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen vorgenommen.

1.6.1.4 Methan (CH₄)

Methan ist ein klimarelevanter Luftschadstoff und trägt österreichweit ca. 10% zum Treibhauseffekt bei (UBA 1994). Daneben trägt es auch zum Normalhintergrund des bodennahen Ozons bei.

1.6.1.5 NMVOC (engl. non methane volatile organic compounds)

Die flüchtigen organischen Verbindungen exklusive Methan sind eine sehr umfangreiche Substanzgruppe. Sie rühren in erster Linie aus der Treibstoffverdunstung von KFZ her bzw. aus der unvollständigen Verbrennung des Kraftstoffes. Neben der Toxizität dieser und ihrer photochemischen Folgeprodukte haben sie einen wesentlichen Einfluß auf die Bildung des bodennahen Ozons.

1.6.1.6 Kohlenmonoxid (CO)

Die Bedeutung des Kohlenmonoxids in der atmosphärischen Chemie liegt in der Fähigkeit, mit OH das HO₂-Radikal zu bilden und somit im Prozeß der troposphärischen (bodennahen) Ozonbildung mitzuwirken. Daneben hat es ab einer bestimmten Konzentration eine akut toxische Wirkung.

1.6.1.7 Kohlendioxid (CO₂)

Anders als die vorherig diskutierten gesundheitsschädigen Stoffen kann die Emission von Kohlendioxid durch technische Reinigungsverfahren nicht verhindert werden.

Kohlendioxid ist ein ungiftiges geruchloses Gas, welches bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Materialien entsteht. Global gesehen ist der CO₂-Kreislauf in den Kohlenstoffkreislauf eingebettet. CO₂ ist neben H₂O mengenmäßig das wichtigste Treibhausgas und deshalb werden den CO₂-Emissionen immer größere Beachtung geschenkt.

1.6.1.8 Distickstoffmonoxid (N₂O)

Distickstoffmonoxid wirkt als Treibhausgas, der derzeitige Anteil auf den Treibhauseffekt auf Österreich umgerechnet liegt bei etwa 6%. Der Verkehr trägt zu 27% an den Gesamt N₂O-Emissionen in Österreich bei.

1.6.1.9 Partikel

Partikel entstehen bei jedem unvollständigen Verbrennungsprozeß und enthalten neben Schwebstoffen und Staubteilchen auch noch Schwermetalle und Ruß. Nach Definition der amerikanischen EPA (Environment Protection Agency) sind unter dem Begriff Abgas-Partikel alle Bestandteile(mit Ausnahme des kondensierten Wassers) zu verstehen, die bei einer maximalen Temperatur von 51,7° C (≡ 125° F) aus dem mit Luft verdünnten Abgas (Verdünnungstunnel) auf einem definierten Filter abgeschieden werden.

Partikel, welche zwischen einer Größe von weniger als 1µm bis 100 µm liegen, sind in letzter Zeit immer häufiger Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gewesen. Besonders die kleinen Teilchen (<2,5 µm) stehen unter Verdacht kanzerogene Effekte auf den menschlichen Organismus zu haben. Durch den starken Anstieg von Dieselfahrzeugen am Gesamtfahrzeugbestand, welche hauptverantwortlich für die gestiegenen Rußemissionen sind, werden Überlegungen zur Novellierung der Emissionsgesetzgebung angestellt.

1.6.2 Arten von Emissionen

Generell können verschiedene Arten von Emissionen beim Fahrzeugbetrieb unterschieden werden.

1.6.2.1 Emissionen im warmen Betriebszustand

Diese hängen im allgemeinen vom Fahrverhalten bzw. auch von der Verkehrssituation ab, welche ein bestimmtes Fahrmuster zuläßt.

1.6.2.2 Startemissionen

Startemissionen hängen von der Umgebungstemperatur, Motortemperatur beim Start und den Fahrlängen ab.

1.6.2.3 Verdampfungsemissionen

Man unterscheidet zwischen Verdampfung nach dem Motorabstellen, welche von der Motortemperatur bzw. der Länge der vorausgehenden Fahrt abhängt und Verdunstungsemissionen, welche im nächsten Punkt erläutert werden.

1.6.2.4 Verdunstungsemission

Daneben gibt es noch die Verdampfung infolge Tankatmung und die sogenannte Verdunstungsemission, welche direkt von der Umgebungstemperatur abhängt.

1.6.2.5 Lärmemissionen

Diesen Emissionen ist erst in den vergangenen Jahren durch die sprunghafte Zunahme des Gesamtverkehrs eine Bedeutung zugemessen worden. Doch ist heute ein klarer Zusammenhang zwischen Lärm und gesundheitlicher Beeinträchtigung medizinisch nachgewiesen worden.

2 ELEKTROANTRIEB

2.1 EINLEITUNG

Laut einer Studie von Dr. Brettschneider (Meinungsforschungsinstitut Dr. Fessel & GFK) aus dem Jahr 1993 sind 51% der Befragten über Elektroautos wenig bis schlecht informiert. Immerhin haben nach dieser Studie 61% ein Elektroauto schon einmal gesehen und 3% sind schon selber mit einem gefahren. (BRETTSCHEIDER 1993)

Diese Zahlen veranschaulichen, daß es in Österreich noch ein enormes Informationsdefizit zum Thema Elektrofahrzeuge gibt.

Elektrofahrzeuge unterscheiden sich von konventionellen Kraftfahrzeugen wesentlich durch ihr Antriebssystem und ihren Energiespeicher, woraus sich auch für den täglichen Gebrauch Vor- und Nachteile feststellen lassen.

Ob sich Elektrofahrzeuge in Zukunft als umweltfreundliche Verkehrsmittel einen Markt schaffen können, kann heute noch nicht beantwortet werden. So schreibt Kalifornien vor, daß im Jahr 2003 zehn Prozent aller verkauften Autos emissionsfrei (ZEV = engl. zero emission vehicles) sein müssen. Ursprünglich sollten schon ab dem Jahr 1998 2% aller neuzugelassener Fahrzeuge von Herstellern über 35.000 Fahrzeugen pro Jahr Elektrofahrzeuge sein, doch letztendlich mußte wegen starken Drucks der Automobilindustrie von dieser Forderung abgerückt werden. Doch die Quote für das Jahr 2003 treibt international die Forschung nach wirtschaftlichen Elektromobilen an. Die Entwicklung von Elektrostraßenfahrzeugen und deren Einsatz in Pilotprojekten hat speziell in den letzten Jahren neue Impulse bekommen. Flottenversuche wie in La Rochelle/Frankreich, Mendrisio/Schweiz und Rügen/Deutschland zeigen realistische Einsatzmöglichkeiten für bestimmte Einsatzbereiche auf. Flottenversuche werden durchgeführt, um durch eine große Anzahl gleichartiger Fahrzeuge den Einfluß von sporadischen Störungen als Einzelereignisse auf das Gesamtergebnis gering zu halten, gleichzeitig aber durch möglichst verschiedene Störungen potentielle Fehlerquellen aufzudecken.

(Quelle: Internet [http:// www.oneworldweb.de/bsm/flotten.html](http://www.oneworldweb.de/bsm/flotten.html))

Der besondere Vorteil des E-Mobils liegt in der lokalen Schadstoffvermeidung und der damit verbundene Einsatz insbesondere in

- dicht bebauten Stadtgebieten
- Peripheriegebieten der Ballungsräume (Zubringerverkehr, Park & Ride)
- Kur- und Erholungsgebieten.
- ökologisch sensiblen Gebieten (Wasserschutzgebiete, Naturschutzgebiete)

Die Schwierigkeiten der Verbreitung von E-Fahrzeugen liegen einerseits in der hochentwickelten Konkurrenz durch das Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor und andererseits in der Gefahr, daß neue Fahrzeugsysteme für den Kurzstreckenbereich bestehende Verkehrssysteme nicht ersetzen, sondern ergänzen und erweitern. Darum sollte versucht werden, Elektrofahrzeuge in bereits vorhandene Verkehrskonzepte einzubeziehen und bereits vorhandene Strukturen synergistisch zu nutzen. Nur durch einen integrativen Ansatz mag es gelingen, das heutige Verkehrsaufkommen auf ein notwendiges Mindestmaß zu reduzieren. Die Einführung von Elektrofahrzeugen soll nicht zu einem Mehr an Verkehr führen, sondern vorhandene Verkehrsmittel entlasten und eine weniger umweltbelastende Alternative bieten. Es ist daran gedacht, der Parkraumknappheit durch alternative Nutzungskonzepte zu begegnen. Das kann zum Beispiel durch Car-sharing oder Mietsysteme erfolgen. Moderne Verkehrskonzepte müssen dazu den Personenindividualverkehr mit den verschiedensten Verkehrsmitteln integrieren. Es soll das jeweils ökologisch und ökonomisch günstigste Verkehrsmittel angeboten werden. Die Einbeziehung von mietbaren Elektrofahrzeugen in ein Personen- und Güternahverkehrskonzept wäre ein erster denkbarer Schritt in diese Richtung. Sollten dem Elektrofahrzeug Nutzungsvorteile eingeräumt werden (Parkraum, Durchfahrtmöglichkeiten,...), ist dessen Akzeptanz mit hoher Wahrscheinlichkeit gegeben.

Aus Presseberichten kann man vernehmen, daß von vielen Verantwortlichen in den Bereichen Verkehr und Transport die verstärkte Nutzung des Elektrofahrzeuges als Lösungsbeitrag für die Probleme der Umwelt-, Energie- und Verkehrspolitik angesehen wird. Eine effiziente Nutzung der Energie, insbesondere in Zusammenhang mit Leichtbautechnologien und modernen Antriebstechniken führt zu Energieeinsparungen und damit zu einer CO₂-Reduktion. Dabei spielt sicherlich die Stromerzeugung eine wesentliche Rolle für die Umweltverträglichkeit des E-Mobils. In Österreich wurde über das Jahr 1995 gemittelt 74,7% des Strombedarfs aus Wasserkraft erzeugt (BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ANGELEGENHEITEN 1996). So gesehen fahren E-Mobile in Österreich zum größten Teil mit Strom, der aus Wasserkraft erzeugt wurde und somit tragen diese zur effektiven Senkung der Luftschadstoffe bei.

Trotz der vielen positiven Eigenschaften sollen auch nicht die Schwierigkeiten verschwiegen werden, die beim Betrieb von E-Mobilen auftreten. Als Widerstände bei der Einführung von Elektrofahrzeugen werden noch immer die Eigenschaften der verfügbaren Technologien genannt, wobei die begrenzte Stromspeicherkapazität der Batterie das augenscheinlichste Problem darstellt.

Deshalb sollten vor dem Erwerb eines E-Fahrzeuges vom Käufer folgende Überlegungen angestellt werden, um nicht später den Kauf eines E-Mobils zu bereuen:

- Für welche Zwecke soll das E-Fahrzeug verwendet werden?
- Ist man mit den Charakteristika eines E-Mobils vertraut (Reichweite, Aufladezeit, Zuladefähigkeit,...)?
- Entspricht der Kaufpreis den Vorstellungen?
- Ist die notwendige Infrastruktur vorhanden?
- Weiß man über die gesetzlichen Bestimmungen bzw. Förderungen Bescheid?

Solche und ähnliche Fragen sollten vor dem Kauf bewußt überlegt werden, um ein Produkt seiner Wahl zu bekommen.

Im folgenden werden alle wesentlichen Bereiche, die den Betrieb von E-Mobilen betreffen, kurz vorgestellt, um als Fachgrundlage zu dienen.

2.2 TECHNIK

2.2.1 E-Mobile mit konventioneller Karosserie

Man unterscheidet verschiedene Bauweisen von E-Mobilen. Bei konventionellen Elektrofahrzeugen wurde in herkömmliche Großserienfahrzeuge anstelle des Diesel- oder Benzinmotors ein Elektromotor eingebaut. Der Platzbedarf und das Gewicht der Antriebsbatterien kann das Raumangebot und die Nutzlast von diesen umgebauten konventionellen Fahrzeugen (engl. Conversion Design) erheblich verringern. Trotzdem favorisieren die großen Automobilhersteller wie der Volkswagenkonzern oder die PSA-Gruppe diesen Typ von E-Fahrzeug. Vorteilhaft bei der Konversion eines vorhandenen konventionell angetriebenen Fahrzeugs ist, daß auf bewährte, sicherheitstechnisch überprüfte Karosseriestrukturen zurückgegriffen werden kann. Die erreichten Standards bezüglich Sicherheit, Komfort, Service und Zuverlässigkeit bedürfen keiner weiteren Entwicklung. Die Kosten beim Prototypenbau und bei der Serienfertigung können durch die Verwendung der vorhandenen Karosserie gering gehalten werden.

Daneben ist auch die Akzeptanz durch den Kunden bei einem vertrauten Produkt deutlich höher. Kritiker halten dem entgegen, daß sich gerade die Käuferschicht von E-Mobilen aus Leuten zusammensetzt, welche nicht unbedingt nach konventionellen Wägen suchen. Dazu kann nur gesagt werden, daß letztendlich Kunde Markt über diese „Grundsatzfrage“ entscheiden wird. Wegen des Mehrgewichts von etwa 300 kg verbrauchen E-Mobile mit konventioneller Karosserie aber deutlich mehr als Leichtbaufahrzeuge (siehe auch Kapitel Energieverbrauch 2.3.2) . Im Durchschnitt liegt der Verbrauch umgerechnet auf fossilen Treibstoff ca. 2-4 l auf 100 km. (KERSCHL 1995)



Abb. 8: Citroën AX électrique (Quelle: Internet [http:// www.tinet.ch/vel/velen09.htm#010](http://www.tinet.ch/vel/velen09.htm#010))

2.2.2 E-Mobile in Leichtbauweise

Es gibt jedoch auch E-Mobile, die in der sogenannten Leichtbauweise gebaut worden sind. Das sind meistens völlig neu konzeptionierte Fahrzeuge mitunter auch als Benzin- oder Dieselsonversion geplant, die zumeist in Kleinserien gebaut werden, größtenteils aus Kunststoff gefertigt sind und samt Batterie zwischen 400 und 700 kg wiegen (engl. Purpose Design). Meistens bieten diese Fahrzeuge nur zwei Personen sowie etwas Handgepäck Platz. Die Reichweite liegt zwischen 50 bis 100 Kilometer und die Höchstgeschwindigkeiten zwischen 70 und 100 km/h. Diese Eckdaten hängen allerdings wesentlich von Fahrweise, Zuladung und Verkehrsbedingungen ab. Das wichtigste Merkmal dieser Fahrzeuge ist ihr äußerst geringes Gewicht und der damit verbundene geringe Verbrauch von umgerechnet weniger als 1,5-2 l Benzin oder Diesel auf 100 km (siehe auch Kapitel Energieverbrauch 2.3.2). (KERSCHL 1995)

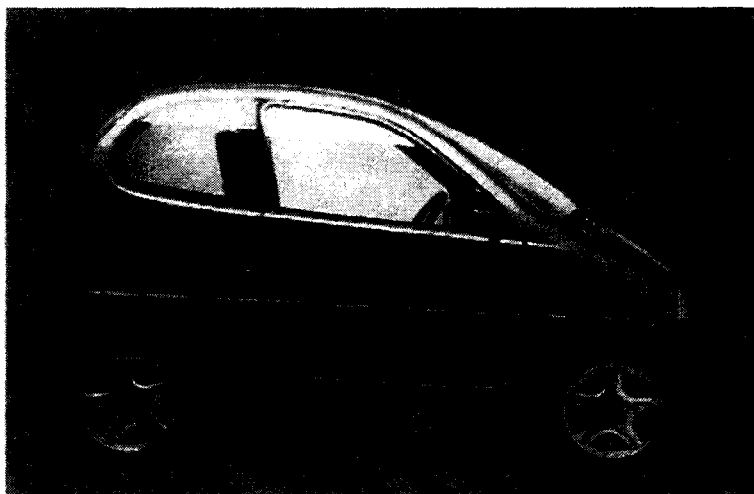


Abb. 9: AMBRA / LIGIER (Quelle: Internet [http:// www.tinet.ch/vel/velen09.htm#010](http://www.tinet.ch/vel/velen09.htm#010))

2.2.3 Motor

Der wesentlichste Unterschied zwischen einem konventionellen Auto und einem E-Mobil stellt die Antriebseinheit dar. Für den Motorenhersteller sind dabei die fahrzeugspezifischen Rahmenbedingungen von großer Bedeutung, um die wesentlichen Auslegungskriterien wie Maximalbeschleunigung, Höchstgeschwindigkeit und Steigfähigkeit zu gewährleisten. Während die Forderungen nach hoher Maximalbeschleunigung und Höchstgeschwindigkeit, die nötige kurzzeitig verfügbare Spitzenleistung bzw. die Dauerleistung festlegen, die über einen weiten Geschwindigkeitsbereich benötigt werden, ergibt sich aus der Anfahrsteigfähigkeit das maximale Moment, welches der Antrieb aus dem Stand heraus abgeben muß. Die heute gebräuchlichste Lösung dieses Problems stellt ein automatisches zweistufiges Schaltgetriebe dar, welches diesen Zielkonflikt teilweise entschärft.

Die Drehmoment-/Drehzahlcharakteristik eines Elektroantriebes unterscheidet sich wesentlich von der eines Verbrennungsmotors. Während Verbrennungsmotoren erst ab einer Mindestdrehzahl, im allgemeinen der Leerlaufdrehzahl, Drehmoment entwickeln können, erlaubt der Elektromotor aus dem Stillstand maximales Drehmoment. Eine Kupplung als Anfahrhilfe ist beim Elektroantrieb daher nicht erforderlich. Die Drehmomentcharakteristik eines Elektro- und eines Benzinmotors für einen Pkw zeigt folgendes Diagramm.

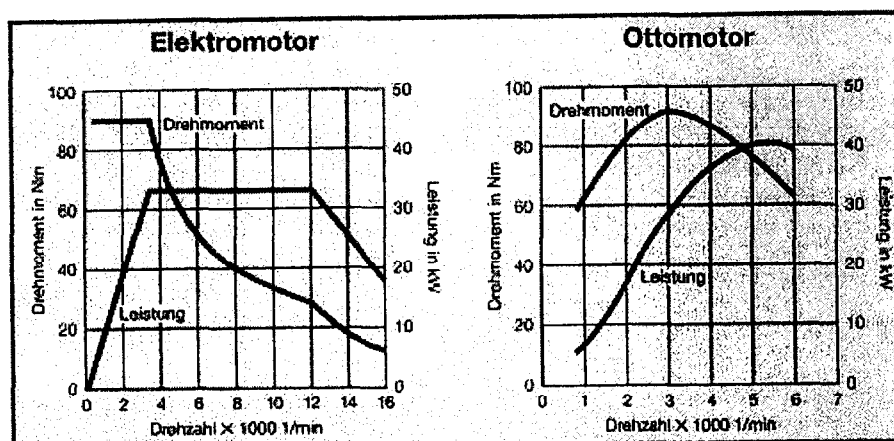


Abb. 10: Drehmomentcharakteristik eines Elektro- und eines Benzinmotors (Quelle: Internet: http://kiel.bda.de/bda/nat/hew/1_enkz/autos/txt/-s14.htm)

Die Motor-Nennleistung variiert abhängig vom betrachteten Modell zwischen 5 und 20 kW. In Abhängigkeit von Einsatzgebiet und Kosten stehen Gleich- und Wechselstrommaschinen zur Verfügung.

Aufgrund der Bauart können folgende weitere Unterteilungen vorgenommen werden:

- **Gleichstrommaschinen:**

- Reihenschlußmaschinen

- Nebenschlußmaschine

- Fremderregte Gleichstrommaschine

- Doppelschlußmaschine

- **Drehstrommaschinen**

- Asynchronmaschinen

- Synchronmaschinen

- Fremderregte Synchronmaschine

- Permanenterregte Synchronmaschine

Bei gleicher Leistung sind Gleichstrommaschinen teurer als Asynchronmaschinen. Jedoch ist die für einen Gleichstrommotor erforderliche Leistungselektronik wesentlich einfacher und billiger als für den Drehstrommotor.

Moderne Drehstromantriebe bieten dabei durchaus akzeptable Lösungen unter Berücksichtigung von Kosten, Leistung und Wirkungsgrad. Wegen ihres geringen Wartungsaufwandes, ihrer Bauweise und daraus sich ergebenden Zuverlässigkeit sind diese als Antrieb für Elektrofahrzeuge sehr beliebt. Wegen des hohen Anfahrmoments und der konstanten Leistung über den ganzen Drehzahlbereich ermöglichen sie eine Fahrzeugkonstruktion ohne Getriebe. Solch angetriebene Fahrzeuge sind leistungsstark und auch hoch belastbar. Durch den hohen Wirkungsgrad über den fast gesamten Drehzahlbereich und das gute Drehmoment/Gewichtsverhältnis eignen sie sich im speziellen für den Einsatz in Leichtbaufahrzeugen. Der mit einem Permanentmagneten erregte Synchronmotor ist zweifellos auch noch eine gute Alternative, doch dauert seine Marktabklärung allerdings schon solange, daß Zweifel bestehen, ob diese Lösung jemals in der Praxis realisiert werden wird. (Quelle: Internet <http://www.ika.rwth-aachen.de/vortrag/hdtmue/hdtmue.htm>)

2.2.4 Getriebe

Bei Conversion-Design Fahrzeugen ist es naheliegend das Getriebe samt Anfahr/Schaltkupplung aus einem konventionellen Fahrzeug zu übernehmen. Durch die Verwendung der Gangstufen wird einerseits das maximale Anfahrmoment erhöht und andererseits das Drehzahlniveau des Fahrmotors bei hohen Geschwindigkeiten reduziert, so daß Maschinen mit geringer Drehzahlspitzung einsetzbar sind. Bei Leichtbaufahrzeugen verzichtet man zumeist auf ein Getriebe, da die Charakteristik eines E-Motors ein solches nicht erfordert.

2.2.5 Motorsteuerung

Die Motorsteuerung ist zwischen Antriebsmotor und Batterie geschaltet. Sie dient zur Drehzahlstellung des Motors und übernimmt vielfach auch die Überwachung des Antriebes (Strombegrenzung, Temperaturüberwachung). Man unterscheidet im wesentlichen zwischen:

Gleichstromsteller (Reihen-, Neben und Doppelschlußmaschinen) und Drehstromsteller (Asynchron- und Synchronmaschinen).

2.2.6 Aufladetechnik

Um den Ladevorgang zeitlich wie auch energetisch zu optimieren, wurden elektronisch gesteuerte Geräte entwickelt, die sich prinzipiell in Einphasen- und Drehstromladegeräte unterteilen lassen.

Die einphasigen Ladegeräte sind üblicherweise mit einer Ladeleistung von 2,5 kW bis 3,5 kW (220V, 16 A) begrenzt. Für Schnellladungen bedarf es Drehstromladegeräte. Um in der Praxis Anwendung zu finden, müssen Ladegeräte, die im Fahrzeug mitgeführt werden, kleine Abmessungen und ein geringes Gewicht aufweisen. Für größere Transporter bzw. LKW oder Busse werden vornehmlich stationäre Ladegeräte eingesetzt.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die zur Verfügung stehenden netzseitigen Anschlußmöglichkeiten sowie die daraus resultierenden Energiemengen bei 6-stündiger Ladezeit.

Tab. 2: Aufladetechnik (Quelle: Internet, http://kiel.bda.de/bda/nat/hew/1_enkz/autos/txt/-s12.htm)

Installation	Anschlußleistungen	Stromentnahme in 6 Stunden	Tagesfahrstrecke
Wechselstromanschluß 10 A	2,3 kVA	13,8 kWh	69 km (20 kWh/100 km, PKW)
Wechselstromanschluß 16 A	3,7 kVA	22,1 kWh	74 km (30 kWh/100 km, Kleintransporter)
Drehstromanschluß 16 A	11,0 kVA	66,5 kWh	166 km (40kWh/100 km, Transporter)

2.2.7 Bordnetzversorgung

Die am Markt erhältlichen Elektrofahrzeuge haben meistens noch eine 12 V Bordbatterie für die Unterstützung des Bordnetzes, wie etwa Licht, Blinker, Bordheizung und andere Verbraucher.

2.2.8 Batterieüberwachung und Fahrerinformationssysteme (Batteriemanagementsysteme)

Fast alle neueren Elektrofahrzeuge haben im Armaturenbrett einen Ladezustandsanzeiger integriert, der genaue Auskunft über die noch verfügbare Batteriekapazität gibt. Um die Kapazität einer Batterie voll auszunutzen, werden heutzutage moderne Batteriemanagementsysteme eingesetzt. Diese überwachen die Batterie thermisch, das bedeutet ein aktive Temperierung, sowohl bei zu hohen Temperaturen durch Kühlung als auch bei zu niedrigen Temperaturen durch Beheizung. (siehe auch Batterien) Des weiteren übernimmt dieses auch eine elektrische Überwachungsfunktion, womit ein Ausgleich der Ladungen (engl. load leveling) gemeint ist. (STREICHER 1997)

2.2.9 Batterien

Die wesentlichen Eigenschaften des Elektrofahrzeuges, wie Fahrleistung und Reichweite, werden durch den verwendeten Energiespeicher bestimmt. Heute werden vornehmlich Blei-Säure, Blei-Gel und seltener Nickel-Cadmium Batterien eingesetzt. Dabei werden der Blei-Gel Batterie die besten Chancen eingeräumt, sich als ein preiswertes und ausgereiftes System am Markt zu etablieren. Daneben existieren noch eine Vielzahl von anderen Batterietypen, von denen noch die Zink-Brom Batterie zu nennen ist, da diese unter anderen auch in Österreich weiterentwickelt wurde. Trotz ständiger Verbesserungen in der Batterietechnologie haben die meisten Elektroautos nur eine Reichweite von etwa 100 km und sind damit klar benachteiligt gegenüber den konventionell angetriebenen Fahrzeugen. Eine Ausnahme bezüglich Reichweite stellt die Ni-Metallhydrid Batterie dar, mit der Reichweiten bis zu 200 km erreicht wurden. Auch die Aufladezeiten, also das „Betanken“ eines E-Fahrzeuges dauert mit mehreren Stunden deutlich länger als bei konventionell betriebenen Fahrzeugen. Dem ist entgegenzuhalten, daß 97 % der Fahrten im urbanen Raum unter 50 km sind, also dem Aktionsradius eines E-Mobils vollkommen entsprechen. (SOCIALDATA MÜNCHEN 1992)

Tab. 3: Batterieparameter (KERSCHL 1995)

Batterie	Blei-Schwefelsäure (Gel)	Nickel-Cadmium	Zink-Brom
Lebensdauer ¹⁾	2-3 Jahre	10 Jahre	5-(10) Jahre
Reichweite km ²⁾	50	90	130
Wartungsfrei	ja, als gasdichtes Gel	ja, wenn gasdicht	ja
Rezyklierbarkeit	heute fast 100%	schwierig	problemlos
Selbstentladung	einige % pro Tag	temperaturabhängig	abschaltbar, gering
Entwicklungsstand	Serie	Kleinserie	Prototypen
Ladedauer	8 Stunden (mit Schnellladung 80% Kapazität in ½ h)	0,5-8 Stunden	1-8 Stunden

¹⁾ bei ca. 10.000 km Fahrleistung pro Jahr; (Anm. Durchschnittliche Jahresfahrleistung eines E-Mobils liegt zwischen 4000 und 6000 Kilometer)

²⁾ 1000 kg Fahrzeuggewicht, max. 300 kg Batterie, Verbrauch 14 kWh / 100 km

2.3 FAHRCHARAKTERISTIK

Aus der gegebenen Motorencharakteristik ergibt sich die Fahr- und Gebrauchsweise von E-Mobilen. Da dem E-Mobil vom Anfang an das maximale Drehmoment zur Verfügung steht und jedes ungestüme Beschleunigen mit einem deutlichen Reichweitenverlust quittiert wird, ergibt sich ein vorrausschauender Fahrstil des Elektromobilmfahrers. Bei einem vom Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung durchgeführten Elektrofahrzeuge-Breitentest im Jahre 1992/93 wurden begleitend zu den technischen auch verkehrspsychologische Aspekte untersucht. Dabei wurden die bereits oben erwähnten Verhaltensmuster beobachtet und dokumentiert. Diese vorsichtige und überlegte Fahrweise hat großen Einfluß auf eine Vielzahl von Fahrverhaltensweisen, wie Abstand zum Vorausfahrenden, Einhaltung der Geschwindigkeitslimits und Rücksichtnahme auf den nichtmotorisierten Verkehr. Demzufolge verringert sich auch das Unfallrisiko durch eine aktive vorausschauende Fahrweise. (STREICHER ET AL. 1994)

2.3.1 Reichweite

Die von den Herstellern angegebenen Reichweiten werden zumeist auch erreicht, obwohl betont werden sollte, daß diese sehr stark abhängig von der Fahrweise sind. Es sei an dieser Stelle noch einmal angemerkt, daß sich die Reichweitenanforderungen an Elektrofahrzeuge aus den spezifischen Anforderungen des Einsatzes im Straßenverkehrs ergeben.

Die durchschnittlichen Reichweiten liegen zwischen 50 und 100 km und sind von den jeweils eingesetzten Batteriesystemen weitgehendst unabhängig. Ausnahme stellt die schon weiter oben erwähnte Ni-Metallhydrid Batterie dar, die eine Reichweite bis zu 200 Kilometer besitzt.

2.3.2 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch eines Elektrofahrzeugs ist stark abhängig von der verwendeten Technologie d.h. Motor, Batterie, Ladeverfahren und Konstruktionsprinzip. Während heutige im 'Conversion Design' konstruierte Elektro-PKW im Stadtverkehr zwischen 20 und 30 kWh/100 km Strom benötigen, sind bei einer Konstruktion im „Purpose Design“ Endenergieverbräuche im Bereich von 15 bis 20 kWh/100 km realisierbar (Quelle: Internet <http://www.ika.rwth-aachen.de/vortrag/hdtmue/hdtmue.htm>)

2.3.3 Fahrwerte

Für den normalen Fahrbetrieb wichtige Werte sind dabei:

- Höchstgeschwindigkeit: variierend zwischen 60 und 100 km/h
- Steigfähigkeit: variierend zwischen 15 und 25%
- Beschleunigung: variierend zwischen 8 und 15 s von 0 auf 50 km/h
- Stromverbrauch: variierend zwischen 15 und 25 kWh /100 km

2.3.4 Fahrsicherheit

Von vielen Kritikern des E-Mobils wird gerne das Sicherheitsargument ins Treffen geführt. Vorteilhaft bei der Konversion eines vorhandenen konventionell angetriebenen Fahrzeugs ist, daß auf bewährte, sicherheitstechnisch überprüfte Karosseriestrukturen zurückgegriffen werden kann. Die erreichten Standards bezüglich Sicherheit, Komfort, Service und Zuverlässigkeit bedürfen keiner weiteren Entwicklung. Es muß nur der Nachweis erbracht werden, daß durch die Unterbringung, insbesondere der in der Regel quaderförmigen, zur Blockbildung neigenden Antriebsbatterien, im Crashfall keine unzulässigen Verzögerungen für die Insassen oder Deformationen der Fahrgastzelle auftreten.

Die völlige Neukonzeption eines Fahrzeugs oder Englisch auch „Purpose Design“ genannt, muß die wesentlichen Anforderungen und Randbedingungen der Elektrotraktion hinsichtlich Technik, Ökologie und Ökonomie schon im Konzeptansatz berücksichtigen. Dem besonderen Stellenwert der passiven Sicherheit dieser Fahrzeuge, die aufgrund der beschränkten verfügbaren Energiemenge Leichtbaufahrzeuge sind, muß besondere Beachtung geschenkt werden. Dem Zielkonflikt zwischen Leichtbau und Sicherheit kann durch geeignete Bauweise begegnet werden. Mit der 'Space Frame'-Bauweise steht heute schon eine Technologie

zur Verfügung, die es bei entsprechender Auslegung ermöglicht, auch bei einem kleinen Fahrzeug die üblichen Sicherheitsstandards zu erreichen.

Ein anderer Ansatz, der bei Leichtfahrzeugen mit Erfolg angewendet wird, besteht darin, aus Faserverbundwerkstoffen selbsttragende Karosserien zu fertigen. Zusätzlich kann ein sogenannter Stoßgürtel in die Struktur der Kunststoffkarosse integriert werden.

Weiterhin besteht bei „Purpose-Design“-Fahrzeugen die Möglichkeit, den Antrieb und die Traktionsbatterien so anzuordnen, daß kein Gefährdungspotential für die Insassen entsteht. Beispielhaft für eine solche Lösung ist das von Mercedes Benz im Vision A vorgestellte Konzept der Unterfluranordnung. Die Batterie ist hier durch umlaufende Rahmenstrukturen im Unterflurbereich geschützt eingebaut und kann so für die Insassen selbst als schwer verformbarer Block nicht gefährlich werden. Beim Frontalaufprall wird der Elektromotor durch schräg abweisende Elemente der Rahmenstruktur unter die Fahrgastzelle gedrückt.

Wie schon im Kapitel „Fahrcharakteristik“ 2.3 erwähnt, beeinflußt die Charakteristik eines Elektromotors wesentlich die Fahrweise. Im allgemeinen wird vorsichtiger und überlegter gefahren, was zugleich eine aktive Erhöhung der individuellen Fahrsicherheit bedingt. (STREICHER ET AL. 1994)

2.4 EMISSIONEN

Bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren treten die höchsten Emissionswerte pro km im Kurzstreckenverkehr auf, dem typischen Einsatzgebiet des Elektroautos. Abgasfreies Autofahren vor Ort kann nur durch den Elektroantrieb realisiert werden. Dieser entscheidende Vorteil führte zum neuerwachten Interesse am Elektroauto. Erfolgt die Stromproduktion für das Elektroauto auf Basis fossiler Nutzung eines Elektroautos ist es auch mit Emissionen verbunden, die jedoch nicht am Einsatzort, sondern zum Teil weit entfernt davon freigesetzt werden. Will man die durch den Betrieb von Elektroautos verursachten Emissionen mit denen von konventionell betriebenen Motorfahrzeugen vergleichen, muß die gesamte Energieaufbereitungskette von der Primärenergiegewinnung bis zur Nutzung im Fahrzeug berücksichtigt werden. Zuerst werden die Emissionen der Endenergieaufbereitung von der Gewinnung der Primärenergie, Transport und Umwandlung im Kraftwerk bzw. in der Raffinerie berücksichtigt. Das sind also jene Emissionen, die anfallen, um dem Nutzer Energie an der Tankstelle oder an der Steckdose zur Verfügung zu stellen. Diese Emissionen, welche für die Bereitstellung der Primärenergie bis zur Bereitstellung der Endenergie notwendig sind, weichen in ihrer Höhe kaum voneinander ab. Ob der Nutzer nun Strom oder Kraftstoff einsetzt, ist hinsichtlich der vorgelagerten Emissionen gleichgültig. In dem zweiten Schritt werden die Emissionen, die beim Betrieb der Fahrzeuge entstehen, berücksichtigt. Der Elektroantrieb ist vor Ort emissionsfrei. Bei einem Benzin- oder Dieselfahrzeug entsteht der überwiegende Anteil der Emissionen direkt bei der Verbrennung im Motor, also im unmittelbaren Lebensbereich. Im Gegensatz dazu entsteht das Gros der Emissionen eines E-Mobils bei dessen Produktion bzw. bei der Stromerzeugung.

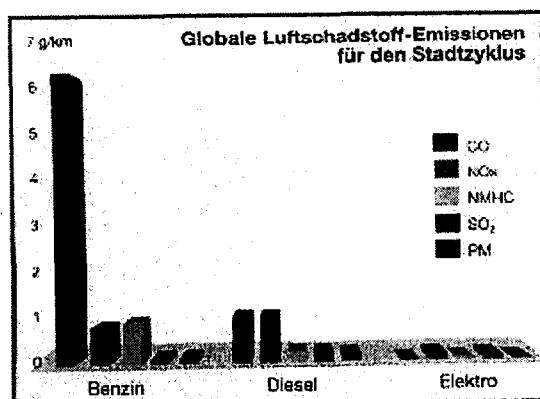


Abb. 11: Globale Luftschadstoff-Emissionen für den Stadtzyklus; Mix aller zur Stromerzeugung eingesetzter Primärenergiearten (Europa), (Quelle: Internet: http://kiel.bda.de/bda/nat/hew/1_enkz/autos/txt-s6.htm)

Die obige Abbildung zeigt diesen Vergleich auf Basis des ECE-Stadtzyklus und des europäischen Stromerzeugungsmixes. Bemerkenswert ist, daß durch die Nutzung des Elektroautos nahezu keine Kohlenwasserstoffe (ohne Methan) freigesetzt werden. Das sehr niedrige Emissionsniveau der Stromproduktion wurde durch die Rauchgasreinigungsmaßnahmen erreicht, die in den letzten zehn Jahren zu einer Reduktion der Schwefeldioxid-Emissionen um 90 Prozent und der Stickoxid-Emissionen um rund 80 Prozent geführt haben. Beim Elektroauto ist auch hier der zugrunde gelegt, da die Zuordnung einer einzelnen Primärenergie zu einer bestimmten Stromanwendung nicht möglich ist. Demnach verursacht der Elektroantrieb weniger Kohlendioxidemissionen als vergleichbare Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Vergleicht man das Elektroauto auf Basis des europäischen Stromerzeugungsmixes mit Verbrennungsmotorfahrzeugen, so liegen die Kohlendioxid-Emissionen eines europäischen "Elektroautos" etwa bei der Hälfte eines vergleichbaren Dieselfahrzeuges. Besonders dem Dieselmotor wird heute ein Reduktionspotential im Kraftstoffverbrauch von bis zu 30 Prozent zugeschrieben. Vergleicht man das Entwicklungspotential von Elektroantrieb und Dieselmotor, so stellt man fest, daß beim Elektroauto vor allem im Bereich der Ladetechnik und der Batterie noch erhebliche Energieeinsparpotentiale zu finden sind. Die Summe der Einsparpotentiale beim Elektroauto sind mit mindestens ebenfalls mit 30 Prozent anzusetzen. Daraus erkennt man, daß sich die heutige Relation der CO₂-Emissionen zwischen Dieselmotor und Elektroantrieb in Zukunft wenig ändern wird, wenn bei beiden Antriebsarten die Energieeinsparpotentiale ausgeschöpft werden.

Auch für den österreichischen Stromerzeugungsmix wurde eine Emissionsbilanz für Elektrofahrzeuge erstellt. (STREICHER 1997). Dabei wurde von verschiedenen Szenarien sowohl der Stromerzeugung als auch der unterschiedlichen Bauweisen von E-Mobilen (Leichtbau, herkömmliche E-Mobile) ausgegangen. Es würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, das gesamte Datenmaterial zu präsentieren, doch kann vorweggenommen werden, daß Leicht-E-Mobile bei einer globalen Emissionsbilanz unter der Annahme des österreichischen Stromerzeugungsszenarios (ca. 2/3 Strom aus Wasserkraft) im wesentlichen besser abschneiden als vergleichbare Benzin oder Dieselmotoren. Im Gegensatz können herkömmliche E-Mobile (Conversion Design) fast keine Umweltvorteile gegenüber Benzin- oder Dieselmotoren für sich in Anspruch nehmen.

Wesentlich bei allen globalen Emissionsbilanzen, denen die einzelnen Stromaufbringungszenarien zugrundelegen, ist der fundamentale Unterschied zwischen herkömmlichen Kfz mit Verbrennungsmotor und Elektrofahrzeugen, daß Strom aus Nicht-Erneuerbaren Energien (Kohle, Erdöl) erzeugt werden kann, aber nicht muß. Im Gegensatz dazu muß Benzin und Diesel bislang aus Erdöl erzeugt werden (Ausnahme Biodiesel). Diesem Aspekt sollte bei

der Betrachtung von sogenannten Energieaufbringungsszenarien, an deren Zahl es etliche gibt, verstärkt Beachtung geschenkt werden.

(Quelle: Internet. http://kiel.bda.de/bda/nat/hew/1_enkz/autos/txt-s6.htm)

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen konventionell und elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist, daß beim E-Mobil die Geräuschemissionen vernachlässigbar gering sind, wogegen beim Otto- oder Dieselmotor diese zunehmend als Störfaktor betrachtet werden und eindeutig negative Auswirkungen auf den Menschen haben. Diesen entscheidenden Vorteil kann das E-Mobil besonders in dicht verbauten Wohngebieten, in welchen die Lebensqualität eine entscheidende Rolle einnimmt, eindrucksvoll zur Geltung bringen. Darum sollten bei Entscheidungen betreffend Siedlungs- bzw. Raumordnungsstruktur diese Überlegungen bereits inkludiert werden, um im verkehrspolitischen Bereich langfristige Akzente zu setzen.

2.5 TREIBSTOFF

In Prognosen wird davon ausgegangen, daß in mittlerer Zukunft mit einem Marktanteil von etwa 5% Elektrofahrzeugen zu rechnen ist (Schauer 1994). Die Elektrizitätsunternehmen sind daher bestrebt, die daraus folgenden Auswirkungen auf das Netz, die Kraftwerkskapazitäten hinsichtlich Energie und Leistungsbereitstellung zu untersuchen. Die Umweltauswirkungen der zusätzlichen elektrischen Energieerzeugung sind länderspezifisch zu beurteilen. In Österreich, wo ein Großteil des elektrischen Stromes aus Wasserkraft gewonnen wird, sind demnach kaum nennenswerte Auswirkungen auf die Luftqualität zu erwarten. In Österreich wurde über das Jahr 1995 gemittelt 74,7% des Strombedarfs aus Wasserkraft erzeugt (Bundesministerium für Wirtschaftliche Angelegenheiten 1996). Aufgrund der Nutzergewohnheiten der Stromkunden ist die Nachfrage nach elektrischer Energie in der Nacht deutlich geringer als am Tag. Zu den tageszeitabhängigen Veränderungen in der Stromnachfrage kommen jahreszeitlich bedingte Schwankungen hinzu. Für die Spitzenbelastung am sogenannten Höchstlasttag muß das Stromversorgungsnetz dimensioniert werden. Werden Elektroautos vornehmlich nachts geladen, so können diese mit Strom beliefert werden, ohne daß neue Kraftwerke gebaut werden müßten.

2.6 WIRTSCHAFTLICHKEIT UND KOSTEN

Die Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen stellen bis heute ein wesentliches Hemmnis für die Einführung von Elektrostraßenfahrzeugen dar. Der Betrieb eines Elektrofahrzeuges ist für den privaten wie auch gewerblichen Anwender mit einem erheblichen finanziellen Mehraufwand verbunden, dem keine andere Anreize gegenüberstehen. Die Studie von Dr. Brettschneider zum Elektroauto in Österreich gibt an, daß nur eine kleine Minderheit von 9% bereit ist, für ein Elektroauto einen höheren Preis zu bezahlen als für ein Benzin- oder Dieselloauto (BRETTSCHEIDER 1993).

Die Gründe hierfür sind ihre geringen Produktionsstückzahlen und die teuren Energiespeicher. Die Konkurrenzsituation zu konventionellen KFZ wird tendenziell schlechter, da sowohl die Fahrzeuge als auch fossile Brennstoffe real bewertet immer billiger werden. Der Staat versucht über die Instrumentarien der Anreizregulierung, wie Besteuerung oder Förderungen, dieser Kostenschere zu entkommen..

2.6.1 Fixkosten

Wie schon im Kapitel „Grundsätzliches“ erläutert, setzen sich die Fixkosten aus den Anschaffungskosten sprich dem Kaufpreis und den Kosten, die nicht unmittelbar mit dem Betrieb des Fahrzeuges zusammenhängen wie Steuer und Versicherung zusammen.

Der Anschaffungspreis ist generell sowohl für E-Fahrzeuge mit konventioneller Karosserie als auch für welche in Leichtbauweise um ca. 50% höher als gleichwertige Benzin- oder Dieselfahrzeuge. Das bedeutet, daß der Anschaffungspreis für einen Kleinwagen mit Elektroantrieb ca. 250.000 ATS anstatt 150.000 ATS ausmacht. Die Kaufsumme von 130.000 ATS für den Fiat Panda Elletra ist hingegen ein Beweis, daß auch Elektrofahrzeuge durchaus preislich mit konventionell betriebenen Modellen konkurrieren können. (STEYR-FIAT 1994)

Um doch bestimmte Zielgruppen zur Anschaffung eines E-Mobils zu bewegen, existieren eine Vielzahl von steuerlichen Vergünstigungen, welche im nachfolgenden Kapitel „Förderungen“ 2.8 detailliert beschrieben werden.

2.6.2 Laufende Kosten

Darunter verstehen sich die Kosten für den Fahrbetrieb mit einem Fahrzeug. Im wesentlichen ist damit der Stromverbrauch bzw. Service & Wartung gemeint. Der Stromverbrauch liegt zwischen 15 kWh/ 100 km bei Elektroleichtbaufahrzeugen bis zu 25 kWh/ 100 km bei Elektrofahrzeugen mit konventioneller Karosserie. Multipliziert man mit dem dementsprechenden Strompreis, z.B. bei WIENSTROM 1,50 ATS / kWh (geförderter Strompreis bis 31.12.1999) bzw. 1,036 ATS / kWh (Nachtstrom), ergeben sich Kosten zwischen 16 und 38 ATS pro 100 km. (WIENSTROM 1997)

Bei Service & Wartung schlagen sich hauptsächlich die ungefähr alle 4 Jahre zu erneuernde Batterie zu Buche. Dabei sind die 4 Jahre als Batteriewechselintervall nur als Größenordnung zu betrachten, das im wesentlichen von Batterietyp, Kilometerleistung und regelmäßiger Wartung abhängt. Die Kosten eines neuen Batteriesatzes sind z.B. bei einer Blei-Gel Batterie mit etwa 25.000 ATS anzugeben. (SONNYMOBIL 1997)

2.7 REGULATIVE

Wie alle Kraftfahrzeuge, die in Österreich zugelassen bzw. betrieben werden, müssen auch E-Mobile den gesetzlichen Anforderungen entsprechen.

Die Zulassung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen ist in Österreich über das Kraftfahrzeuggesetz KFG geregelt.

So sind auch die in der EU gültigen Zulassungsrichtlinien in Österreich über den §28a KFG anzuwenden bzw. die Typengenehmigung über § 29 KFG.

Dies hat insofern Bedeutung, da nach EWG -Richtlinie 92/61 elektrisch betriebene Fahrzeuge, auch wenn sie vierrädig sind unter Einhaltung bestimmter Voraussetzungen als dreirädrige Fahrzeuge zuzulassen sind.

Bei der Vergabe der Lenkerberechtigung (Führerschein) ist der § 65 des KFG maßgebend. Dabei ist ebenfalls die EU-Richtlinie 91/439 , welche genau die Fahrzeuggruppen festlegt, die eine Lenkerberechtigung erfordern.

2.8 FÖRDERUNGEN

Der begünstigte Mehrwertsteuersatz von 12 % des Anschaffungspreis beim Kauf eines elektrisch betriebenen Fahrzeuges ist am 1.1. 1997 ausgelaufen und auf den regulären Satz von 20 % angeglichen worden.

Zur Zeit gelten bundesweit folgende steuerlichen Vergünstigungen:

- Die Befreiung von der Normalverbraucherabgabe, der Kraftfahrzeugsteuer und der motorbezogenen Versicherungssteuer.
- Auch bieten einzelne Versicherungen Spezialtarife für E-Fahrzeuge an.
- Zusätzlich werden E-Mobile je nach Bundesland unterschiedlich stark finanziell gefördert.
- In Wien wird der Kauf von Elektrofahrzeugen von der Stadtgemeinde finanziell unterstützt. Beim Ersterwerb eines E-Fahrzeuges durch einen Privaten und Erfüllung der Förderungsrichtlinien erhält man einen einmaligen Zuschuß zwischen 3.000 und 20.000 ATS. Bis zum Oktober 1996 sind insgesamt 151 E-Fahrzeuge gefördert worden, wobei der Großteil E-Fahrräder und E-Roller waren. Auch im Jahr 1997 gibt es diese Förderungsaktion, wobei das vorhandene Budget weiter angehoben wurde. (EBERT 1996)

In Kärnten hat das Land 100.000 ATS zur Förderung von E-Mobilen zur Verfügung gestellt. Dabei wurde beim Erwerb und der erstmaligen Zulassung eines elektrisch angetriebenen Fahrzeuges unabhängig von der Kaufsumme ein Betrag von 8.000 ATS beigesteuert. Mitte 1996 war schließlich das Budget aufgebraucht und bis dato ist keine neuerliche Förderungsaktion in Sicht. (AMT DER KÄRNTER LANDESREGIERUNG 1996)

Das Land Oberösterreich fördert ebenfalls den Erwerb von Elektrofahrzeugen. Beim Kauf und der erstmaligen Zulassung eines Elektrofahrrades bekommt man 2.000 ATS, für ein E-Auto 15 % des Kaufpreises, maximal aber 20.000 ATS. Die Förderung ist beim Amt der Oberösterreichischen Landesregierung / Abteilung Umweltschutz/ Unterabteilung Luftreinhaltung und Energietechnik zu beantragen. (WITZMANN 1997)

In den übrigen Bundesländern gibt es zur Zeit keine dementsprechenden finanziellen Förderungen beim Erwerb eines E-Fahrzeuges.

(Quelle: persönliche Recherche bei den Förderung vergebenden Landesstellen)

Daneben bemühen sich Politiker und Verantwortliche im Transport- und Verkehrsbereich mit anderen Mitteln die Verbreitung von elektrisch betriebenen Fahrzeugen zu fördern. So wird im urbanen Raum versucht über die Parkraumbewirtschaftung die Verkehrsströme zu leiten und zu lenken. Mit Ausnahmeregelungen bzw. Gebührenbefreiung von der Kurzparkzonenbenutzungsgebühr gäbe es ein geeignetes Instrumentarium, bestimmte Mobilitätsformen, wie z.B. der E-Antrieb, zu bevorzugen.

In Salzburg zum Beispiel ist auf Weisung des Vizebürgermeisters Herrn Padutsch eine Befreiung von der Parkgebühr für 3-rädige E-Mobile bei dementsprechenden Antrag stattzugeben. Als Rechtsgrundlage wird der Paragraph 45 der Straßenverkehrsordnung angeführt.

(MAGISTRAT DER STADT SALZBURG 1997)

In Graz hat Stadtrat Dr. Weinmeister eine Ausnahmeregelung für E-Fahrzeuge von der Parkgebühr vorgeschlagen. Diese Forderung wurde jedoch vom Verfassungsdienst des Landes Steiermark abgelehnt. Als Begründung wurde angeführt, daß im Parkabgabengebührengesetz nur Ausnahmen von der Abgabepflicht vorgesehen sind, wenn es Gründe gibt, die eine Abgabebefreiung für die Benutzung öffentlichen Grundes durch Parken sachlich rechtfertigen. Denn durch das Parken, so lautet der Entscheid, wird durch kein Fahrzeug die Umwelt beeinträchtigt. Auch dem Argument, mit Befreiung von der Kurzparkzonengebühr Anreize für die Anschaffung eines E-Mobils zu schaffen, konnte nicht als sachlicher Rechtfertigungsgrund für eine solche herangezogen werden. (Quelle: Verfassungsdienst der steiermärkischen Landesregierung)

Trotz dieser Entscheidung sollen auch in Zukunft verkehrswirtschaftliche wie auch Parkraumbewirtschaftungsmaßnahmen in die Wege geleitet werden, die zur erfolgreichen Umsetzung eines menschen- und umweltfreundlicheren Verkehrskonzeptes beitragen.

2.9 PROGRAMME

2.9.1 Breitentest der Niederösterreichischen Landesregierung

Im heurigen Jahr will das Land Niederösterreich zusammen mit der Stadt Wiener Neustadt einen Breitentest für Elektrofahrzeuge durchführen. Da für einen reibungslosen Testablauf eine dementsprechende Infrastruktur notwendig ist, hat sich die Energieversorgung Niederösterreich (EVN) bereit erklärt, die dafür räumlich abgestimmte Stromversorgung zu übernehmen. Das niederösterreichische Energieversorgungsunternehmen hat schon seit über 15 Jahren E-Mobile in seiner Flotte und verfügt dementsprechend über die nötige Technik und das Know How (SCHAUER 1995).

Ziel des niederösterreichischen Breitentests ist es, diese Erfahrungen und Empfehlungen in Wiener Neustadt über einen längeren Zeitraum hinweg umzusetzen um

- allgemeingültige Aussagen über die Praxistauglichkeit von E-Fahrzeugen treffen zu können
- die Akzeptanz dieser Verkehrstechnologie zu überprüfen
- das Potential für E-Fahrzeuge abzuschätzen

Beabsichtigt ist, beginnend mit dem ersten Quartal 1997 in 3 Testphasen jährlich 16 bis 17 E-Fahrzeuge in den Testbetrieb aufzunehmen, wobei jedes Fahrzeug drei Jahre lang am Test teilnimmt. Insgesamt werden 50 Fahrzeuge teilnehmen mit einer Laufzeit bis ins Jahr 2001.

Begleitet wird dieser Test von einem Untersuchungsprogramm, welches sowohl technischen als auch mobilitätsspezifische und verkehrssicherheitstechnische Belange dokumentiert und späterer Folge ausgewertet werden wird.

Die Teilnahme an diesem Breitentest ist öffentlich. Die Anschaffung der E-Fahrzeuge erfolgt durch die Testteilnehmer, welche aus dem Angebot von E-Fahrzeugen wählen können. Basis für die Anschaffung von den Fahrzeugen ist Leasing. Der Leasingvertrag wird zwischen dem Testteilnehmer und dem E-Fahrzeuganbieter auf die Dauer von 3 Jahren abgeschlossen. Besteht nach Ablauf des Vertrages das Interesse das Fahrzeug weiter zu benutzen,

kann dieses um den im Leasingvertrag festgesetzten Restwert erworben werden. Das Land Niederösterreich zahlt jenen Betrag, der sich aus der Differenz der monatlichen Leasingrate für ein E-Fahrzeug und jenen eines vergleichbaren konventionellen Fahrzeuges ergibt, jedoch maximal 5.000 ATS (POPP 1996).

Kurz vor Redaktionsschluß ist bekannt geworden, daß der oben erwähnte Breitentest wegen mangels an Interesse abgesagt werden mußte. Trotzdem soll das Konzept des Versuchs erwähnt werden, um zu zeigen, welchen Schwierigkeiten bei der Planung eines solchen Unternehmens sich gegenübersteht. Es wäre sicher für zukünftige Projekte vorteilhaft, daß die Ursachen des Scheiterns näher beleuchtet werden, um die jeweils geeigneten Rahmenbedingungen zu schaffen.

2.9.2 E-Mobile für Linz

In Linz möchte der Verkehrstadtrat Herr Mag. Obermayr angesichts der Tatsache, daß fast schon ein Drittel der Luftschadstoffe vom motorisierten Individualverkehr verursacht werden, 15 Elektroautos über 3 Jahre in der Praxis testen. Die Kosten für die Anschaffung belaufen sich auf rund 5 Millionen Schilling, wobei Stadtrat Obermayr davon ausgeht, Sponsoren für die Autos zu finden. Nach den 3 Jahren könnte man sehen, ob sich die Elektroautos etwa für soziale Dienste oder Botengeschäfte im innerstädtischen Verkehr eignen oder nicht. Im Detail wird der bereits in den Linzer Gemeinderat eingebrachte Antrag von den beauftragten Ausschüssen Verkehr und Umwelt bearbeitet (MAGISTRAT DER STADT LINZ 1997).

2.10 E-MOBILE IN ÖSTERREICH

Nach der Zeitschrift MobilE 2/1996 (herausgegeben von den Schweizerischen Vereinigung für elektrische Strassenfahrzeuge) gab es im Österreich im Jahr 1995 insgesamt 430 zugelassenen E-Fahrzeuge, davon 370 private, der Rest vor allem bei den Energieversorgungsunternehmen. Besonders weit verbreitet ist der „City-El“, welcher wegen seiner Führerscheinfreiheit eine ganz besondere Zielgruppe anspricht. Der Rest von weniger als 200 Fahrzeugen, angeschafft in einem Zeitraum von ca.10 Jahren, verteilt sich auf die unterschiedlichsten Marken und Produkte.

Das österreichische statistische Zentralamt führt in seiner Statistik der Kraftwagen zur Personenbeförderung für das Jahr 1995 österreichweit insgesamt 275 elektrisch angetriebene Kraftwägen an. (ÖSTAT 1995)

2.11 INFRASTRUKTUR

2.11.1 Vertreibernetz

Die hier vorgestellte Liste erhebt keineswegs einen Anspruch auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr einen größenordnungsmäßigen Eindruck vom österreichischen E-Mobilmarkt vermitteln.

Solar Mobil Service, Gansterergasse 6, 1160 Wien, Tel.: 0222 / 461352

FA. Höhndorf Spitalstr.3, 3804 Allenssteig Tel.: 02824 / 2380

FA. Sonnymobil, Ramsauerstr. 52, 4020 Linz Tel.: 0732 / 345492 0664 / 3000546

Elektrofahrzeuge Waldhauser, Klagenfurterstr.44, 9170 Ferlach Tel.: 07942 / 2226

Solar-Elektroautos Donabauer Pragerstr.5, 4111 Walding Tel.: 07234 / 3892

Technische Alternative, Langestr.124, 3872 Amaliendorf Tel.:02635 / 69917

E-Mobilbau Schachner, 1.Strasse 57, 3321 Kematen/Ybbs Tel.: 07448 / 3681

ÖAMTC Leberstr.56-60, 1110 Wien Tel.:0222 / 7491621

ARBÖ Mariahilferstrasse 180, 1150 Wien Tel.: 891 211 / 248

Renault Österreich Automobilvertriebs AG, , Laaerbergstraße 66, 1100 Wien

2.11.2 Modellangebot

Von den oben angeführten Firmen werden fast nur Elektroleichtbaufahrzeuge vertrieben. Die sogenannten „Conversion Design“ gibt es fast ausschließlich bei den dementsprechenden Vertragspartnern in Österreich. Als besonders aktiv am österreichischen Elektromarkt haben sich die französischen Automobilhersteller, wie Renault erwiesen, die auch zur Zeit mit elektrisch betriebenen Modellen am Markt sind. Das aktuelle Produktangebot wurde aus Gründen der sich ständig ändernden Aktualität in diese Studie nicht aufgenommen. Auf die Preissituation von E-Mobilen wurde schon im Kapitel Wirtschaftlichkeit 2.6 eingegangen.

2.11.3 Service & Wartung

Bei einem elektrisch angetriebenen Großserienfahrzeug sollten das gesamte Händlernetz der dementsprechenden Marke in der Lage sein Service und Wartung ordnungsgemäß vorzunehmen. Bei Elektroleichtbaufahrzeugen ist meist der Vertreiber autorisiert Reparatur und Instandhaltungsarbeiten durchzuführen.

2.11.4 Tankstellennetz

Der normale Ladevorgang kann an jeder Steckdose vorgenommen werden. Trotzdem bestand Handlungsbedarf Stromtankstellen an öffentlichen Parkplätzen, Straßen und Parkgaragen in Betrieb zu nehmen. Am 21.12.1993 wurde die 1. High-Tech-Tankstelle Österreichs auf öffentlichem Grund in Wien 1, am Hof 6a, in Betrieb genommen. Entwickelt wurde diese Stromtankstelle von der ELIN Energieanwendung GmbH und WIENSTROM. Heute, mehr als 3 Jahre später, gibt es in Wien bereits 23 öffentliche Stromtankstellen. (WIENSTROM 1996)



Abb. 12: Stromtankstelle (Quelle: Internet, [http:// www.wiennet.at/ws/emobil/tank.htm](http://www.wiennet.at/ws/emobil/tank.htm))

Tab. 4: Liste der öffentlichen Stromtankstellen in Wien (WIENSTROM 1996)

Standort	Öffnungszeiten	Kosten
1, Schuberting 1-3 (ÖAMTC)	0-24 h	kostenlos
1, Beethovenplatz (WIPARK-Garage)	0-24 h	kostenlos
1, Am Hof 6a (Wienstrom)	0-24 h	1,5 ATS/ kWh
3, U3- Park&Ride Erdberg *	6-20 h	kostenlos
3, Schlehtastraße 4 (ARBÖ) * ¹⁾	7-19 h MO-FR	kostenlos
4, Hoyosgasse 5 (vor EU-Delegation)	0-24h	1,5 ATS/ kWh
9, Mariannengasse 4	7-15h MO-FR	kostenlos
9, Währingerstr. 43 (vor Bezirksvorstehung)	0-24 h	1,5 ATS/ kWh
10, Grenzackerstr.16 (ÖAMTC)	7-19 h	kostenlos
10, Laxenburgerstr. 145 (Michelfeit) *	Geschäftszeiten	kostenlos
11, Landwehrstr.8 (Huma) *	Geschäftszeiten	kostenlos
11, Leberstr. 56-60 (Öamtc)	8-17 h MO-FR	kostenlos
15, Schanzstr. 44 (ÖAMTC)	7-19 h	kostenlos
15, Westbahnhof (WIPARK-Garage)	0-24 h	kostenlos
15, Moeringgasse (Lugner City) *	derzeit außer Betrieb	
16, Gansterergasse 6(vor Solar Mobil Service)	0-24 h	1,5 ATS/kWh
16, Sandleitengassw 26-30 (Michelfeit) *	Geschäftszeiten	kostenlos
20, Handelskai 90 (ÖAMTC)	7-19 h	kostenlos
21, Ignaz Köckstr.1 (SCN) *	Geschäftszeiten	kostenlos
21, Pragerstr. 23 (ÖAMTC)	7-19 h	kostenlos
21, Brünnerstr. 52 (AEG)	8-17 h MO-FR	kostenlos
21, Stammersdorferstr.33 (WIENSTROM)	7-15 h MO-FR	kostenlos
22, Wagramerstr.94 /Donaustadtstrasse (DDZ) *	0-24 h	kostenlos
23, Dirmhirngasse 132 (WIENSTROM)	7-15 h MO-FR	kostenlos

*) Errichtung erfolgte mit Unterstützung von WIENSTROM

¹⁾ erste österreichische netzgekoppelte Solartankstelle

Tab. 5: Liste der öffentlichen Stromtankstellen in Niederösterreich (WIENSTROM 1996)

Standort	Öffnungszeiten	Kosten
2320 Schwechat, Sendnergasse 13-15	7-15 h MO-FR	kostenlos
2340 Mödling, Achsenaugasse 8	7-15 h MO-FR	kostenlos
2500 Baden Conrad v. Hötzendorfplatz 5	7-15 h MO-FR	kostenlos
3400 Klosterneuburg, Stadtplatz 10	7-15 h MO-FR	kostenlos
3002 Purkersdorf, Wienzeile 9	7-15 h MO-FR	kostenlos
2331 Vösendorf, SCS vor dem Eingang 5 *	0-24 h	kostenlos

*) Errichtung erfolgte mit Unterstützung von WIENSTROM

Des weiteren gibt es Stromtankstellen in Eisenstadt, Graz, Linz, Salzburg, Teesdorf und Deutschlandsberg.

Beispielgebend für die zukünftige Entwicklung am Elektrofahrzeugmarkt in Österreich wird das Stromversorgungskonzept der Stadtgemeinde Wien vorgestellt:

Die Wr. Stadtwerke (WIENSTROM) verfolgen im wesentlichen 3 Hauptziele für die Erstellung eines Energieversorgungskonzepts für E-Mobile:

- Bereitstellung der notwendigen Infrastruktur für Betankungsmöglichkeiten für E-Mobile auf öffentlichen Gut. Es sind bis Stand November 1996 15 Stromtankstellen von Seiten der Wiener Stadtwerke in Wien errichtet worden die restlichen sind von anderen Institutionen ,wie dem ÖAMTC oder WIPARK geschaffen worden. Diese sind sozusagen für jedermann für den Zweck der Betankung frei zugänglich. Jene Stromtankstellen sind von der Fa. AEG entworfen worden und kosten etwa 50.000 ATS / Stück. Diese sind mit einer Chipkarte bedienbar, welche im Kundendienstzentrum der Wr. Stadtwerke für 400 ATS Einsatz zu beziehen ist. Eine Kilowattstunde kostet dem Verbraucher 1,50 ATS (eigener Tarif, um dem Kunden entgegenzukommen). Im Vergleich dazu kostet eine Kilowattstunde Tagstrom 1,83 ATS.
- Des weiteren wird die Errichtung von Stromtankmöglichkeiten in öffentlich zugänglichen Stellen (Parkhäuser, Garagen von Shoppingcenter,...) forciert. Dabei handelt es sich um wettergeschützte Steckdosen mit einem. Der Besitzer der Garage oder des Kaufhauses stellt seinen Kunden diese Serviceleistung quasi kostenlos zur Verfügung, da ein Verkaufen von Strom nur den Energieversorgungsunternehmen vorbehalten ist. Natürlich ist es den Unternehmen freigestellt die Mehrkosten in Form einer Parkgebühr weiterzugegeben. In Wien existieren bereits einige dieser Betankungsmöglichkeiten (siehe Liste der öffentlichen Stromtankstellen in Wien).
- Das dritte Ziel von WIENSTROM ist, die Bereitstellung der Infrastruktur für private Abstellplätze (sprich Einfamilienhäuser) zur Strombetankungsmöglichkeit zu ermöglichen. Dabei würde dem Kunden, in diesem Fall dem Besitzer, der Nachtstromtarif (1,036 ATS/kWh) angeboten werden. Bis jetzt hat man diesen Schritt bereits bei einigen Kunden verwirklichen können. Es existieren ebenfalls schon Pläne für eine autofreie Siedlung in Wien-Floridsdorf, wo E-Mobile zum Einsatz kommen sollen. Um eine solche Tankstelle errichten zu dürfen, ist jedoch ein Genehmigungsverfahren mit dementsprechender Bauverhandlung notwendig.

Es wurde, um diese Entwicklungen zu beschleunigen, eine „ARGE Stromtankstellen“ gegründet, um eine „low-cost Stromtankstelle“ zu entwickeln und auch in die Realität umzusetzen.

In dieser ARGE arbeiten die WIENSTROM, EVN, ÖAMTC, AEG und Siemens Uher zusammen.

2.12 BETRIEBSERFAHRUNGEN

2.12.1 Stadtgemeinde Wien

Im Frühjahr 1996 wurden von der Stadt Wien 5 Elektrofahrzeuge der Marke Citroen AX électrique angekauft und in den Bestand des Fuhrparks der Magistratabteilung 48 aufgenommen. Vier dieser Elektrofahrzeuge wurden während der Sommermonate 1996 (Juli bis Oktober) interessierten Bürgern für Testzwecke zur Verfügung gestellt. Organisiert wurde dieser Test von der MA 48 unter der Projektleitung von Herrn Dipl.-Ing. Ton und Herrn Ing. Tesar gemeinsam mit der ARBÖ Landesdirektion Wien, Herr Dir. Bernkopf. Die Testbetreuung und Testauswertung wurde von Technoma GmbH, Herrn Dipl.-Ing. Weininger durchgeführt. Die 4 Testwagen wurden in 4 ARBÖ-Stützpunkten in Wien bereitgestellt und deren Vergabe erfolgte auf Basis eines Mietvertrages zwischen dem ARBÖ und dem „Testfahrer“. Für ARBÖ-Mitglieder war im Aktionszeitraum die Testaktion gratis, von Nicht-ARBÖ Mitgliedern wurde ein Verwaltungsbetrag von 300 ATS eingehoben. Zielsetzung dieser Elektroauto-Testaktion war es, interessierten Bürgern die Möglichkeit zu geben, einen Tag lang die Vor- und Nachteile eines Serienfahrzeuges mit E-Antrieb selbst zu erfahren.

Der Autor dieser Studie hat selbst an dieser Testaktion teilgenommen und kann den Ergebnissen der Testauswertungen prinzipiell nur zustimmen. Die Mehrheit der Testfahrer waren von der geräuschlosen Fortbewegung und der einfachen Bedienung wie auch dem Fahrkomfort durchaus angetan. Negativ wurden die zu geringe Reichweite von etwa 80 Kilometer und die wegen der Batterie eingeschränkte Ladefläche beurteilt. Insgesamt wurden über 10.000 Testkilometer zurückgelegt und etwa 120 MWh Strom getankt, was einem Durchschnittsverbrauch von 18,7 kWh Strom auf 100 Kilometer entspricht. Umgerechnet belaufen sich die Kosten für 100 km mit Tagstrom auf 31,90 ATS, mit Nachtstrom bei einer entsprechenden Vereinbarung mit WIENSTROM auf 17,50 ATS (MAGISTRATABTEILUNG 48 DER STADTGEMEINDE WIEN 1996).

Allgemein war ein durchaus positiver Grundtenor zu erkennen, wenn auch noch etliche technische, wie auch nicht-technische Probleme für eine Marktetablierung des E-Mobils zu überwinden sind.

2.12.2 Elektrofahrzeuge im EVU-Bereich (Energieversorgungsunternehmen)

Die einzelnen Energieversorgungsunternehmen haben sich schon seit den frühen achtziger Jahren mit dem Einsatz von E-Mobilen beschäftigt. Dabei wurden unterschiedlichste Typen, Marken und Modelle angekauft und getestet. Insgesamt haben die EVUs ca. 35 Elektrofahrzeuge im Einsatz, wobei diese hauptsächlich für den Kundendienst im Nahbereich eingesetzt werden. Die Betriebsergebnisse wurden dokumentiert und zusammengefaßt, um für zukünftige Entscheidungen ein fundiertes Wissen zu besitzen. Im Zuge dieses Projekts wurde in der Schriftenreihe der Energiegemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs eine Studie mit dem Titel „Elektrofahrzeuge im EVU-Bereich: Betriebserfahrungen“ herausgegeben. Details zu den eingesetzten Fahrzeugen bzw. zu den begleitenden Rahmenbedingungen werden darin ausführlich behandelt. (SCHAUER 1995)

2.13 KONTAKTADRESSEN

ARGE E-Mobil, Studiengesellschaft Nahverkehr

Mariahilferstr.41-43, 1060 Wien, Tel.: (0222) 5811799 Fax.: (0222) 4004 / 34199

Verband der Elektrizitätswerke Österreichs / Arbeitskreis Elektrofahrzeuge,
Brahmsplatz 3, 1041 Wien

ARBÖ, DI. Diether Vlako,

Mariahilferstraße 180, 1150 Wien, Tel.: 891 211 / 248

ÖAMTC Hr. Kersch

Schubertring 1-3, Tel.: Tel.:01/749 87 72

Institut für Wärmetechnik, TU-Graz, Dr. Streicher (österreichischer Vertreter beim „Electric Vehicles Technologies and Programmes“ der IEA)

Inffeldgasse 25, A 8010 Graz, Tel.: 0316 / 873 7306 Fax.: 0316 / 873 7305

Verkehrsclub Österreich VCÖ, DI. Wolfgang Rau

Dingelstedtgasse 15, A 1150-Wien, Tel.: 0222 / 89 26 97

Forschungsgesellschaft MOBILITÄT, DI. Andre, DI. Fischer, Schönaugasse 8, A 8010
GRAZ

3 LPG (LIQUIFIED PETROLEUM GAS)

3.1 EINLEITUNG

Als Ende der siebziger Jahre Europa begann, sich langsam von den beiden Ölschocks zu erholen, war Flüssiggas eine denkbare Alternative zu Benzin- oder Dieseltreibstoff. Damals waren auf Österreichs Straßen Autos mit Flüssiggastanks keine Seltenheit. Doch mit der steuerlichen Gleichstellung von Flüssiggas mit Benzin und Dieseltreibstoff hat dieser Alternativtreibstoff deutlich an Attraktivität verloren. Die Kosten für den Zusatztank bzw. die beschränkten Zugangsmöglichkeiten zu Garagen trugen ebenfalls dazu bei, daß es in Österreich heute fast keine PKW gibt, die mit Flüssiggas betrieben werden. Der einzige Großabnehmer von Flüssiggas als Treibstoff sind die Wiener Verkehrsbetriebe, welche heute über die größte Flüssiggasflotte der Welt verfügen. (SCHÖDL 1996)

Trotzdem sehen viele Verkehrsexperten in Flüssiggas einen Hoffnungsträger, insbesondere für Flotten und den öffentlichen Nahverkehr.

Weltweit wird etwa 10 % des produzierten Flüssiggases für den Fahrzeugantrieb verwendet, der Rest für industrielle und Heizzwecke. Die Bedeutung von Flüssiggas als Fahrzeugtreibstoff ist je nach Land ganz unterschiedlich. Insgesamt gibt es ungefähr 4 Millionen Fahrzeuge, die mit Flüssiggas betrieben werden, davon allein 1,8 Millionen Taxifahrzeuge in Japan. In Europa fahren die meisten Flüssiggasfahrzeuge in Italien und in den Niederlanden. So beträgt der Prozentanteil an Flüssiggasfahrzeugen in Niederlanden 10% und in Italien 4%. Wesentlich dafür ob Flüssiggas als Kraftstoff eingesetzt wird, ist die je nach Land unterschiedliche Besteuerung und dessen lokale Verfügbarkeit. (SCHÖDL 1996)

3.2 TREIBSTOFF

3.2.1 Eigenschaften

Flüssiggas im Englischen LPG (Liquified Petroleum Gas) genannt, besteht im allgemeinen aus leicht verflüssigbaren Kohlenwasserstoffen mit 3 oder 4 Kohlenstoffatomen, sowohl rein als auch in den verschiedensten Mischungen. Flüssiggas ist auf keinen Fall mit Erdgas zu verwechseln, welches sich hauptsächlich aus Methan CH_4 zusammensetzt und auch in seinen physikalischen Eigenschaften vollkommen anders ist.

Hauptbestandteile des Flüssiggases sind die kettenförmigen, gesättigten Kohlenwasserstoffe Propan (C_3H_8) und Butan (C_4H_{10}). Daneben kommen in geringeren Anteilen die ungesättigten Kohlenwasserstoffe Propen (C_3H_6) und Buten (C_4H_8) vor..

Wichtige Kenngrößen für den Fahrzeugbetrieb mit Flüssiggas sind Heizwert, Dichte, Klopffestigkeit und Siedeverhalten. Mit einem Siedepunkt von minus $0,5^\circ \text{C}$ verdampft Butan bei Atmosphärendruck nicht mehr und macht einen Kaltstart bei winterlichen Temperaturen ohne besondere Hilfseinrichtungen unmöglich. Daher haben das für die Kaltstartfähigkeit notwendige Siedeverhalten und die Forderung nach einer hohen Klopffestigkeit zu einer Auswahl einer Mischung von 60 % Propan und 40 % Butan als die optimalste Treibstoffzusammensetzung geführt.

Tab. 6: Chemische und physikalische Eigenschaften von ausgewählten Treibstoffen (SCHÖDL 1996)

	Dichte [kg/dm ³]	Hu [MJ/l]	Hu [MJ/kg]	Siedepunkt [°C]	V _{Stöch.} [kg _{Luft} /kg _{Brst}]	ROZ,MOZ	maximaler Betriebsdruck im Tank
Propan	0,50 flüssig	23,3	46,5	-42	15,6	111 97	
Butan -i	0,58 flüssig	26,5	45,7	-0,5	15,4	96 92	
60% Propan 40% Butan-i	0,54	24,9	46,1	-30	15,5	105 95	ca. 10 bar
Diesel	0,83	34,7	42,7	370	14,5		Atmosphäre
Superbenzin	0,75	32,4	43,2	200	14,7	98 88	Atmosphäre

Tab. 7: Vergleich charakteristischer Daten bei Diesel- bzw. Gasbetrieb (SCHÖDL 1996)

	Energieinhalt 35.4 MJ	Speichervolumen (%)	CO ₂ -Emissionen (%)
Diesel	1 Liter	100	100
Propan	1,5 Liter	188	87

Obwohl aus den obigen Tabellen ersichtlich ist, daß der Heizwert von LPG auf kg bezogen höher ist als der von Diesel oder Superbenzin und auch die Oktanzahlen höher liegen, zeigt die Angabe der Dichte und die des unteren Heizwertes (kJ/l) den höheren Literaufwand für die Erbringung des gleichen Heizwertes.

Eine weitere wichtige physikalische Eigenschaft ist, daß Flüssiggas schwerer als Luft ist, was bedeutet, daß beim Austreten von Flüssiggas sich ein Gas-Luft-Gemisch am Boden sammelt und Explosionsgefahr besteht.

Um Flüssiggas als Treibstoff zu verwenden sind demzufolge entsprechende Sicherheitsvorkehrungen beim Betanken, Lagern von LPG und Garagieren von Fahrzeugen zu treffen. Wesentlich dabei ist, für eine gründliche, bodennahe Entlüftung zu sorgen.

3.2.2 Verfügbarkeit

Da Flüssiggas ein Nebenprodukt der Rohölgewinnung ist, ist seine Verfügbarkeit unmittelbar mit der des Erdöls verbunden. Dieser Umstand veranlaßt viele Kritiker Flüssiggas als konventionelles Erdölprodukt anzusehen, doch wie schon am Anfang dieser Studie erwähnt, wurde hier willkürlich die amerikanische Definition von Alternativkraftstoffen gewählt, welche LPG als solchen ausweist.

EU-weit wurden 1994 fast 19 Millionen Tonnen LPG für den Markt produziert. In dieser Zahl sind jedoch noch nicht die Mengen für die chemische Industrie miteingerechnet. Österreich verbrauchte 1994 etwa 180.000 t LPG, wobei 12.000 t als Treibstoff verwendet wurden. Insgesamt ist der Flüssiggasmarkt dem Erdölmarkt ähnlich und auch dessen häufigen Schwankungen unterworfen. (OMV 1995)

3.2.3 Versorgung

Im allgemeinen wird LPG mit speziellen Containerschiffen zu LPG-Terminals in den großen Ölumschlaghäfen gebracht und danach entweder mit der Eisenbahn (Kesselwagen) oder mit dem LKW weiter befördert.

3.2.4 Herstellung

Flüssiggas tritt bei der Rohölförderung als Begleitgas auf und muß aus technischen Gründen vor dem Transport entfernt werden. Pro Tonne Rohöl fallen zwischen zwei und vier kg Flüssiggas an. Auch bei den verschiedenen folgenden Verarbeitungsschritten in einer Raffinerie fallen immer wieder Flüssiggase als gesättigte oder ungesättigte Kohlenwasserstoffe an. Weltweit gesehen stammt 60 % des produzierten Flüssiggases aus der Rohölförderung, ca. 40 % aus dem Raffinationsprozeß. (OMV 1997)

3.2.5 Preis

Die Herstellungs bzw. die Rohstoffkosten unterliegen den Preisschwankungen der internationalen Erdölmärkte und sind aus diesen Gründen nicht vorhersehbar.

Auf der anderen Seite müssen in Österreich pro Tonne Flüssiggas als Treibstoff verwendet, 3.600 ATS als Steuer entrichtet werden (Anm. der gleiche Steuersatz wie auf konventionellen Dieseltreibstoff).

Nur für den öffentlichen Nahverkehr gibt es einen Erlaß der Steuer, so daß z.B. die Wiener Verkehrsbetriebe LPG als kostengünstige Kraftstoffalternative im Stadtverkehr einsetzen können.

3.3 TECHNIK

3.3.1 Motor

Flüssiggas kann prinzipiell in jedem entsprechend adaptierten Ottomotor als Kraftstoff verwendet werden. Die einfache Molekülstruktur von Flüssiggas ermöglicht eine günstige homogene Gemischaufbereitung, was zu einer erheblichen Geräuschreduktion führt, und eine nahezu rußfreie Verbrennung garantiert.

Wesentlich für die Menge der Emissionsprodukte ist das sogenannte Luft-Kraftstoffverhältnis, welches durch die Luftzahl λ (Lambda) beschrieben wird. Im allgemeinen werden Flüssiggasmotoren mit einem geringen Luftüberschuß von $\lambda=1,3$ betrieben, wobei ein mit dem Dieselmotor vergleichbares Schadstoffkomponentenniveau erreicht wird.

Wegen des geringeren Heizwertes, des geringeren Verdichtungsverhältnis und des nur begrenzt optimierbaren Zündzeitpunktes ist der spezifische Energieverbrauch (kJ/kWh) des Flüssiggasmotors größer als der des Dieselmotors. Daraus ergibt sich zwangsläufig ein Mehrverbrauch um einen Faktor 1,8 gegenüber dem Dieselmotor.

Beim Betrieb eines Ottomotors mit LPG kann prinzipiell eine Reduktion der Schadstoffemissionen ausgenommen Stickoxide (NO_x) erreicht werden.

Um dennoch auch eine Reduzierung der Stickoxide zu erreichen, ist die katalytische Abgasbehandlung die derzeit beste verfügbare technische Lösung neben den Stickoxiden gleich-

zeitig auch die übrigen Schadstoffkomponenten drastisch zu reduzieren. Durch die Entwicklung des $\lambda=1$ geregelten Busmotors mit 3-Weg- Katalysator ist die Einhaltung eines Schadstoffemissionsniveaus, welches weit unter den derzeit gültigen Grenzwerten für Dieselmotoren liegt, gewährleistet.

Derzeit geht die Forschung dahin, daß die Entwicklung eines Magermotors (arbeitet mit Luftüberschuß, $\lambda \gg 1$) mit nachgeschalteten Oxidationskatalysator im Gange ist. Diese Motorentechnologie verspricht deutliche Verbesserungen im Kraftstoffverbrauch unter gleichzeitiger Beibehaltung der übrigen Schadstoffemissionsniveaus. Mit diesem Motorenkonzept sind ähnliche Wirkungsgrade wie mit dem Dieselmotor erreichbar.

3.4 EMISSIONEN

Vor allem für den Stadtverkehr und damit für öffentliche Stadt- und Linienbusse ist es außerordentlich vorteilhaft, daß die Abgase keine Rußpartikel enthalten und praktisch geruchlos sind. Diesen Kriterien entspricht der Flüssiggasmotor aufgrund der externen und anschließend in gasförmiger Form stattfindenden Gemischaufbereitung.

Mit der Entwicklung neuer Motorentechniken werden auch die Stickoxidemissionen auf ein Niveau reduziert, mit dem sich auch künftige europäische Abgasnormen problemlos einhalten lassen. Daneben soll nicht unerwähnt bleiben, daß der Flüssiggasmotor verglichen mit einem Dieselmotor sehr ruhig verbunden mit einem sehr niedrigen Geräuschpegel läuft.

Generell sind mit einem Flüssiggasmotor Emissionswerte möglich, die weit unter den aktuellsten EURO-III-Werten (Diskussionsvorschläge des UBA Berlin für 1999/2000) für Dieselmotoren liegen.

Auch die Tatsache, daß beim Betanken praktisch keine Verdampfungsemissionen entstehen, da zwischen Tank und Einfüllstutzen eine fixe, anschraubbare Verbindung bestehen muß, unterstreicht die Vorteile von LPG. Da das Butan/Propangemisch Verdunstungsemissionen, welche bei jedem Diesel oder Benzinfahrzeug auftreten, nahezu ausgeschlossen.

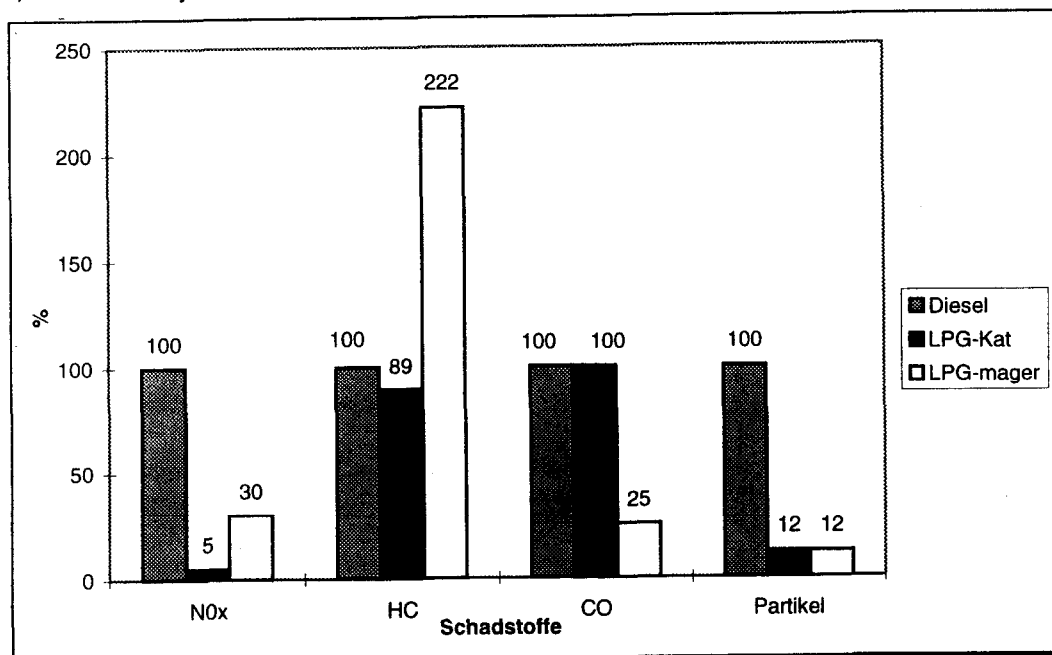


Abb. 13: Abgasemissionen von den LPG-Bussen in Wien (PISCHINGER 1996)

Aus der obigen Abbildung ist ersichtlich, daß LPG-Motoren ausgestattet mit Katalysator ausgenommen bei Kohlenmonoxid (CO), dieser Wert ist gleich dem des Diesels, den Abgaswerten des Diesel bei weitem überlegen sind. Besonders NO_x und Partikel können mit Einsatz von LPG um über 90 % reduziert werden.

Die dargestellten Werte für das Magermotorkonzept müssen unter der Berücksichtigung gesehen werden, daß diese Technologie noch in ihren Kinderschuhen steckt und von einer Serienreife noch weit entfernt ist. Besonders bei den Kohlenwasserstoffemissionen (HC) kann unter Einbeziehung geeigneter Katalysatoren noch eine drastische Reduzierung erreicht werden.

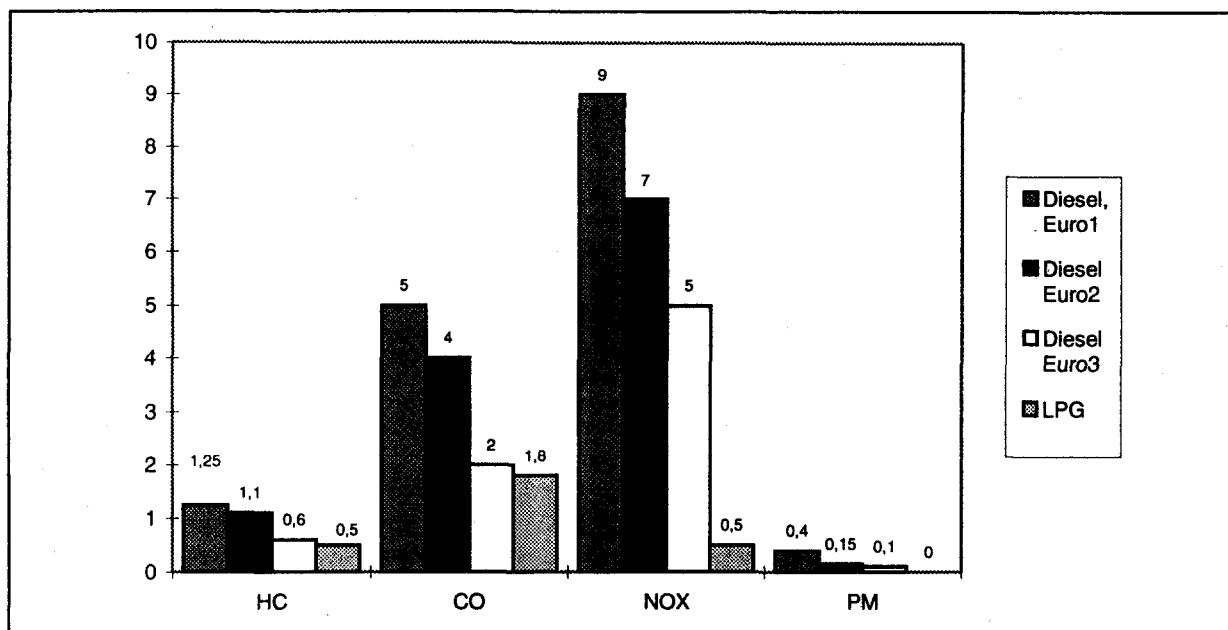


Abb. 14: Emissionen im 13-Stufen Test Zyklus für eine 7.4 Liter VALMET Maschine mit Katalysator (bereits benutzt, $\lambda=1$), (UBA BERLIN 1996)

Wie man aus obiger Abbildung entnehmen kann, erfüllt LPG selbst die noch nicht gültigen Euro-III Richtlinien, welche noch nicht offiziell, sondern erst eine Diskussionsgrundlage des deutschen Umweltministeriums darstellen. Bei diesen Resultaten ist besonders augenfällig, daß die Partikelsumme (PM) auf null reduziert werden kann.

3.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Prinzipiell rechnet sich derzeit die Verwendung von LPG als Treibstoff in Österreich nur für den öffentlichen Nahverkehr, da für diesen Zweck die sonst obligate Mineralölsteuer entfällt. Doch müssen auf der anderen Seite eine Vielzahl an Investitionen für die notwendige Infrastruktur getätigt werden, um Flüssiggas als Treibstoff zu nutzen.

Bei einer ökonomischen Betrachtung muß zwischen den Investitionskosten (Anschaffungskosten) und den Betriebskosten (laufenden Kosten) unterschieden werden.

Betrachtet man zunächst die Anschaffungskosten für ein Fahrzeug, so ergibt sich im Vergleich zu einem reinem (monovalenten) Dieselfahrzeug bei einem reinem LPG-Fahrzeug ein Aufpreis von rund 12 %. Daneben müssen weitere Investitionskosten für erhöhte Aufwen-

dungen für Sicherheitseinrichtungen in den Werkstätten sowie Kosten für die Flüssiggastankstelle, Berücksichtigung finden. Freilich sind diese Kosten sehr stark von den jeweils gültigen, gesetzlichen Bestimmungen sowie dem technischen Ausrüstungsstand und den örtlichen Gegebenheiten der Garage abhängig. (SCHÖDL 1996)

Daneben gibt es die laufenden Kosten, welche sich im allgemeinen aus den Kraftstoffkosten, den Personalkosten (Fahrer und Werkstätte) und den Materialkosten pro Fahrzeug zusammensetzen.

Abgesehen von diesen finanziellen Mehraufwendungen bringt der Flüssiggasbetrieb auch durch die erforderlichen Überprüfungen der Fahrzeuge (zweimonatliche Abgaskontrolle, tägliche Sichtkontrolle) einen gewissen arbeitsmäßigen Mehraufwand (Personalkosten) mit sich.

Unter diesem Gesichtspunkt erscheint es vernünftig, die Umstellung von konventionellen Treibstoffen auf LPG längerfristig zu planen, um die dazu notwendigen Voraussetzungen, wie speziell ausgestattete Garagen, Werkstätten, Tankstellen und Einschulung des technischen Personals, schaffen zu können. Dabei gilt es ebenfalls zu berücksichtigen, daß die Umrüstung einer bereits bestehenden Infrastruktur mit erheblichen Mehrkosten verbunden ist, als im Zuge einer Neuerrichtung die notwendigen Maßnahmen gleich miteinzuplanen. (SCHÖDL 1996)

Auf der Treibstoffverbrauchseite kann der deutliche Minderpreis des steuerlich befreiten LPG angeführt werden, der jedoch durch den um den Faktor 1,8 erhöhten Mehrverbrauch teilweise wieder kompensiert wird.

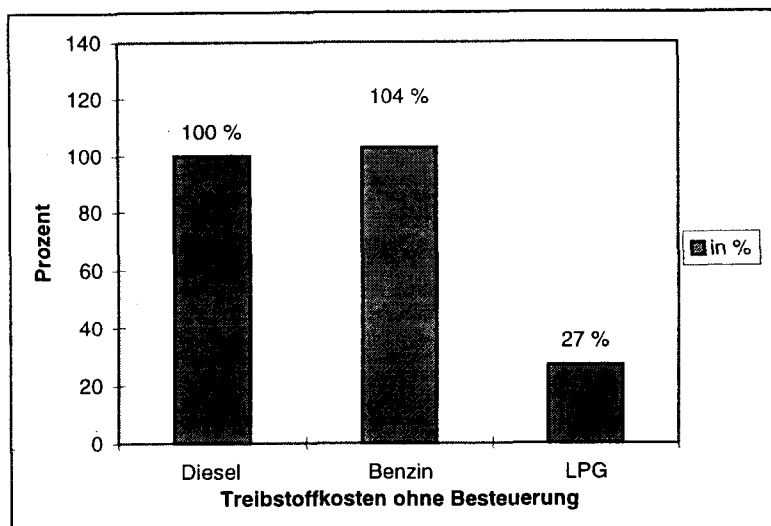


Abb. 15: Preisvergleich in % pro Liter in Österreich (ohne Mineralölsteuer), (SCHÖDL 1996)

Unter Berücksichtigung des Mehrverbrauches von Flüssiggasmotoren ergibt sich eine Treibstoffkostensparnis von ca. 50 % pro gefahrenen Kilometer. Dieser Sachverhalt wird in Abbildung 16, Wirtschaftlichkeitsvergleich von Diesel, Benzin und LPG, illustriert.

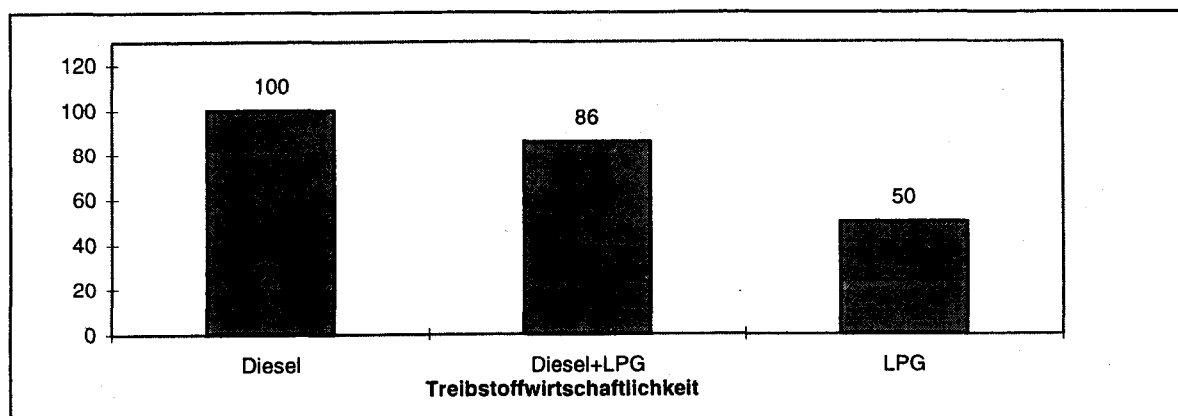


Abb. 16: Wirtschaftlichkeitsvergleich von Diesel, Mischbetrieb und reinem Flüssiggasantrieb (SCHÖDL 1996)

Betrachtet man zusätzlich die oben erwähnten Investitionskosten sowie die Betriebskosten, so ergibt sich eine Amortisation dieser Aufwendungen erst nach etwa 10-12 Jahren (bei 50.000 km pro Jahr). Diese Angaben sind natürlich auf die Gegebenheiten der Wiener Verkehrsbetriebe bezogen und sollten daher keinesfalls als allgemein gültig betrachtet werden.

3.6 REGULATIVE

3.6.1 Flüssiggasqualität

Das am österreichischen Markt erhältliche LPG muß laut Kraftstoffverordnung 1992 (BGBl. 1992/123) der ÖNORM C1301 entsprechen. Darin sind die relevanten, stoffspezifischen Daten bzw. die höchstzulässigen Verunreinigungen aufgelistet.

3.6.2 Flüssiggastankstellenbestimmungen

Für den Betrieb und Bau von Flüssiggastankstellen existieren dementsprechende Verordnungen (Flüssiggastankstellenverordnung BGBl. Nr. 558/1978 und Flüssiggasverordnung BGBl. Nr.139/1971). Das Ansuchen um Benützungsbewilligung wird mit einem Verfahren, unterstützt durch ein Gutachten eines Sachverständigen, und der Einhaltung der dementsprechenden Verordnungen abgeschlossen. (SCHÖDL 1996)

3.6.3 Garagenbestimmungen für den Flüssiggasbetrieb

Auch beim Umbau bzw. einer Garage auf Flüssiggasbetrieb sind bestimmte behördlichen Vorschriften einzuhalten. Darin inkludiert sind beispielsweise genügend Lüftungseinrichtungen bzw. technische Einrichtungen, die im Schadensfall ein Absinken des Flüssiggases in den Kanal verhindern sollen. Auch ist die Installation von Flüssiggasdetektionssystemen verpflichtend vorgeschrieben, um im Schadensfall das gesamte elektrische System zu unterbrechen. Im allgemeinen wird das Bewilligungsverfahren mit einem Gutachterprüfverfahren abgeschlossen. (SCHÖDL 1996)

3.6.4 Flüssiggasbeförderungsbestimmungen

Die Beförderung von LPG auf der Straße in Österreich ist grundsätzlich über die Bestimmungen der Beförderung gefährlicher Güter geregelt. Für die Beförderung von mehr als 6 t ist streckenweise eine Zusatzgenehmigung der jeweiligen Landesregierung notwendig. Zumeist haben aber LPG-Großabnehmer einen eigenen Schienenanschluß, so daß die kostengünstigere und auch verkehrssichere Variante der Bahnbeförderung gewählt werden kann. (OMV 1997)

3.6.5 Flüssiggasbesteuerung

Wie schon weiter oben erwähnt, muß für LPG - wenn als Kraftstoff verwendet - die volle Mineralölsteuer von 3600 ATS/ t LPG entrichtet werden. Nur bei Verwendung im Ortslinienverkehr ist LPG in Österreich von der Mineralölsteuer befreit und dementsprechend eine finanziell attraktive Alternative gegenüber Dieseltreibstoff. (OMV 1997)

3.7 LPG-FAHRZEUGE IN ÖSTERREICH

3.7.1 Hersteller, Service und Wartung

LPG betriebene Fahrzeuge sind in Österreich ausschließlich im Busbereich von verschiedenen Herstellern erhältlich. Die größten Anbieter sind die Firma Neoplan, DAF und die ÖAF-Gräf & Stift AG. Diese Hersteller haben in ihrer Produktpalette Busse mit LPG Antrieb, die individuell auf Kundenwünsche ausgestattet werden können.

Für Service und Wartung wird das Werkstättenpersonal des Kunden, zumeist handelt es sich Nahverkehrsbetriebe, von der Herstellerfirma eingeschult, um unnötig lange Wartezeiten bei Reparaturen vermeiden zu können.

Da der LPG-Motor fast mit dem eines Benzinmodells ident ist, ergibt sich eine ebenso einfache Wartung. Besonders vorteilhaft wirken sich die sauberen Verbrennungsmerkmale von Flüssiggas auf die Lebensdauer von Zündkerzen und andere Motorbauteile aus.

Bei der Einhaltung der regelmäßigen Wartungstätigkeiten am Motor kann mit einer ähnlichen Lebensdauer wie bei Dieselmotoren gerechnet werden. (SCHÖDL 1996)

3.7.2 Tankstellennetz

Das Betanken mit LPG unterscheidet sich grundsätzlich nicht von dem üblichen Tankvorgang mit Benzin oder Diesel. Einzig allein die Tatsache, daß LPG unter einem Druck von 10 bar steht und deshalb eine geschlossene Verbindung zwischen Tank und Zapfsäule existieren muß, ist unterschiedlich.

Das Auftanken beansprucht ein wenig mehr Zeit als bei einer herkömmlichen Tankstelle, jedoch spielt dieser Umstand bei einem Flottenbetrieb eine nur untergeordnete Rolle.

In Österreich besitzen die Wiener Stadtwerke als der weltgrößte LPG-Flottenbetreiber auch dementsprechende Flüssiggastankstellen, welche wie schon oben erwähnt, strengen Sicherheitsauflagen unterliegen.

Daneben existieren noch einige öffentliche Tankstellen, die neben der üblichen Kraftstoffpalette ebenfalls LPG anbieten. Das hat zum einen historische Gründe - Mitte der siebziger Jahre war LPG-Treibstoff ein durchaus üblicher Treibstoff in Österreich - als auch Gründe der Produktversorgung für Touristen, vornehmlich aus Italien und den Niederlanden.

Tab.8: Autogas Tankstellen in Österreich, Stand Dezember 1996 (Quelle: OMV 1997)

Bundesland	Adresse	Erdölkonzern/Firma
Burgenland	Autobahnstation Loipersdorf	Agip
Kärnten	Spittal/Drau An der Wirtschaftsbrücke Villacherstr.2	Propangas AG
Kärnten	Ossiacher Zeile 72	Agip
Niederösterreich	Autobahnstation Großram	OMV
Niederösterreich	Krems, Wienerstr. 63	Agip
Oberösterreich	Enns, Forstbergstrasse	Agip
Oberösterreich	Gmunden, Druckerstr.8	
Oberösterreich	Leonding-Gaumberg, Welserstr.8	Agip
Salzburg	Hallwang-Salzburg, Fa. Golser	Primagaz

3.8 FAHRCHARAKTERISTIK

Grundsätzlich unterscheidet sich der Fahrbetrieb mit Flüssiggas nicht von dem mit konventionellen Treibstoffen. Wegen der gut abstimmbaren und homogenen Gemischaufbereitung ist die Verbrennung auch wesentlich weicher und rückstandsfreier, was allgemein zu einem geräuschärmeren Motorlauf und einer erhöhten Lebensdauer des Motors führt.

Das Motoröl wird ebenfalls geringer belastet, da weniger Ruß entsteht und keine Kraftstoffverdünnung eintritt, welche zusätzlich eine Viskositätsminderung bewirken würde.

Von den Fahrwerten im Praxisbetrieb sind keine Unterschiede zwischen einem Bus mit LPG oder mit Diesel betrieben feststellbar.

3.8.1 Reichweite

Trotz eines geringeren Energieinhaltes pro Liter Flüssiggas ist die Reichweite des LPG-Busses gegenüber der eines Dieselmotors nicht eingeschränkt, wenngleich auch ein höheres Gewicht bzw. ein höherer Raumbedarf der Gasbehälter in Kauf genommen werden müssen (Anm.: Bei der Niederflertechnik sind die Tankbehälter in der Dachkonstruktion integriert). So haben die von den Wiener Verkehrsbetrieben eingesetzten LPG-Busse keine Probleme mit einer Tankfüllung den täglichen Linienbetrieb mit einer zusätzlichen Reserve ohne zwischenzeitlichen Tankstop zu absolvieren. (SCHÖDL 1996)

3.8.2 Sicherheit

Der Treibstoff „Gas“ wird auch heute noch aus historischen Gründen mit etwas Gefährlichem assoziiert. Darum stellt die Betriebssicherheit von gasbetriebenen Fahrzeugen einen sehr sensiblen und bedeutenden Punkt dar.

Wichtig ist beim Umgang mit Flüssiggas die Tatsache, daß Flüssiggas in bestimmten Verhältnissen vermischt mit Luft äußerst explosiv ist. Doch ist bei der Beachtung der Sicherheitsbestimmungen LPG nicht gefährlicher als Benzin oder Diesel.

So ist es zum Beispiel in all den knapp 35 Jahren, in denen LPG-Busse auf den Wiener Linien eingesetzt worden sind, nie bei einem Unfall zu einer Explosion der Flüssiggastanks gekommen. Darüber hinaus ist durch die Unterbringung der Flüssiggastanks auf dem Dach bei den modernen Niederflurtechnik die Wahrscheinlichkeit der Beschädigung bei einem Unfall drastisch reduziert worden.

Auch international gesehen ist Flüssiggas bei Beachtung der allgemein gültigen Sicherheitsregeln ein vollkommen unproblematischer Treibstoff, der besonders in den USA im Busbereich breite Anwendung findet.

3.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN

Die Wiener Verkehrsbetriebe begannen 1963 mit dem Probetrieb von Flüssiggas als Bustreibstoff. Der Probetrieb wurde mit einem speziell dafür adaptierten Dieselmotor im Zweistoffbetrieb absolviert. Ein wesentlicher Grund war auch schon damals eine damit verbundene wesentliche Reduktion der Rußemissionen. Technisches Ziel war es, ein Flüssiggas-Luftgemisch anzusaugen und mittels reduzierter Deseleinspritzung zu zünden. Trotz anfänglicher technischer Probleme wurden ab dem Jahr 1976 neue Fahrzeuge mit reinem Flüssiggasmotor, das heißt Ottomotoren mit einer Fremdzündanlage betrieben.

Diese Gasmotoren hatten vor allem hinsichtlich der Partikelemissionen wesentliche Vorteile gegenüber dem Dieselmotor. Bezüglich der gasförmigen Schadstoffkomponenten HC und CO besitzen sie ein mit dem Dieselmotor vergleichbares Niveau. Ausschließlich bei den NO_x-Emissionen tritt mit LPG gegenüber dem Dieselmotor keine Verbesserung ein. Aus diesem Grund wurde von den Wiener Verkehrsbetriebe im Jahr 1988 der Flüssiggasmotor mit Katalysator eingesetzt, mit dem nun die gesetzlich geltenden Grenzwerte für Dieselmotoren (EURO II) auch hinsichtlich NO_x deutlich unterschritten werden. Bis Ende 1990 wurden insgesamt 134 Fahrzeuge mit Katalysator nachgerüstet, so daß heute zusammen mit den Neufahrzeugen ca. 420 Autobusse, das ist mehr als 80 % der Wiener Busflotte, mit Katalysator ausgerüstet sind. Natürlich werden bei Neuanschaffungen ausschließlich Busse in der Niederflurbauweise mit auf dem Dach integrierten Gastank eingesetzt.

Als nächstes Ziel für die Zukunft wollen die Wiener Verkehrsbetriebe einen Beitrag zur Erreichung des „Toronto Ziels“, der Reduktion der CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2000 auf die Hälfte, leisten.

Dabei sollen die Abgasemissionen auf weniger als 50 % von den noch in Ausarbeitung befindlichen EURO III- Vorschläge (vorgeschlagene Grenzwerte für Nutzfahrzeuge ab 1999) gesenkt werden. Das bedeutet eine Reduzierung des Treibstoffverbrauches und damit des CO₂- Ausstoß um mindestens 15 %.

Um dieses ehrgeizige Ziel verwirklichen zu können, ist der Umstieg auf eine andere Motorentechnologie notwendig. Zusammen mit der Grazer Firma AVL wurde bereits ein solches neues Verbrennungssystem für einen Gasmotor entwickelt, welches zusätzlich mit einem Oxidationskatalysator ausgestattet wird. (SCHÖDL 1996)

3.10 KONTAKTADRESSEN

Wiener Verkehrsbetriebe, Kundendienstzentrum Erdberg, Erdberger Lände 202, 1030-Wien, DI. Schödl, Tel.: 0222 / 7909/ 32000

ÖAF Gräf & Stift, Brunner Straße 44-50, 1231-Wien, Dipl.-Ing. Vana, Tel.: 0222/ 86631 8151

Firma Neoplan, Stadt Haag (NÖ), Linzer Straße 18, Tel.:07434 / 42302

OMV Handelsgesellschaft m. b. H., Lasallestr.3, 1020 Wien, Herr Hermann Hager, Tel.:0222 / 40440 7232 Fax.:0222 / 40440 7903

4 ERDGAS CNG (COMPRESSED NATURAL GAS)

4.1 EINLEITUNG

Auf der Suche nach emissionsarmen Antriebsarten stoßen Wissenschaft und Industrie immer wieder auf den Erdgasantrieb. In vielen Ländern der Erde werden schon seit geraumer Zeit Autos mit Gasantrieb gefahren. Große Fahrzeugflotten fahren mit Erdgas, beispielsweise in den USA, Argentinien, Italien und Rußland. Weltweit nutzen schon mehr als eine Million Fahrzeuge diese umweltschonende Antriebstechnologie (ENGVA 1996). Seit kurzem sind auch auf dem österreichischen Automobilmarkt serienmäßige Erdgasfahrzeuge erhältlich.

Einige österreichische Energieversorgungsunternehmen betreiben schon seit Anfang der 90-iger Jahre umgebaute Erdgasfahrzeuge, um den praktischen Einsatz in der Flotte zu testen. (HUEMER 1992)

Tab.9: Erdgasfahrzeuge weltweit (RHENAG, IGU, ASUE, ENGVA, AGA)

Land	PKW, Transporter	LKW, Busse	Tankstellen
GUS	315000	keine Angabe	350
Lateinamerika	300000	keine Angabe	260
Neuseeland	43200	160	35
Australien	40000	140	20
Kanada	30000	65	180
USA	41230	100	1107
Europa*	251699	162	552
Österreich	16	1	17
Summe sonstige	29304	2465	608
Summe weltweit	1050433	3092	3427

* hauptsächlich Italien

Für viele Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik ist der Antrieb mit komprimierten Erdgas (engl. CNG, compressed natural gas) nur der erste Schritt zwischen dem Erdölzeitalter und dem Zeitalter des solaren Wasserstoffs. Dabei soll die Speicherung des Erdgases in flüssiger Form - LNG (engl. liquified natural gas), bei minus 162°C - der nächste technologische Quantensprung dahin sein. Zwar gibt es zur Zeit erst wenige Versuchsfahrzeuge, welche mit verflüssigten Erdgas (LNG) betrieben werden, doch in Industrie und Forschung wird intensiv an einer praktikablen Lösung des Temperaturproblems gearbeitet.

4.2 TREIBSTOFF

Erdgas besteht zum überwiegenden Teil aus Methan, weitere Komponenten sind höhere Kohlenwasserstoffe wie Ethan, Propan, Stickstoff, Kohlendioxid und Schwefelverbindungen. Erdgas ist deutlich leichter als Luft und daher bei Leckagen leicht flüchtig. Es besitzt im Vergleich zu Diesel allerdings eine sehr geringe Speicherdichte und selbst bei einer Verdichtung auf 200 bar beträgt sein volumetrischer Heizwert nur 8,93 MJ/l, also etwa nur ein Viertel von Dieselöl.

Tab. 10: Stoffwerte vom Diesel und Erdgas (STADTWERKE AUGSBURG, LEOBERSDORFER MASCHINENFABRIK AG 1995)

	Diesel	Erdgas (CNG) ca., 98% CH ₄
Aggregatzustand	flüssig	gasförmig
max. Druck im Tank bei Atmosphärendruck	1 bar	200 bar
Heizwert volumetrisch H_v (15°C)	35,5 MJ/l	8,93 MJ/l
Heizwert	42,8 MJ / kg	48,9 MJ / kg
Dichte	0,83 kg / l	0,18 kg / l

Das in Österreich durch die Landesferngasgesellschaften vertriebene Erdgas ist von hoher, gleichbleibender Qualität und deshalb für den Einsatz in Fahrzeugen als Treibstoff bestens geeignet. (ÖSTERREICHISCHE VERREINIGUNG FÜR DAS GAS- UND WASSERFACH 1994)

4.2.1 Verfügbarkeit

Erdgas hat sich in den letzten Jahren weltweit zu einem bedeutenden Energieträger entwickelt. Im Jahre 1995 betrug sein Anteil am Welt-Primärenergieeinsatz 23 %. Die gesicherten Erdgasreserven betrugen Ende 1993 weltweit geschätzte 134.000 Mrd. m³ und reichen bei gleichbleibenden Verbrauch für etwa weitere 65 Jahre. Die wahrscheinlichen Reserven werden bei ca. doppelt so hoch angenommen mit einer entsprechenden Verlängerung der Reichweite. In Österreich liegt der Anteil von Erdgas am Gesamtenergieeinsatz bei ungefähr 23 %. (OMV 1996)

Die Inlandsförderung hat im Laufe der Jahre deutlich abgenommen und beläuft sich 1995 auf knappe 20 % des Gesamtenergieverbrauches an Erdgas, wobei in den vergangenen Jahren eine wieder leicht steigende Tendenz festzustellen war. (OMV 1996)

4.2.2 Versorgung

Die Versorgung mit Erdgas wird hauptsächlich durch Importe aus dem Ausland und da im speziellen aus der GUS abgedeckt. Die österreichischen Erdgasimporte sind dabei durch langfristige Lieferverträge abgesichert, so laufen z.B. die derzeit gültigen Gaslieferverträge mit Rußland bis zum Jahr 2008 bzw. 2012.

Tab. 11: Österreichische Erdgasimporte (AUSTRIA FERNGAS 1997)

	Menge (Mio. m ³)			Anteil (%) an der Gesamtaufbringung			Anteil am Import (%)		
	1994	1995	1996	1994	1995	1996	1994	1995	1996
Import:									
Rußland	4.478	5.791	5.727	71	74	71	90	91	87
Deutschland	238	276	473	4	3	6	5	4	7
Norwegen	270	298	374	4	5	5	5	5	6
Gesamt-import	4.986	6.365	6.574	79	81	82	100	100	100
Inlandsproduktion	1.355	1.482	1.492	21	19	18			
Gesamt-aufbringung	6.341	7.847	8.066	100	100	100			

Erdgas wird normalerweise durch ein weit verzweigtes Pipelinenetz, welches ganz Europa durchspannt, transportiert. Von allen für den europäischen Bedarf wichtigen Vorkommen führen unterirdische Pipelines bis in die industriellen Ballungsräume. Transporte per Schiff oder LKW innerhalb Europas sind daher in den wenigsten Fällen notwendig. Erdgas aus Übersee wird zumeist in großen Containerschiffen in verflüssigter Form zu den Erdgasumschlagplätzen der Welt transportiert.

Durch das österreichische Leitungsnetz werden außer den Mengen, die für den heimischen Markt bestimmt sind, beträchtliche Transitmengen von russischem Erdgas transportiert. Das Leitungsnetz der in Österreich tätigen Gasversorgungsunternehmen betrug Ende 1996 ca. 24.000 km, davon 5.000 km Hochdruckleitungen (Betriebsdruck > 4 bar) und 19.000 km Mittel- und Niederdruckleitungen. Über diese Leitungen wurden 1996 7.500 Mio. m³ Erdgas in Österreich zu den Verbrauchern geliefert.

4.2.3 Herstellung

Erdgas wird im allgemeinen ohne zusätzliche Hilfsmittel aus der Lagerstätte entnommen, vor Ort gereinigt und getrocknet und dann dem Transportsystem zugeführt. Größere und längere Leitungen müssen mit Kompressorstationen ausgestattet werden, um das Erdgas mit dem erforderlichen Leitungsdruck anliefern zu können. Um die Verbrauchsschwankungen zwischen Sommer und Winter ausgleichen zu können, werden in vielen Ländern - so auch in Österreich - ausgeförderten Lagerstätten als Zwischenspeicher benutzt.

4.2.4 Preis

Der Erdgaspreis ist wie jeder wichtige Rohstoffpreis mehr oder weniger starken Schwankungen unterworfen und deshalb sind die in der Tabelle angeführten Zahlen nur als Richtwerte zu verstehen.

Tab. 12: Importpreise für Energieträger (OMV 1996)

Jahr	Rohöl ATS / t	Steinkohle ATS / t	Erdgas ATS / 1000 m ³
1990	2115	792	1097
1991	1911	815	1208
1992	1635	752	1039
1993	1529	693	1041
1994	1416	649	1008

4.3 TECHNIK

4.3.1 Motor

Stationäre Gasmotoren mit Erdgas als Kraftstoff werden seit Jahrzehnten mit besten Ergebnissen eingesetzt. Diese Motoren arbeiten prinzipiell nach dem Otto-Verfahren, da Erdgas kein selbstzündender Kraftstoff.

Auch bei den Motoren von Kraftfahrzeugen wird Erdgas vorwiegend nur beim Otto-Verbrennungsverfahren eingesetzt. Beim Dieselmotor ist lediglich eine Teilzumischung zum Dieselkraftstoff möglich.

Die Gemischbildung erfolgt außerhalb des Verbrennungsraumes, und zwar im Ansaugsystem nach dem Venturiprinzip im Drosselquerschnitt oder mittels Eindüsungsverfahren im Ansaugkanal (Multipoint-System).

Man kann prinzipiell zwischen monovalent bzw. bivalent betriebenen Fahrzeugen unterscheiden. Dabei bedeutet monovalent ausschließlich für den Erdgasantrieb bestimmt und bivalent wahlweise mit Erdgas oder Benzin. Bivalente Fahrzeuge werden nur bei den PKWs und Klein-LKWs verwendet. Der monovalente Betrieb kommt bei den Bussen und LKWs zur Anwendung.

Es kann heutzutage jedes moderne, benzinbetriebene Fahrzeug mit Katalysator auf Erdgasantrieb umgerüstet werden. Der Benzinantrieb bleibt dabei erhalten, so daß im Bedarfsfall auf Benzinantrieb umgeschaltet werden kann (engl. Dual Fuel System). Somit sind Benzinmotoren, die für den bivalenten Betrieb adaptiert worden sind, derzeit die praktikableren Lösungen, um die Emissionsvorteile des Erdgasantriebs zu nutzen.

Bivalente Fahrzeuge werden vorrangig mit Erdgas betrieben. Der im Fahrzeug vorhandene Kraftstofftank kann Erdgas bis zu einem Druck von 200 bar aufnehmen.

Beim bivalenten Antrieb gelangt der Treibstoff über eine absolut dichte Schnellkupplung, die Tankschlauch und Einfüllstutzen des Tanks miteinander verbinden, in den Tank. Den Nenn-

druck von 200 bar, mit dem das komprimierte Erdgas (CNG) in die Tankflasche des Fahrzeuges gepumpt wird, erzeugt ein Kompressor.

Schaltet der Fahrer nun von Benzin auf Erdgasantrieb, strömt das Erdgas durch fest montierte Leitungen zu Druckminderern. Dabei wird der Druck auf 0,5 bar entspannt. Ein Verteiler sorgt dafür, daß jeder Zylinder genau die richtige Gasmenge erhält. Danach führen einzelne Leitungen den Treibstoff für jeden Zylinder über Einblasventile bis vor die Einlaßventile. Hier wird er mit Luft vermischt und als zündfähiges Gemisch den Zylindern zugeteilt.

Die jeweils für einen geregelten Verbrennungsprozeß nötige Einspritzmenge wird im allgemeinen von einem Mikroprozessor gesteuert, der ständig die verbrennungswichtigen Parameter wie Saugrohrunterdruck, Motordrehzahl, Informationen zur Lambdasonde und die Drosselklappenposition verarbeitet. Solche Mikrorechner lassen sich, um möglichst gute Abgaswerte zu gewährleisten, auf verschiedene Motortypen, Erdgasqualitäten und Katalysatoren abstimmen. Trotzdem müssen diese umgebauten Motoren mit Kompromissen leben. Verbrauch, Emissionen und Leistung solcher bivalenten Fahrzeuge lassen sich deshalb nur begrenzt optimieren - Benzin und Erdgas besitzen eben nur ähnliche, aber nicht dieselben Eigenschaften.

Der bivalente Erdgasmotor stellt sicherlich nur eine Zwischenlösung dar, da die zwei Tanksysteme zwangsläufig ein Mehrgewicht bedingen. Weiters ist dabei zu berücksichtigen, daß der auf Benzin optimierte Verbrennungsmotor die Vorteile des Erdgases nicht umsetzen kann. Daher muß die Zielrichtung monovalente Erdgasmotoren lauten, wie er bereits bei schweren Fahrzeugen (Bussen und LKWs) eingesetzt wird.

Beim monovalenten Erdgasmotor sind mittelfristig noch enorme Entwicklungschancen möglich. Diese Motoren lassen sich höher verdichten und können so die höhere Oktanzahl von Erdgas (etwa 135 ROZ) nutzen. Das käme Wirkungsgrad und Verbrauch zugute. Trotz dieser Vorteile hat sich bis dato aus praktischen Gründen dieser Antrieb im PKW-Bereich nicht durchsetzen können.

Im Bereich der Nutzfahrzeuge bzw. Busse ist das Konzept des monovalenten Antriebes weiter verbreitet, da der Flottenbetrieb vom Nachteil der noch fehlenden Infrastruktur nicht so stark betroffen ist. (TÜV BAYERN/SACHSEN 1995)

4.4 EMISSIONEN

Das Produkt Erdgas hat im Laufe der Jahre wegen seiner niedrigen Verbrennungsemissionen als Kraft- und Brennstoff an Attraktivität gewonnen.

Die Vor- und Nachteile der erdgasbetriebenen Fahrzeuge kommen je nach Fahrzeugkategorie unterschiedlich zum Tragen. Bei Nutzkraftfahrzeugen, wie LKW und Bussen, ist in Europa der Dieselantrieb dominierend und damit der Vergleichsmaßstab. Bei den Kleintransportern und PKW finden heutzutage Diesel und Benzinmotoren breite Anwendung, so daß auch hier mit dem Benzinantrieb verglichen werden muß.

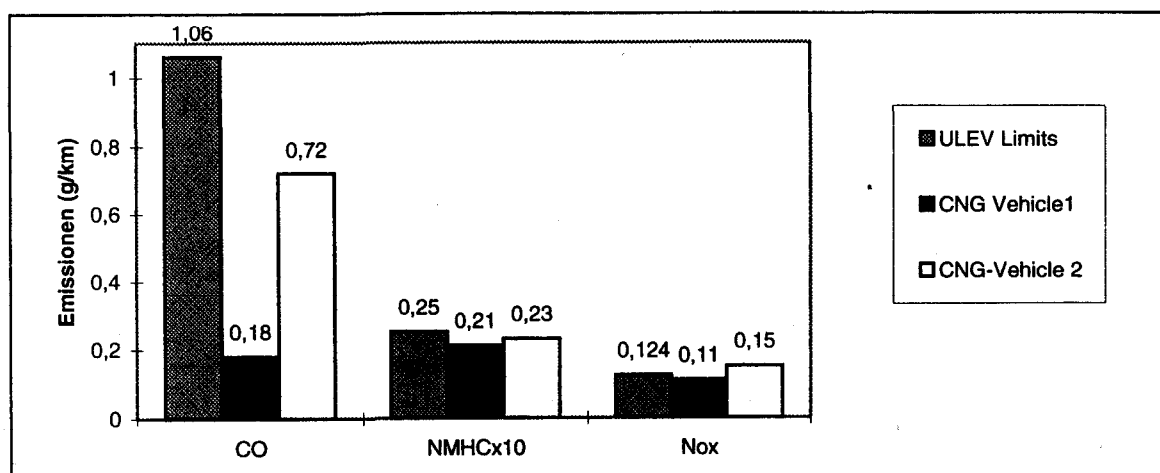


Abb. 17: Fahrzyklus US FTP-75 für Light Duty Vehicles (RIJKEBOER ET AL. 1992)

Aus obiger Abbildung kann entnommen werden, daß Erdgas verglichen mit den Grenzwerten der strengen kalifornischen Gesetzgebung für Ultra Low Emissions Vehicles (ULEV) durchaus weniger emittiert.

Zwar liegt der Gesamtausstoß an Kohlenwasserstoffen (HC) im Vergleich zu Benzin nicht viel niedriger, jedoch besteht Erdgas zu 85 bis 98 % aus Methan, welches nicht die gleichen chemischen Eigenschaften wie die übrigen Kohlenwasserstoffe besitzt. So trägt Methan zum Phänomen des bodennahen Ozons kaum etwas bei, doch muß erwähnt werden, daß Methan ein hohes Treibhauspotential ($THP_{CH_4}=21$) besitzt und somit einen gewissen Anteil zum Treibhauseffekt beiträgt.

In der amerikanischen Gesetzgebung ist dementsprechend bereits eine Unterscheidung zwischen Methan und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen (NMVOC= Non Methan Volatile Organic Compounds) vorgenommen worden. In der österreichischen bzw. der EU-Gesetzgebung wird hingegen nur die Gesamtkohlenwasserstoffkonzentration in den Abgasen gemessen.

Bei den Heavy Duty Vehicles (Busse, LKW >3,5 t) muß wie oben erwähnt mit der Dieselmachine verglichen werden, da Nutzfahrzeuge in Europa fast zur Gänze mit Diesel betrieben werden.

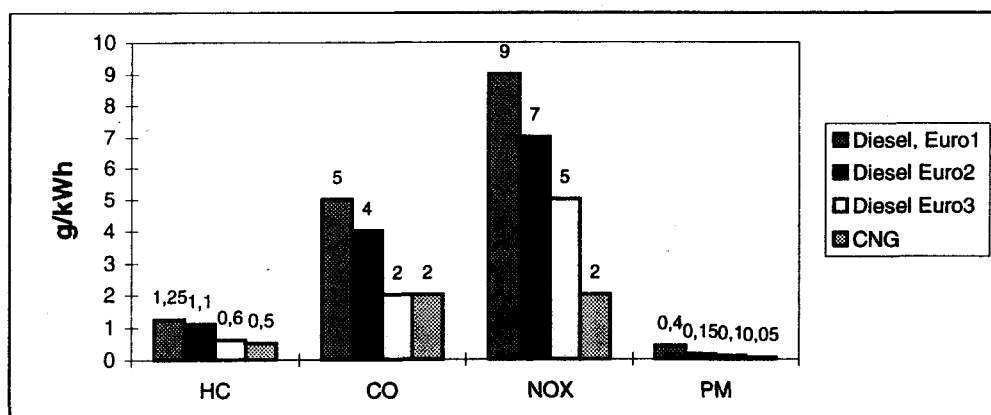


Abb. 18: Schadstoffemissionen des Erdgasmotors E 2866 DUH im 13 Stufen-Zyklus (STADTWERKE AUGSBURG, LEOBERSDORFER MASCHINENFABRIK AG 1995)

Auch im Nutzfahrzeugbereich können mit Erdgas betriebene Fahrzeuge selbst den zur Zeit strengsten gültigen Abgasvorschriften (EURO II) entsprechen. Die hier präsentierten EURO III Werte sind ein Diskussionsvorschlag des Umweltbundesamtes Berlin.

Trotz einer Nicht-Differenzierung zwischen Methen und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen liegen auch die HC-Emissionen noch deutlich unter den Grenzwerten.

Ein in letzter Zeit wesentliches Kriterium der Umweltverträglichkeit ist der Beitrag zum Treibhauseffekt. Besonders die verbrauchsbedingten CO₂-Emissionen stehen dabei immer öfter im Blickpunkt des allgemeinen Interesses. Darum sollte bei Emissionsbetrachtungen ein Vergleich der einzelnen Treibstoffe in Bezug auf ihren Einfluß auf den Treibhauseffekt nicht fehlen. In folgender Grafik wird der relative Energieverbrauch und der relative Einfluß auf den Treibhauseffekt verschiedener Treibstoffe von Bussen miteinander verglichen.

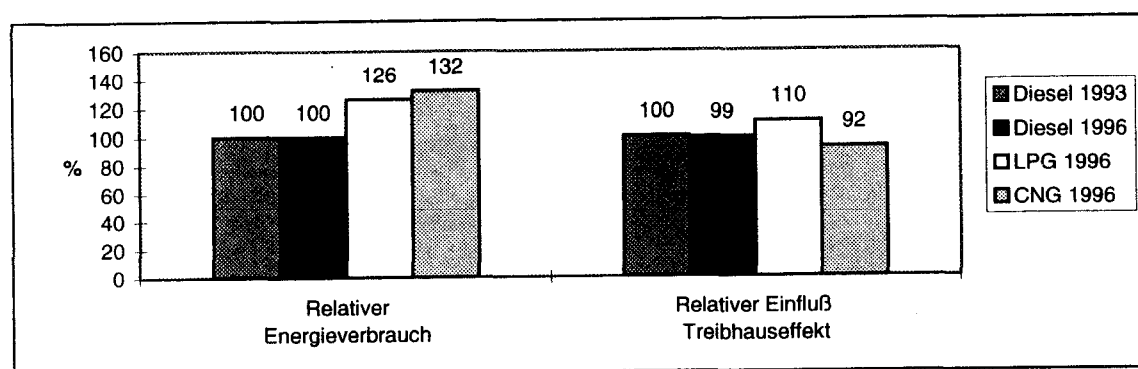


Abb. 19: Energieverbrauch und Treibhauspotential von Erdgasfahrzeugen (HASPEL ET AL. 1993)

Der relative Energieverbrauch bei Erdgasbussen ist etwa um 30 % höher als verglichen mit Dieselmotoren, jedoch wegen der anderen chemischen Zusammensetzung der Abgase (weniger CO₂ mehr Methan) ist der Gesamteinfluß auf den Treibhauseffekt um 8 % geringer. (HASPEL 1993)

Ein weiterer Vorteil des Erdgasmotors gegenüber dem Dieselmotor auf der Emissionsseite ist seine weichere Verbrennung, da es langsamer verbrennt und einen flacheren Druckanstieg mit sich bringt. Dadurch wird die Geräuschemission deutlich herabgesetzt, was sowohl dem Benutzer als auch der Umwelt zugute kommt. Das Motorgeräusch kann bis zu 14 dB (A) reduziert werden. Dabei sollte bedacht werden, daß eine Reduktion um 10 dB (A) als eine Halbierung der Lautstärke empfunden wird. So gesehen wäre der Erdgasbetrieb besonders in dicht besiedelten Wohngebieten oder Kur- und Erholungsorte ein wesentlicher Schritt zur Verminderung von verkehrsbedingtem Lärm. (GABERSCIK 1994)

Bei der Betankung von diesel- oder benzinbetriebenen Fahrzeugen verdampfen jährlich ungeheure Mengen an flüchtigen Schadstoffen und tragen zusätzlich zur Luftverschmutzung bei. Bei Erdgasfahrzeugen können beim Betankungsvorgang keine Schadstoffe verdampfen, da zwischen Tankstutzen und Tank eine fixe, anschraubbare Verbindung (Schnellkupplung) bestehen muß, um das unter 200 bar stehende Erdgas sicher in den Tank zu befördern. Bei einer Gesamtemissionsbilanz für Erdgas, welche zur Zeit leider noch nicht verfügbar ist, sollten all diese Punkte Berücksichtigung finden, um einen besseren Überblick über eventuelle Vor- und Nachteile zu erhalten.

4.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Abschätzung der einzelnen Kostenanteile beim Einsatz von Erdgas als Alternativkraftstoff zu Diesel und Benzin ist aus heutiger Sicht aufgrund der vielfältigen Randbedingungen der einzelnen Einsatzsparten äußerst vielschichtig und dementsprechend komplex.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Erdgasfahrzeugen sind prinzipiell zwei unterschiedliche Kostengruppen zu unterscheiden:

- Betriebskosten
- Investitionskosten

Bei den Betriebskosten stehen die Kraftstoffkosten im Vordergrund. Erdgas ist nach heutigem Stand der Dinge in Österreich zwar von der Mineralölsteuer befreit, jedoch mit der Erdgasabgabe belastet. Dennoch wird der geplante Erdgasabgabepreis an den Tankstellen unterhalb des Benzin- und Dieselpreises zu liegen kommen, wobei auch die Wärmeäquivalente zu berücksichtigen sind. (OMV, OÖ. FERNGASGESELLSCHAFT, AUSTRIA FERNGAS)

Zusätzlich zu den reinen Kraftstoffkosten müssen ebenfalls die Fahrzeugkosten (Investitionskosten) betrachtet werden. Dabei ist es vorteilhaft zwischen Bussen und PKW bzw. Kleintransportern zu differenzieren.

Bei Bussen muß mit einem Mehrpreis von 10 bis 20 % gerechnet werden. So hat zum Beispiel die Umrüstung des in Wiener Neustadt eingesetzten Busses (umgebauter VW-Bus) auf Erdgas etwa 60.000 ATS gekostet (Anm. Anschaffungspreis 1,5 Mio. ATS). (WIENER NEUSTÄDTER VERKEHRSBETRIEBE 1996)

Bei PKW und Kleintransporter beläuft sich der Mehrpreis für die Umrüstung eines benzinbetriebenen Fahrzeuges auf Gasantrieb je nach Umbausatz und Firma zwischen 20.000 ATS (Selbsteinbau) und 60.000 ATS (inklusive Einbau). (HUEMER 1992)

Bei den jetzt neu auf dem Markt gekommenen PKW-Erdgasfahrzeugen, welche direkt vom Werk vertrieben werden (BMW, Mercedes), liegt der Mehrpreis um die 15 % höher als der Kaufpreises eines vergleichbaren Benzinmodells. (BMW ÖSTERREICH 1996)

Bei den Investitionskosten müssen vor allem für Flottenbetreiber und dem öffentlichen Nahverkehr die Kosten für die Installierung einer dementsprechenden Infrastruktur miteingerechnet werden. Diese umfassen im wesentlichen Tankstellen, Werkstätten und Schulung des technischen Personals. Alle diese drei Kostenfaktoren sind von den betriebsspezifischen Randbedingungen abhängig und daher nicht allgemein kalkulierbar.

Bei der OÖ.Ferngas, welche seit 1991 Erdgasfahrzeuge mit dazugehöriger Infrastruktur besitzt, ist das Kriterium der Wirtschaftlichkeit gegeben. Als Hauptursache wird der deutliche Preisunterschied zwischen Erdgas und Benzin angeführt, der letztendlich maßgebend ist. (HUEMER 1992)

4.6 REGULATIVE

Erdgasautos sind im Österreichischen Kraftfahrzeuggesetz (KFG 1967) nicht extra erwähnt. Es werden daher CNG-Autos in Anlehnung an mit Flüssiggas (LPG) betriebenen Fahrzeuge behandelt.

Jede Motorveränderung, wie beispielsweise die Umrüstung auf CNG-Betrieb bedarf einer Einzelgenehmigung mit Feststellung der Abgaswerte bzw. einer Typisierung, wenn mehrere Autos gleicher Type und mit gleichen Umrüstfabrikaten eingesetzt werden.

Für deren Erteilung sind folgende Voraussetzungen erforderlich:

- Der Beweis, daß das Fahrzeug den geltenden Abgasbestimmungen entspricht
- Ein Gutachten eines Ziviltechnikers bzgl. der Abgasanlage
- Beschreibung der Anlage
- Druckbehälterbescheinigung
- Wiegekarte
- Ein Foto des Fahrzeuges von links vorne

Der ordnungsgemäße Einbau der CNG-Anlage ist durch einen Sachverständigen oder den TÜV abzunehmen. (GABERSCIK 1994)

Von zentraler Bedeutung für den Betrieb von Erdgasfahrzeugen ist hierbei die Steuerfrage. In der EU ist es den einzelnen Staaten unbenommen, mit einer Art Ausnahmegenehmigung nach Art. 8 Abs.4 der Richtlinie 92/81 EWG eine Steuer auf Erdgas festzusetzen oder dieses von der Besteuerung auszunehmen. In Österreich muß bei der Verwendung von Erdgas als Treibstoff seit 1. Juni 1996 eine Erdgasabgabe von 60 Groschen pro Normkubikmeter entrichtet werden. (BGBl.61 Strukturanpassungsgesetz Art. 1)

4.7 CNG-FAHRZEUGE IN ÖSTERREICH

In Österreich sind mit Stand September 1996 16 PKW und Transporter, ausschließlich bei den Energieversorgungsunternehmen (OMV, Landesferngasgesellschaften), und ein Bus bei den Wiener Neustädter Verkehrsbetriebe mit Erdgasantrieb im Einsatz. Bei den PKW und dem Bus der Wiener Neustädter Verkehrsbetrieben handelt es sich um nachträglich umgerüstete Fahrzeuge, ausgenommen ein von der oberösterreichischen Landesferngasgesellschaft betriebener BMW 518 touring, der vom Werk schon für den Gasbetrieb ausgelegt worden ist. Es gibt daneben noch Hubstapler, welche ebenfalls mit Erdgas betrieben werden.

4.7.1 Hersteller

Grundsätzlich muß unterschieden werden zwischen original vom Werk ausgelegten Erdgasfahrzeugen und nachträglich umgebauten Fahrzeugen.

4.7.1.1 Nachträglich umgebaute Erdgasfahrzeuge

Zahlreiche deutsche, holländische und italienische Firmen bieten Umbaubausätze für den bivalenten Erdgasantrieb an. Dabei werden die Wagen direkt vom Werk an die Umbaufirmen, welche in intensivem Kontakt mit den Herstellerfirmen stehen, geschickt und umgebaut oder der Umbau erfolgt in einer Vertragswerkstätte.

Das Energieversorgungsunternehmen EVN hat, um die Umrüstung von Kraftfahrzeugen auf Erdgasbetrieb nicht mehr bei der Umrüstefirma durchführen zu müssen, die Berechtigung jener Firmen zum Einbau von den Umbausätzen erworben.

4.7.1.2 Originalerdgasfahrzeuge

Namhafte Hersteller wie BMW, Mercedes, Iveco, ÖAF Gräf & Stift, MAN und Neoplan bieten schon Erdgasfahrzeuge in ihrer Produktpalette an.

BMW hat aber bislang als erster Großserienhersteller in Österreich gewagt, die noch kleine Marktnische für Erdgas-PKW zu besetzen. Mit einem Preisaufschlag von etwa 60.000 ATS verglichen zum gleich ausgestatteten Bezinmodell werden der BMW 316 compact und der 518 touring mit bivalenten Antriebssystemen angeboten. Bei diesen Erdgasfahrzeugen sorgt der Hersteller bzw. der Importeur um die Typisierung bzw. Einzelgenehmigung. (BMW Österreich 1996)

4.7.2 Service & Wartung

Von den Motorkomponenten bzw. Technik ist jede Automobilwerkstätte befähigt ein Erdgasauto zu reparieren. Lediglich für die Druckgasanlage muß zuvor ein Teil des Personals spezielle Kurse des Herstellers besuchen. Derartige Reparaturen müssen auch in das Kontrollbuch des jeweiligen Autos eingetragen werden. (GABERSCIK 1994)

4.7.3 Tankstellennetz

Für die Betreiber großer Fahrzeugflotten bedeutet eine benutzerfreundliche Betankungsinfrastruktur in der Regel eine Tankstelle auf dem eigenen Betriebsgelände, sei es im Eigentum des Kunden oder im Eigentum des Energieversorgungsunternehmens (Gasversorger). Davon unabhängig ist jedoch in Zusammenarbeit mit der Mineralölwirtschaft eine Kooperation anzustreben, damit anfangs die Betreiber nur einiger weniger Fahrzeuge angemessen, d.h. in der gewohnten Weise, nicht nur mit Kraftstoff, sondern auch mit dem gesamten Dienstleistungspaket einer modernen Tankstelle versorgt werden können. Erfahrungen mit rund 270 öffentlichen Erdgastankstellen in Italien zeigen, daß zum wirtschaftlichen Betrieb ein durchschnittlicher Kundenstock von ca. 600 Erdgasfahrzeugen erforderlich ist. (Anm.: in Österreich gibt es derzeit 16 Erdgasfahrzeuge) (ERDGAS MOBIL REPORT 1997)

Für den Tankvorgang an sich gibt es zwei Möglichkeiten. Beide greifen auf das vorhandene Gasversorgungssystem zurück und sind vom Prinzip ähnlich.

Quick fill - Schnellbetankung

Bei diesem Verfahren wird das Erdgas von einem Verdichter in einem Zwischenspeicher gefördert, der als Kaskade geschaltet ist. Die Kaskadenschaltung ist notwendig, um den vollen Enddruck permanent gewährleisten zu können. Dort verbleibt das Gas bis zum Betankungsvorgang. Die Größe dieses Zwischenspeichers ist maßgebend für die Betankungskapazität dieses Tankstellentyps. Im allgemeinen können etwa 500 Normkubikmeter (Nm³) komprimiertes Erdgas gespeichert werden, was z.B. bei den Wiener Neustädter Verkehrsbetriebe für 3 Erdgasbusse bei einer täglichen Betankung reichen würde. Zusätzlich kann dieser Erdgaszwischenpeicher für noch größere Mengen erweitert werden. Dieser Tankstellentyp ist für eine größere Verbreitung von Erdgasfahrzeugen unbedingt erforderlich, insbesondere wenn Erdgaszapfsäulen in öffentliche Tankstellen integriert werden sollen. Die

durchschnittliche Betankungszeit bei diesem Verfahren liegt für PKW und Klein-LKW bei 1-2 min. und bei Bussen und LKW bei ca.5 min.



Abb. 20: Quick fill Erdgastankstelle

Slow fill - Langsambetankung

Bei diesen Verfahren verdichtet ein Kompressor das unter niedrigen Druck stehende Gas auf die notwendigen 200 bar, welches direkt ohne Zwischenspeicher in den Tank gelangt. Dieser Tankstellentyp eignet sich vor allem für Flotten, die pro Tag mit einer Tankfüllung auskommen und somit über die Nacht wieder aufgetankt werden können. Da der Betankungsvorgang jederzeit unterbrochen werden kann, können auch tagsüber Stillstandspausen beim Fahrzeug zum Auftanken verwendet werden. Die Betankungszeit liegt bei 4 bis 8 Stunden.

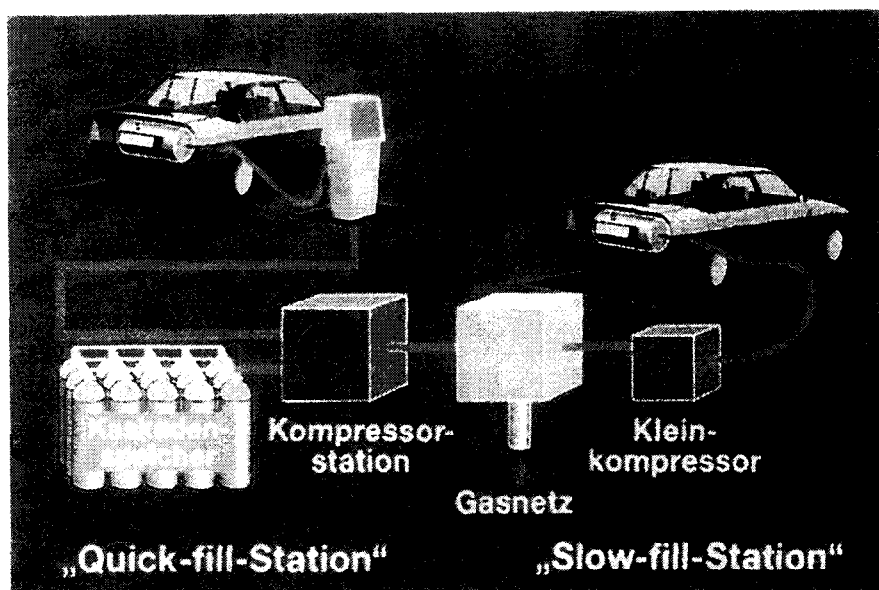


Abb. 21: Vergleich von quick und slow fill Erdgastankstellen (TÜV BAYERN/SACHSEN, ERDGASFAHRZEUGE1995)

In Österreich gibt es mit Stand September 1996 18 Erdgastankstellen, wobei diese sich im Regelfall auf dem Grund der Energieversorgungsunternehmen befinden und somit nicht allgemein öffentlich zugänglich sind. Da die Markteinführung für Erdgasfahrzeuge in erster Linie auf Flotten abzielt, welche mit einer eigenen Tankstelle am Betriebsgelände versehen sind, sollten diese Tankstellen zumindest in der Anfangsphase öffentlich zugänglich gemacht werden.

Tab. 13: Derzeitiger Bestand an CNG-Tankstellen in Österreich (HUEMER 1992)

Betreiber	Großtankstelle*	Fuel maker (= slow fill)	Kleintankstelle mit Schnellbetankung
OÖF		4	2
EVN	1	5	
STFG		2	1
OMV		1	
SAFE		1	
VB Wr. Neustadt	1		

* LMF-Tankstelle (Leobersdorfer Maschinenfabrik)

Als Standort der ersten öffentlichen zugänglichen CNG-Tankstelle wurde in Kooperation mit der steirischen Ferngas (STFG) und den Grazer Stadtwerken eine OMV Tankstelle in Graz festgelegt, welche neben den bekannten Kraftstoffen und Serviceleistungen auch CNG anbieten wird. Die Inbetriebnahme ist für Mitte 1997 geplant. Weiters sollen in den nächsten 2 Jahren drei bis fünf Tankstellen in Ballungszentren (Linz, Wien) mit CNG-Zapfsäulen ausgestattet werden. (OMV MIX 1996)

4.8 FAHRCHARAKTERISTIK

Wegen des geringeren Gemischheizwertes von Erdgas ist ein Leistungsunterschied zwischen Diesel und CNG vorhanden. Im direkten Vergleich liegen die Leistungseinbußen bei Erdgasautos in der Größenordnung von etwa zehn Prozent. Dies hat jedoch nur bei ohnehin schwach motorisierten Fahrzeugen Einfluß auf die Geschwindigkeit. Im allgemeinen wird ein Fahrer kaum den Unterschied merken, ob der Wagen mit Erdgas oder mit Benzin oder Diesel betrieben wird (GABERSCIK 1994).

4.8.1 Reichweite

Mit den in Personenautos eingebauten üblichen 80 Liter-Gasflaschen beträgt die Reichweite rund 200 bis 250 Kilometer. In der nachfolgenden Tabelle werden die Reichweiten einiger CNG-Fahrzeuge und deren Kraftstoffspeichervolumen angegeben.

Tab. 14: Reichweiten verschiedener CNG-Fahrzeuge (GABERSCIK 1994)

Fahrzeug	Hubvolumen [cm ³]	Speichervolumen [l]	Reichweite [km]
VW Golf	1800	80	200-260
Daihatsu Cuore	850	18	80-120
Ford Fiesta	1100	60	150
Ford Escort	1300	120	300
Ford Transit	1600	240	500
Renault Express		60	180-200
VW Golf	1600	80	250
BMW 316 compact	1600	80	200-250
BMW 518 touring	1800	80	200-250

Man erkennt, daß moderne Diesel- und Benzinfahrzeuge größere Reichweiten erzielen und dabei auch noch mehr Transportvolumen, bedingt durch den kleineren Tank, anbieten können. Der Grund hierfür liegt in den um einen Faktor 1.000 höheren volumetrischen Heizwert des Dieselmotorkraftstoffes gegenüber Erdgas. Die Gaskompression auf 200 bar hilft zwar diesen Nachteil zu verkleinern, kann ihn aber nicht vollständig beseitigen.

Bei Bussen versucht man durch relativ voluminöse Hochdruckbehälter, welche auf dem Dach der Niederflurbusse platziert sind, diesen Speichernachteil zu kompensieren. Doch im praktischen Linienbetrieb haben sich Reichweiten von etwa 300 Kilometer als vollkommen ausreichend erwiesen und bestätigen, daß der Erdgasbetrieb im öffentlichen Nahverkehr eine wirkliche Alternative zum Dieselmotortrieb darstellt.

4.8.2 Verbrauch

Durch das Mehrgewicht der Erdgastanks und wegen des geringeren Wirkungsgrades entsteht ein Mehrverbrauch von ca. 20 % gegenüber dem Diesel (GABERSCIK 1994).

4.8.3 Sicherheit

Der Punkt Fahrsicherheit ist wie schon beim Flüssiggasantrieb ein entscheidendes Kriterium für die Marktakzeptanz dieser Technologie. Zwar muß für den sicheren Umgang mit Erdgas ein Mindestmaß an Bestimmungen eingehalten werden, welche auch beim reinen Benzin- oder Dieselmotortrieb beachtet werden sollten.

Der Grund, warum Techniker und Behörden umfangreiche Kataloge mit Sicherheitsanforderungen für Erdgasautos entwickelt haben, liegt im hohen Druck von 200 bar unter dem das Erdgas im Tank steht.

In jenen technischen Richtlinien wird besonderer Wert auf Sicherheitsaspekte gelegt, so zum Beispiel, daß das Gas im Schadensfall nicht in den Fahrgastraum gelangen darf oder eine sichere Verankerung der Gasbehälter. Darüber hinaus ist genau formuliert, welche Sicherheitseinrichtungen im Brandfall vorzusehen sind, damit der Behälter nicht nach einer Drucksteigerung im Feuer bersten kann. (Merkblatt 757 des Verbands der Technischen Überwachungsvereine VdTÜV)

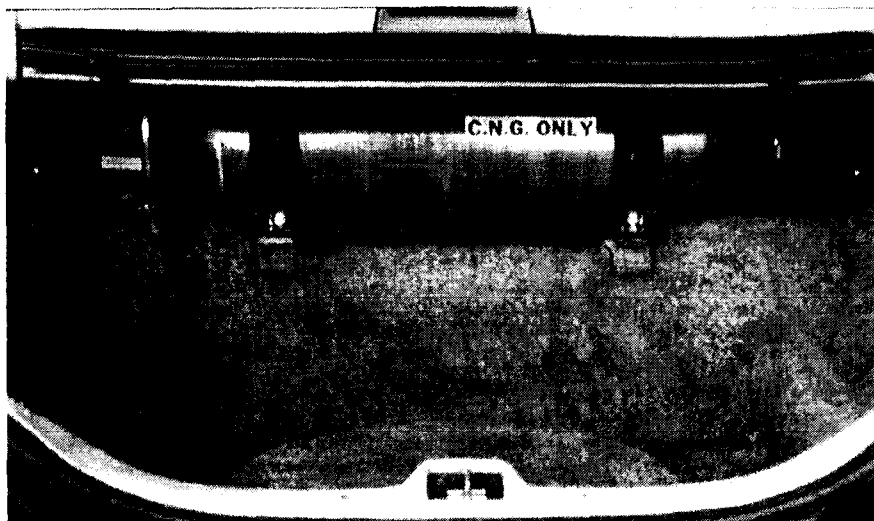


Abb. 22: Erdgastank, CNG

4.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN

4.9.1 Oberösterreichische Ferngas

Die Oberösterreichische Ferngasgesellschaft hat 1991 das erste in Österreich zugelassene Erdgasfahrzeug mit Katalysator in Betrieb genommen. Es handelte sich dabei um einen Opel Kadett, der mit einem holländischen Umrüstsatz ausgestattet wurde. Weiters wurden 1991 ein erdgasbetriebener VW Passat sowie 1992 ein fabriksneuer Opel Astra, ebenfalls auf Erdgasbetrieb umgerüstet, eingesetzt.

Diese drei Fahrzeuge, welche bis zu 130.000 km mit dem Kraftstoff Erdgas zurückgelegt haben, wurden zwischenzeitlich durch neue Fahrzeuge - ausgerüstet mit verbesserter CNG-Technologie- ersetzt. Derzeit setzt sich der Fuhrpark der OÖ. Ferngas aus 5 Erdgasfahrzeugen zusammen, darunter befindet sich auch der erste serienmäßige nach Österreich gelieferte CNG-BMW. Weiters sind dies zwei Opel Astra, ein VW-T4 und ein VW Golf Variant.

Der VW Passat, welcher vorwiegend auf Stadtstrecken eingesetzt worden ist, hatte einen durchschnittlichen Gasverbrauch von 9,3 m³/100 km. In der Vergleichsperiode ein Jahr davor im Benzinbetrieb sind durchschnittlich 9,5 l Benzin pro 100 km verbraucht worden. Eine Kontrollmessung der Motorleistung ergab, daß beim CNG-Betrieb diese um ca. 15 % niedriger liegt als jene beim Benzinbetrieb.

Der Opel Kadett und der VW Passat wurden an der TU Graz nach einer kurzen Einsatzzeit einer Abgasmessung nach den österreichischen Vorschriften (1992 noch nach dem US-Fahrzyklus FTP, seit dem EU-Beitritt nach den europäischen Prüfzyklen) unterzogen. In folgender Grafik werden die Ergebnisse mit den damalig gültigen Abgasgrenzwerten verglichen.

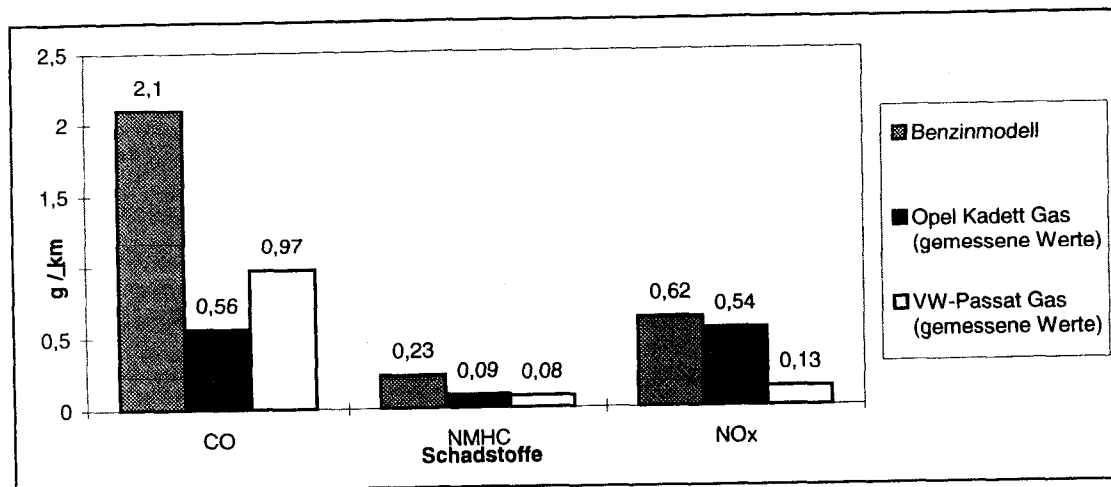


Abb 23: Abgaswerte von Erdgasfahrzeugen (HUEMER 1992)

Das Ergebnis dieser Abgasmessung war für beide CNG-Autos etwa gleich, wobei bei CO und NO_x günstigere Werte als bei Benzinbetrieb erzielt worden sind, jedoch bei den Kohlenwasserstoffen (HC), welche nicht in dieser Grafik abgebildet sind, der Ausstoß beträchtlich höher war. Besonders bei jeder Veränderung des Lastwechsels während des Fahrzyklus stieg der HC-Wert stark an und stellte sich erst bei Erreichen von stationären Verhältnissen auf einen günstigeren Wert ein.

Der Grund für die erhöhten HC-Werte liegt im unverbrannten Erdgas (Methan). Methan ist ein Treibhausgas, trägt aber nicht unmittelbar zur bodennahen Ozonproblematik bei, so daß in den USA zwischen Methan und Nicht-Methan Kohlenwasserstoffen in der Abgasgesetzgebung differenziert wird. In der Grafik sind demzufolge nur die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffwerte angeführt.

Vom wirtschaftlichen Standpunkt betrachtet können die von der OÖ. Ferngas eingesetzten Erdgasfahrzeuge wegen des sehr günstigen Gaspreises als zufriedenstellend angesehen werden.

4.9.2 VW-Bus, Energieversorgung Niederösterreich (EVN)

Die EVN hat schon seit Anfang der neunziger Jahre Erdgasfahrzeuge zu Probezwecken angekauft und getestet. In ihrem Fuhrpark finden sich heute 6 Erdgasfahrzeuge, ausschließlich umgebaute VW Busse und Transporter.

Mit diesen Fahrzeugen wurden je nach Fahrzyklus Reichweiten von 200 bis 245 Kilometer erzielt. Die Verbräuche lagen dabei von 10,6 bis 13 m³ Gas pro 100 Kilometer. Bei Benzinbetrieb lagen sie im Vergleich dazu zwischen 13 und 16 Liter auf 100 Kilometer. Da der Heizwert von einem Kubikmeter Gas etwa gleich dem eines Liters Benzin ist, ergibt sich somit ein günstigerer Verbrauch bei Erdgasantrieb.

Dies ist zurückzuführen, daß der Brennstoff gasförmig zugeführt wird, und somit ein sehr homogenes Gemisch vorliegt, welches nach erfolgter Zündung zu einer gleichmäßigeren Ausbreitung der Flammenfront als beim Benzinbetrieb führt.

Die Emissionswerte wurden von der niederländischen ECE-Prüfstelle TNO an einem der VW-Busse, welcher auf Erdgasbetrieb umgerüstet und mit zusätzlichen 3-Weg-Katalysator ausgestattet worden war, durchgeführt. Als Fahrzyklus wurden sowohl für den Erdgasantrieb als auch den Benzinantrieb der US-FTP 75 Fahrzyklus gewählt.

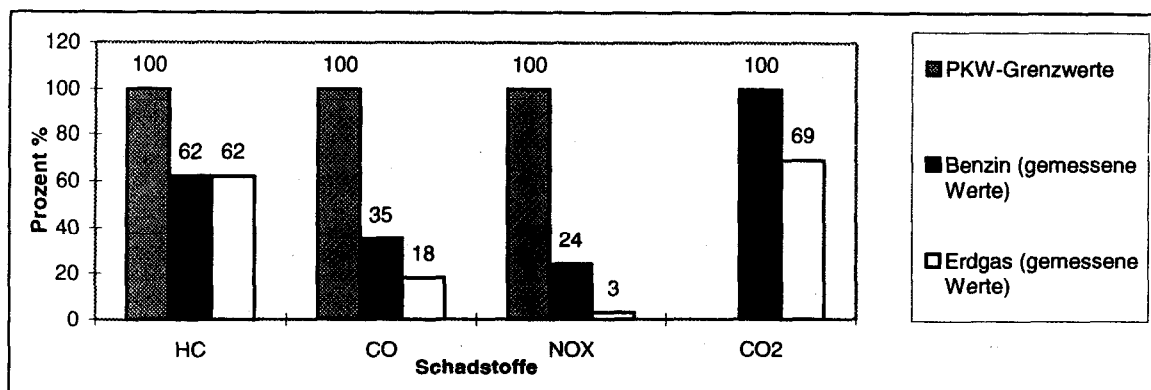


Abb. 24: Abgasemissionen VW-Erdgasbus (PETER 1993)

Die Emissionen von Kohlenwasserstoffen (HC) sind in diesem Fall gleich groß wie beim Benzinbetrieb. Die Emission von Kohlenmonooxid (CO) liegt beim Erdgasbetrieb um 50 % unter dem Wert bei Benzinbetrieb, die Emission von Stickoxid (NOx) um 85 % unter dem Benzinwert.

Für Kohlendioxid (CO₂) gibt es derzeit noch kein gesetzlich vorgeschriebenes Limit, der Emissionswert liegt bei Erdgasantrieb jedoch um 31% unter dem für Benzin. Dabei ist sich zu vergegenwärtigen, daß hier mit einem Ottomotor verglichen wurde, welcher gegenüber dem Dieselmotor einen klar schlechteren Wirkungsgrad besitzt. Besonders im Nutzfahrzeugbereich ist demzufolge der Dieselmotor der Vergleichsmaßstab (siehe Kapitel Emissionen).

4.10 KONTAKTADRESSEN

Austria Ferngas, Dr. Voykowitsch, Schuberting 14, 1010-Wien,

Tel: 0222/513 15 85 / 23

OÖ. Ferngasgesellschaft, DI. Huemer, Postfach 1, 4030-Linz,

Tel. 0732 / 3883 / 373

Leobersdorfer Maschinenfabrik, DI. Tschinkel, Südbahnstrasse 28, Postfach 37, 2544 Leobersdorf, Tel.: 02256 / 2150

EVN, DI. Peter, Johann Steinböckstr.1, 2344 Maria Enzersdorf

Tel.: 02236 / 200 / 2451

Fachhochschule Technikum Joanneum, Dr. Gaberscik, Babenbergerstrasse 10, Tel.:
0316 /964715/10 FAX.: 0316 / 964715/15

5 BIODIESEL

5.1 EINLEITUNG

Die Idee pflanzliche Öle für den Betrieb von Motoren zu verwenden ist nicht neu. Es werden bereits Rudolf Diesel Aussagen zugeschrieben, die von der Verwendungsmöglichkeit pflanzlicher Kraftstoffe sprechen. Bereits in den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts beschäftigte man sich mit der Nutzung von Ölsaaten für die motorische Verbrennung. So handelt eine Dissertation aus dem Jahr 1936 der Technischen Hochschule Breslau von der „Verwendung von kolonialen Pflanzenölen als Kraftstoffe für schnelllaufende Dieselmotoren“. Später wurde während des 2. Weltkrieges wegen Rohstoffmangels Treibstoff aus Rapsöl produziert.

Als Ende der 80-iger Jahre der Getreideweltmarktpreis ins Bodenlose fiel, zahlte die Europäische Gemeinschaft sogenannte Stilllegungsprämien für Brachland. Diese Prämien wurden auch beim Anbau von Ölsaaten für industrielle Zwecke ausbezahlt, so daß es für die europäischen Bauern ein durchaus lukratives Geschäft war Raps anzubauen. Heute ist ein Großteil des Prozentsatzes der Stilllegungsflächen gestrichen worden, wodurch der Anbau von Raps oder anderen Ölsaaten zum Zweck der energetischen Nutzung nicht mehr sonderlich attraktiv ist. Diese Abhängigkeit von der Quote der Stilllegungsflächen gefährdet in zunehmenden Maße die Existenzfähigkeit der Biodieselindustrie.

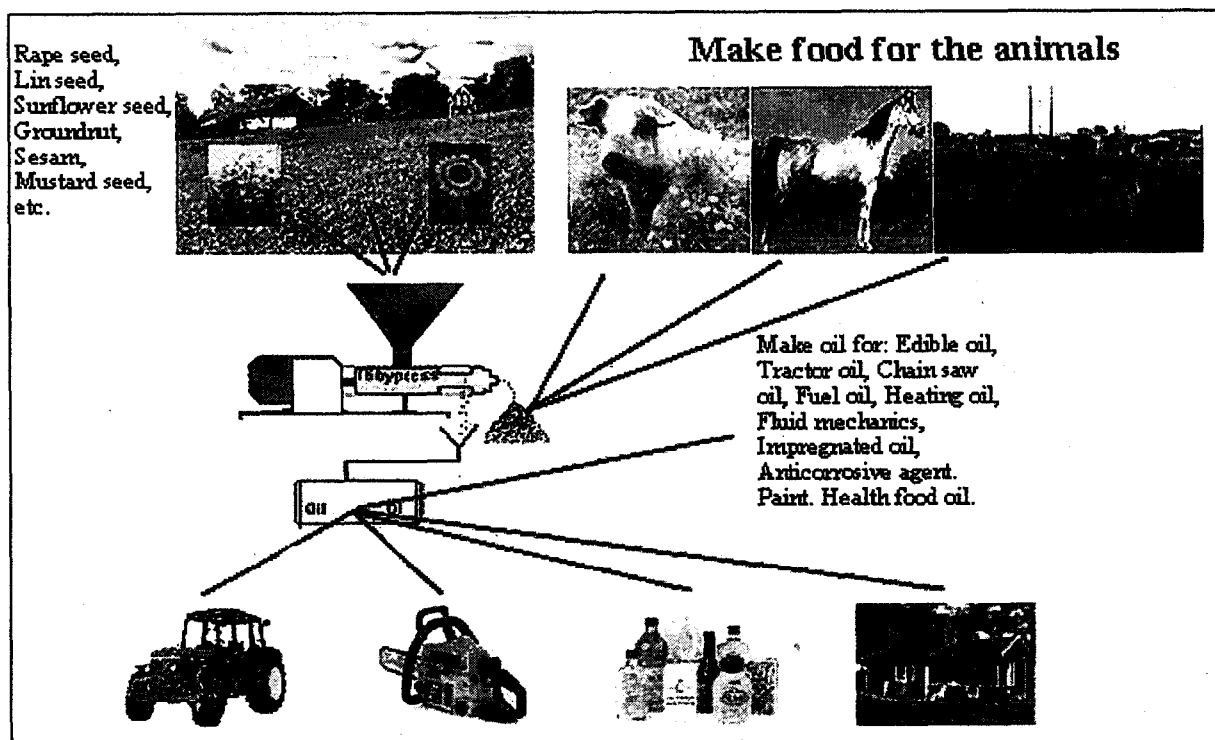


Abb. 25: Verwendungsmöglichkeiten von Ölsaaten (Quelle: Internet)

Darüber hinaus bietet die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen eine interessante Perspektive für die heimische Landwirtschaft. Als Alternative zu unproduktiven Flächenstilllegungen eröffnet der Anbau für den Non-Food-Sektor eine neue Absatzlinie für heimische Agrarprodukte.

Abschließend sei an dieser Stelle erwähnt, daß nicht eine totale Substitution des Dieselmotors das erklärte Ziel der Biodieselindustrie ist, sondern der Einsatz von Rapsmethylester in geeigneten Anwendungsbereichen, wie z.B. bei stationären Motoren in Wasserschutzgebieten, landwirtschaftlichen Fahrzeugen oder in ökologisch sensiblen Gebieten. (KÖRBITZ 1996)

5.2 TREIBSTOFF

Rapsmethylester (RME), auch als „Biodiesel“ bezeichnet, wird aus Rapsöl durch Umesterung gewonnen. Dabei wird im Rapsöl durch Reaktion mit Methanol (CH_3OH) in mehreren Schritten das Glycerin durch die Methyl (CH_3)- Gruppe ersetzt. Es entstehen so Fettsäuremethylester und als Nebenprodukt Glycerin. In seinen Eigenschaften nähert sich RME dem Dieselmotorkraftstoff an, so daß es zur Substitution von diesem geeignet ist.

Tab. 15: Anforderungen an Diesel und RME nach EN 590 und ÖNORM C1191

	Diesel	RME
Dichte bei 15°C (kg/m^3)	min. 820 max. 860	860-890
Viskosität (mm^2/s bei 40 °C)	min. 2,0 max. 4,50	3,5 - 5,0
Flammpunkt (°C)	min. 55	min.100
Zündwilligkeit (Cetanzahl)	min. 49	min. 49
Cold Filter Plugging Point CFPP (° C) Sommer/Winter	0/-10/-20	0/-15
Schwefelgehalt (Ma.-%)	max. 0,050	max. 0,02

Tab. 16: Ausgewählte Kenndaten von Diesel und RME nach Literaturangaben (Tschöke 1997,)

Heizwert (MJ/kg)	40...44 (43,1)	37,0...37,2 (37,1)
vol. Heizwert (MJ/l)	35,69...35,75	32,43...33,1
Mindestluftbedarf (kg Luft/ kg Kraftstoff)	14,5	12,5
Kohlenstoffgehalt (%)	86,1	75,8

Aus der oben befindlichen Tabelle erkennt man, daß bei der Kenngröße Heizwert RME einen deutlich ungünstigeren Wert als Dieselmotorkraftstoff hat. Dagegen ist der Mindestluftbedarf (wegen des im Kraftstoff gebundenen Sauerstoffs) geringer als bei Dieselmotorkraftstoff. Besonders günstig ist der niedrige Schwefelgehalt bei RME gegenüber Diesel. Doch muß erwähnt

werden, daß für Dieselkraftstoff ab Oktober 1996 EU-weit ein oberer Grenzwert für Schwefel von 500 ppm vorgeschrieben ist.

Ein wesentlicher Vorteil von RME liegt in seiner überaus schnellen biologischen Abbaubarkeit (RIBAROV 1993). Bei Versuchen, welche von der Bundesanstalt für Wassergüte für die chemische Industrie durchgeführt worden sind, wurde eine biologische Abbaubarkeit des Rapsmethylesters von 99,6 % in einem Zeitraum von 21 Tagen festgestellt. Im Vergleich dazu beträgt die biologische Abbaubarkeit von Dieselkraftstoff in der selben Zeitraum 72,0 %. Bei der Beurteilung dieses Ergebnisses ist die hohe physiko-chemische Elimination des Dieselkraftstoffes durch Verdunsten zu berücksichtigen. Der Analysenwert hat daher nur bedingte Aussagekraft.

Gemäß Auskunft der Bundeslehranstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstraße 120, 1220 Wien, besitzt RME in Österreich die Wassergefährdungsklasse 1. Die Wassergefährdungsklasse für mineralischen Diesel beträgt 2 (stark wassergefährdend).

Aus den oben angeführten chemischen Eigenschaften ergibt sich ein entsprechendes Produktprofil, welches zugleich die Einsatzmöglichkeiten von RME als Dieseleratzstoff vorgibt. Wesentlich und unbestritten ist, daß bei der Verbrennung von RME genau die Menge an CO_2 freigesetzt wird, welche die Rapspflanze zuvor von der Umgebungsluft aufgenommen und zum Aufbau der Biomasse (Pflanzenöl) benötigt hat (ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF OEFZS 1991).

Daneben ist die rasche biologische Abbaubarkeit wohl eine der herausragenden Eigenschaften von Rapsmethylester. So ist der Einsatz von RME-betriebenen Fahrzeugen in ökologisch sensiblen Gebieten, wie Wasserschutzgebieten oder Nationalparks, aber auch für Pistenraupen mit großen Vorteilen verbunden.

Von vielen Fahrzeugbetreibern wurde in der Vergangenheit die beschränkte Verwendbarkeit (engl. Operability) von RME bei tiefen Temperaturen als größtes Handicap von RME angesehen. Langzeitversuche wie der des Österreichischen Bundesheeres und die der Bundeslehranstalt für Landtechnik Wieselburg haben die Wintertauglichkeit des Biodiesels bewiesen.

Das Kälteverhalten eines Dieselkraftstoffes wird durch drei Kenngrößen und eben die sogenannte Operability charakterisiert.

Kenngrößen

Die Kenngrößen fließen im wesentlichen in der Normierung der Kraftstoffe ein und unterteilen sich in folgende Punkte:

- **CFPP** (Cold Filter Plugging Point)
- **Cloudpoint** = Trübungspunkt - erste meßbare Trübung in einem Trübungsmeßgerät
- **Pourpoint** = ist eine Art Festpunkt bei der der Treibstoff aus einem Glas bei leichtem Schwenken nicht mehr ausrinnt.

Durch entsprechendes Additivieren des Biodiesel können bessere Werte erreicht werden. Die folgende Tabelle zeigt die Werte der Kenngrößen für additvierten und unadditvierten

Biodiesel. Die chemischen Zusätze, um Biodiesel wintertauglich zu machen, sind ebenfalls in vergleichbarer Zeit wie unadditivierter Biodiesel abbaubar und verschlechtern die ökologischen Eigenschaften von RME nicht.

Tab. 17: Kenngrößen für additivierten und unadditivierten Biodiesel (RIBAROV 1993)

	CFPP (°C)	Cloudpoint (°C)	Pourpoint (°C)
unadditiviert	-3	-9	-9
additiviert	-10	-17	-36

Die oben angegebenen Werte stammen aus dem Jahr 1993 und sind teilweise heute schon überholt. So hat der von der Ölmühle GesmbH Bruck/Leitha produzierte Winterdiesel einen CFPP-Wert von minus 20°C. Dieser Erfolg steht nur exemplarisch für die zahlreichen Qualitätsverbesserungen, die im Laufe der letzten Jahre erzielt worden sind. (THEIL-GANGL 1997)

Fahrbarkeitsgrenze (Operability)

Diese wird mit einem Testfahrzeug in einer Kältekammer ermittelt. Hierbei wird im besonderen das Kaltstartverhalten untersucht. Ermittelt wird jene Temperatur, unterhalb der erhebliche Fahrprobleme auftreten. Die Operability ist somit die wesentliche Kenngröße für den Betrieb mit Biodiesel.

Im allgemeinen hängt die Fahrbarkeitsgrenze maßgeblich von der Motoranordnung, der Lage und der Art des Kraftstoffes ab.

Bei ungünstiger Lage - lange Zuleitung, kalteexponierter Filter - konnte eine Fahrbarkeitsgrenze für LKW von additivierten RME bis -15°C, von unadditivierten RME bis -10 °C erreicht werden.

Bei günstigerer Anordnung, wie bei neueren Modellen üblich, konnte eine Operability von bis zu -20° C gemessen werden (RIBAROV 1993).

Über die Ökologie von nachwachsenden Rohstoffen und hier im speziellen von Raps als Bioenergieträger gibt es schon unzählige Publikationen, welche auch dazu die unterschiedlichsten Meinungen widerspiegeln. Es soll hier eine repräsentative Auswahl der wichtigsten Publikationen angeführt werden.

STUDER, R. et al., (1991): Energie- und CO₂- Bilanzen über den Alternativ-Treibstoff Biodiesel. Landwirtschaft Schweiz 4, 12

FRIEDRICH, A. et al. (1993): Ökologische Bilanzierung von Rapsöl bzw. Rapsmethylester als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl). Umweltbundesamt Berlin;

KNOFLACHER, M. et al. (1991): Technologie der Gewinnung von Treibstoffen aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, Forschungsbericht OEFZS

ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF OEFZS (1991): Ökonomische und ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen, Forschungsbericht

Da schon im Kapitel „Grundsätzliches“ festgelegt wurde, nicht Bewertungen der einzelnen Kraftstoffe vorzunehmen, sondern bloß den Stand der Dinge in Österreich zu dokumentieren, wurde hier auf eine Energie- und Ökobilanzierung bewußt verzichtet.

5.2.1 Rohstoff

Zur Erzeugung von Biodiesel können grundsätzlich eine Vielzahl von Rohstoffen verwendet werden. Im wesentlichen ist die Produktion auf die Verfügbarkeit des Rohstoffes angewiesen, so wird zum Beispiel in Österreich zum Großteil Raps verwendet. Raps, welcher zur Familie der Brassicaceae (Kreuzblütler) zählt, ist unter den vorhandenen klimatischen wie auch standortspezifischen Gegebenheiten zur Biodieselproduktion Energieträger erste Wahl. Daneben können in unseren Breiten auch noch Soja, Mais, Hanf oder Sonnenblumen als Bioenergieträger genutzt werden. Ein zukünftiges, zur Zeit noch fast ungenütztes Rohstoffpotential, stellt Altspeisefett und Altspeiseöl dar. Zwar ist zur Zeit das Sammelsystem noch lückenhaft und viele private Haushalte entsorgen das gebrauchte Fett zum Leidwesen der Kläranlagenbetreiber noch immer durch den Abfluß, doch an flächendeckenden Sammel- und Nutzungssystemen wird bereits gearbeitet. In Österreich wird vorerst versucht im lokalen Rahmen das Potential dieses „Abfallproduktes“ sinnvoll zu nutzen. (TOTTER 1996)

Die Entwicklung der Biodieselproduktion hat in letzter Zeit starke Tendenzen zu einer Art „Rohstoffflexibilität“ gezeigt; d.h. die Biodieselproduktion soll und muß vollkommen flexibel auf den eingesetzten Rohstoff sein, so bedeutet dies im konkreten, daß je nach Verfügbarkeit, Preis und Menge, unterschiedliche Rohstoffe in ein und demselben Produktionsprozeß eingesetzt werden. Dabei ist zu gewährleisten, daß Ausbeute und Qualität des Produktes auf qualitativ hohem Niveau bleiben. Um dies technisch realisieren zu können wurden Verfahren (Junek - Mittelbach Verfahren) zur Produktion von Biodiesel von österreichischen Firmen in Zusammenarbeit mit Forschungsinstitutionen entwickelt. (KNOFLACHER ET AL. 1991,). Durch die Flexibilität des Rohstoff-Mixes ergeben sich auch enorme wirtschaftliche Vorteile, die natürlich auch dem Endverbraucher weitergegeben werden können.

5.2.2 Herstellung

Nach der Ernte wird Raps in der Rapsmühle nach modernsten Verfahren verarbeitet. Generell entsprechen die Verfahren zur Treibstoffherzeugung jener für die Verwendung von Lebensmitteln. In den großen Anlagen wird eine Kombination von Kaltpressung und anschließender Extraktion eingesetzt bei den Kleinanlagen erfolgt nur eine Kaltpressung mit anschließender Filterung. Es entsteht Rapsöl und als Beiprodukt Rapsschrot, welcher als eiweißreiches Tierfutter Verwendung findet.

Das Rapsöl aus der Ölmühle wird in einer Umesterungsanlage zu Rapsölsäuremethylester (RME) umgewandelt. Dabei wird Methanol eingesetzt, das heute noch aus Erdgas hergestellt wird. Hierdurch entsteht der mit Abstand größte Energieaufwand bei der Umesterung. In Zukunft kann Methanol auch aus Biomasse erzeugt werden; damit wird sich der Einsatz von Fossilenergie weiter reduzieren. Als Beiprodukt fällt im Umesterungsprozeß Glycerin in großen Mengen an, welches der Pharmaindustrie verkauft werden kann.

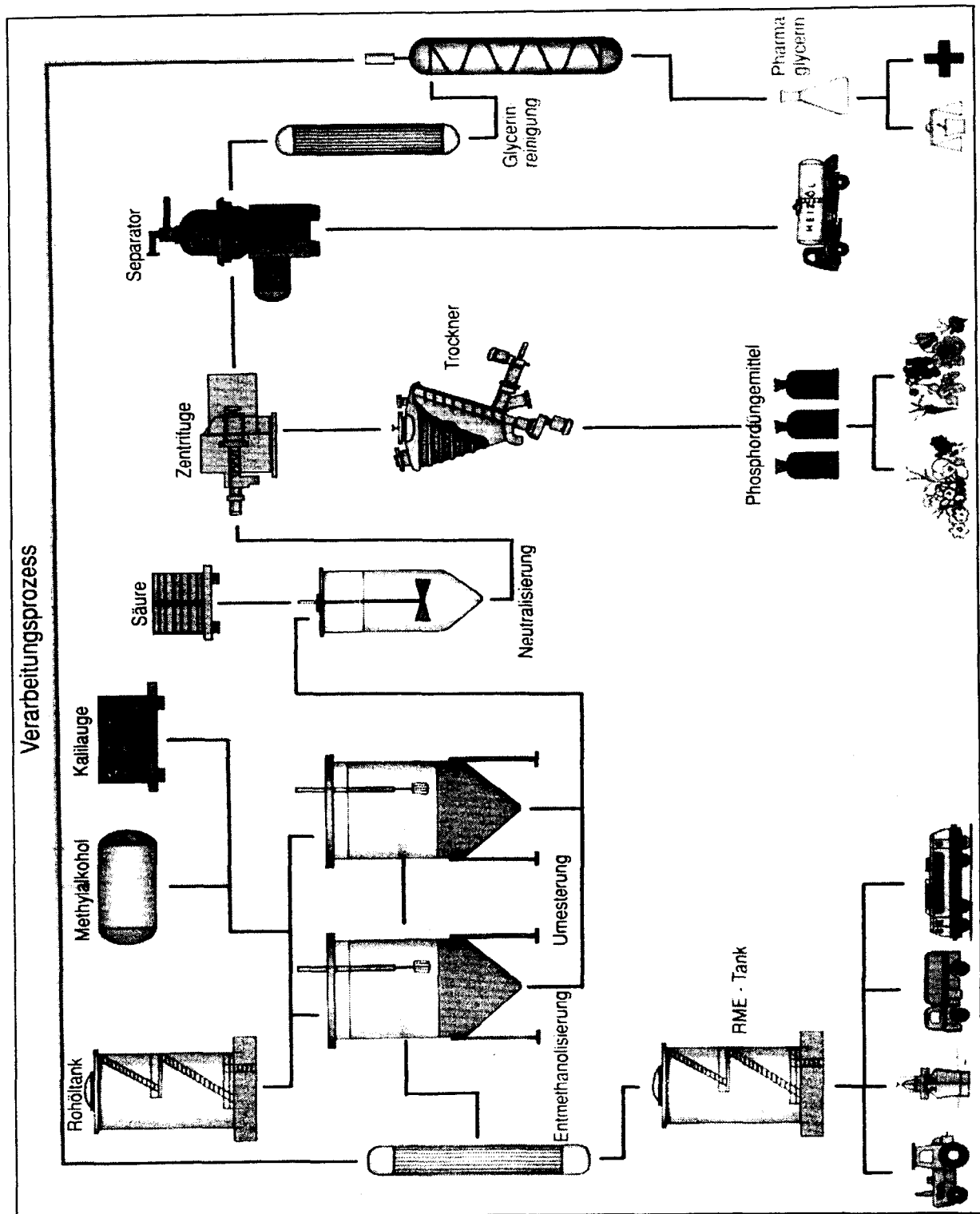


Abb. 26: RAPS-Verarbeitungsprozeß (RIBAROV 1993)

5.2.3 Versorgung

1991 wurde die erste Produktionsanlage für Biodiesel in Österreich in Aschach (OÖ) errichtet. Mittlerweile sind 1 industrielle Anlage (Bruck/Leitha) und 6 Anlagen in landwirtschaftlichen Genossenschaften in Betrieb. Die Kapazität für Produktion von Biodiesel beträgt zur Zeit etwa 33.000 t/a. Die Anlagentechnologie wird von mehreren österreichischen Firmen angeboten. Der Vertrieb von Biodiesel wird über ein Netz von etwa 40 Tankstellen bzw. genossenschaftlicher Lagerhäuser abgewickelt (siehe auch Kapitel Tankstellen, 5.3.7)

In der nachfolgenden Tabelle sind die Biodiesel-Produktionsmengen von 1994 und 1995 angeführt. Im wesentlichen wurde nur RME produziert. Die Produktion von Sonnenblumenmethylester betrug etwa 500 t. In geringen Mengen wurde Altspeiesöl und Altspeisefett (Altfettmethylester AME) zu Biodiesel verarbeitet.

Tab. 18: Biodiesel-Produktionsmengen (PRANKL ET AL. 1996)

	1994	1995
Industrielle Anlagen [t]	5800	12200
Bäuerliche Genossenschaften [t]	1900	3000
Gesamt [t]	7700	15200

Biodiesel bietet wegen seiner schweren Entflammbarkeit eine zusätzliche Sicherheit bei Lagerung und Transport. Außerdem können Tanks bis 1.000 l Fassungsvermögen ohne wasserrechtliche Genehmigung aufgestellt werden.

5.2.4 Preis

In der nachfolgenden Tabelle sind die Preise für die Ölsaaten angeführt. Bis 1994 wurde eine Flächenprämie und eine Produktprämie (etwa die Differenz zwischen Weltmarktpreis und Richtpreis) bezahlt. Im neuen Förderungsmodell mit dem EU-Beitritt Österreichs sind flächenbezogene Ausgleichszahlungen vorgesehen.

Tab. 19: Preise für Ölsaaten (PRANKL. ET AL. 1996)

	Richtpreis 1994 (inkl. Produktprämie)	1995 (Weltmarktpreis)
Raps [ATS / kg]	4,10	1,80
Sonnenblumen [ATS / kg]	4,00	2,00

Da Rapsöl ein Weltmarktprodukt ist, welches in Verbindungen mit anderen Anwendungen (z.B. Ernährung) und in Zusammenhang mit anderen pflanzlichen Ölen steht, kommt es immer wieder zu mehr oder weniger großen Preisschwankungen. In Europa hat sich bereits ein Markt für „Industrierapsöl“ entwickelt, der im wesentlichen vom Anteil der Stilllegungsflächen abhängt.

Im Jahr 1993 lag der Rapsölpreis erstmals über dem des Diesels, was besonders der Produktion in industriellen Anlagen stark zu schaffen machte (PRANKL ET AL. 1996).

Zur Zeit ist wegen fiskalischer Gründe der Biodieselpreis an den Preis des mineralischen Diesels gekoppelt. Mit Stand Jänner 1997 war Biodiesel an den Zapfsäulen um etwa 10 % billiger als mineralischer Diesel. (TANKSTELLE AUTOHANSA, WIEN 1997).

5.3 TECHNIK

5.3.1 Motor

Beim praktischen Einsatz von Biodiesel in serienmäßigen Motoren sind einige Hinweise zu beachten, die einen auf Dauer reibungslosen Betrieb garantieren sollen.

So sollten nach einigen Tankfüllungen Biodiesel, die nach dem Gebrauch von herkömmlichen Diesel getankt werden, der Kraftstofffilter ausgewechselt werden. Da sich Biodiesel wie ein Lösungsmittel verhält, können Dieselmotorkraftstoffrückstände zu Filterverstopfungen führen.

Aus dem selben Grund sollten auch die mit Biodiesel in Berührung gekommenen Lackflächen, wie auch bei herkömmlichem Diesel üblich, umgehend abgewischt werden.

Manche Gummi- oder Kunststoffmaterialien sind unter Umständen bei längerem Gebrauch nicht beständig gegenüber Biodiesel. Es kann daher vorkommen, daß z.B. Kraftstoffschläuche aufquellen. Abhilfe können hier Schläuche aus Fluorokautschuk schaffen, die bereits in einer Reihe von Fahrzeugen serienmäßig eingesetzt werden.

Eine regelmäßige Kontrolle des Kraftstoffsystems und gegebenenfalls das Auswechseln gegen beständiges Material können preiswert und schnell durchgeführt werden.

In seltenen Fällen kann es zu einer Verdünnung des Motoröls mit Kraftstoff kommen. Dies tritt in der Regel nur dann auf, wenn der Motor über längere Zeit mit schwacher Belastung gefahren wird. Ölwechselintervalle sollten daher nach Herstellerangaben eingehalten werden. Es empfiehlt sich auch der Einsatz von Motorölen, die vom Motorenerzeuger für den Biodieselbetrieb empfohlen werden (RIBAROV 1993).

5.4 EMISSIONEN

Wenn RME als Treibstoff verbrannt wird, werden wie bei jeder Verbrennung Schadstoffe in die Umgebung emittiert. Am auffälligsten ist der seltsame Geruch der Abgase, der eher an Großküche als an Autoabgase erinnert. Den Emissionswerten bei der Verbrennung kommt bei einer ganzheitlichen Betrachtung von RME eine wesentliche Rolle zu. Zu diesem Thema existieren eine Unzahl von bereits publizierten Arbeiten, wobei genau zu unterscheiden ist, unter welchen Rahmenbedingungen die Werte ermittelt worden sind. Wichtig ist die Fahrzeugart (PKW & Kombi, LKW, Sattelfahrzeuge, Traktoren, usw.), das Antriebskonzept, Diesel oder Ottomotor, verwendeter Katalysator und ob der Test am Rollenprüfstand oder im realen Betrieb durchgeführt worden ist. Des weiteren sollte beachtet werden nach welchem Testzyklus (gilt nur bei Rollenprüfstandtests) die Werte ermittelt worden sind, da es an deren Zahl viele gibt, die unterschiedliche Verkehrssituationen repräsentieren sollen.

Im folgenden werden Ergebnisse von Messungen an einem 4-Zylinder-Dieselmotor am Motorprüfstand (stationäre Bedingungen) durchgeführt von der BLT Wieselburg präsentiert.

(WÖRGETTER ET AL. 1991), (PRANKL ET AL. 1993), (PRANKL ET AL. 1992)

Es wurden 5 Kraftstoffe verwendet: Reiner Dieseldkraftstoff (DK) als Referenzkraftstoff, Rapsölmethylester (RME), zwei volumetrische Mischungen aus 10 % RME und 90 % DK sowie 90 % RME und 10 % DK und eine Mischung aus 90 % RME und 10% n-Butanol.

In verschiedenen Meßreihen (5-Punkte Test und 13 Punkte Test) wurde das Leistungsverhalten, die Rauchemissionen sowie die Emissionen von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide untersucht.

Bei der Abgastrübung und beim Rauchwert zeigten sich sinkende Werte bei steigendem Gehalt an RME. Insbesondere bei Vollast konnte eine positive Wirkung von 10 % RME in Dieseldkraftstoff ermittelt werden. Die Beimischung von Dieseldkraftstoff zu RME zeigt meist eine geringfügige Erhöhung, die Beimischung von n-Butanol zu RME bewirkte eine weitere Absenkung der Abgastrübung. Bei der Messung von Rauchwert und Abgastrübung zeigten sich ähnliche Ergebnisse.

Bei Vollast zeigte zunehmender RME-Gehalt im Kraftstoff deutlich abnehmende CO- und HC-Emissionen, aber zunehmende NO_x-Emissionen. Die Absenkung der CO-Werte war insbesondere im unteren Drehzahlbereich erkennbar. Die Absenkung der HC-Emissionen durch RME erhöhte sich mit zunehmender Drehzahl, so daß bei Nenndrehzahl mit einer Verbesserung von über 50 % gerechnet werden kann. Die Beimischung von n-Butanol zu RME reduzierte im Vergleich zu reinem RME die CO und NO_x-Emissionen, erhöhte aber die HC-Emissionen.

Eine von der TU Graz durchgeführte Studie umfaßte ein Versuchsprogramm mit RME und AME (Altspeiseölmethylester)- Kraftstoff eingesetzt in verschiedenen Fahrzeugen (Busse, Off-road, PKW), sowohl im stationären als auch im dynamischen (realen) Betrieb.

(BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST 1995)

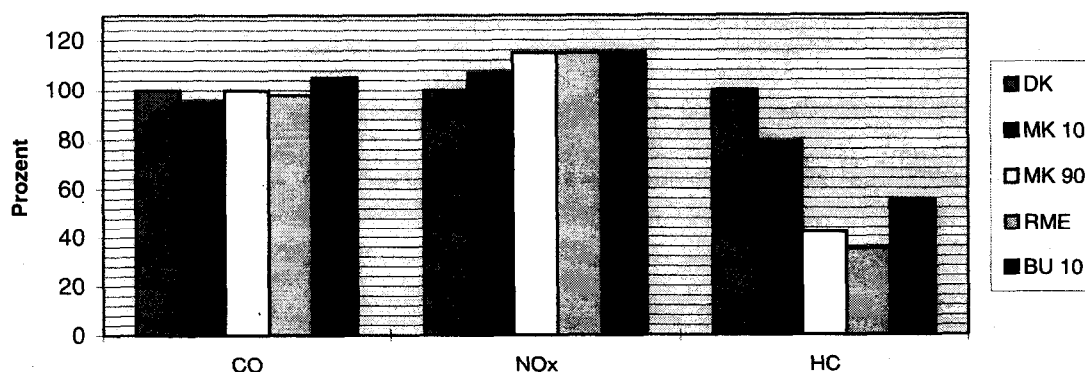


Abb. 27: Gewichtete Emissionen beim 5-Punkte Test in % relativ zu Dieseldkraftstoff

Die erzielten Ergebnisse haben gezeigt, daß RME und AME, welche den Normen ÖNORM C1191 bzw. der Vornorm ÖNORM C1190 entsprechen, grundsätzlich als Dieseldkraftstoffe geeignet sind.

Hinsichtlich Rohemissionen gilt, daß die HC- und die CO-Emissionen, unabhängig vom Motorenkonzept, ca. 20- 30 % mit RME bzw. AME niedriger liegen als im Dieselmotorbetrieb. Unter stationären Bedingungen liegen neben den Partikelwerten auch die Stickoxidkonzentrationen deutlich höher als im Dieselmotorbetrieb. Gründe hierfür sind der stark erhöhte Partikelanteil in den Teillastpunkten und die hohen NO_x-Konzentrationen im Hochlastbetrieb. Beides tritt im dynamischen Betrieb nicht in dem Ausmaß auf, daher ergeben sich im realen Fahrbetrieb nur geringe Unterschiede in der Partikel- und Stickoxidemission zwischen Diesel und RME bzw. AME.

Die bekannte NO_x - Partikelschere, die sich besonders beim Diesel nachteilig auswirkt, tritt bei RME bzw. AME viel weniger in Erscheinung. Dies ermöglicht eine flexiblere Motorabstimmung, welche besonders im realen Fahrbetrieb zu deutlichen Vorteilen führen kann.

5.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT

5.5.1 Investitionskosten

Damit mit Biodiesel gefahren werden kann, sind fast keine Investitionskosten notwendig. Da grundsätzlich jeder Dieselmotor mit RME betrieben werden kann, entfallen aufwendige Umrüstungsarbeiten. Abgesehen von älteren Modellen, bei denen vom Werk keine Freigabe für RME erteilt worden ist, können alle Dieselmotoren mit RME betrieben werden. Die Umrüstsätze kosten zwischen 1.000 und 5.000 ATS plus Kosten für die Arbeitszeit. Bei Kleinbussen belaufen sich die Umrüstarbeiten auf etwa 5.000 ATS. (UMRÜSTSÄTZEVERTREIBER 1997)

5.5.2 Betriebskosten (laufende Kosten)

Bei den laufenden Kosten ist in erster Linie der Biodieselpreis die entscheidende Größe. Derzeit (Stand 1/1997) kostet ein Liter Biodiesel an der Zapfsäule 8,88 ATS, im Vergleich dazu ein Liter Diesel an der selben Tankstelle 9,29 ATS (TANKSTELLE AUTOHANSA, WIEN 1997).

Bei Kosten für Service und Wartung ist kein Unterschied zum Diesel festzustellen. Teilweise kann es jedoch zu Schmierölverdünnungen kommen, deshalb wird beim Biodieselmotorbetrieb besonders der Gebrauch von qualitativ hochwertigen Schmierölen, welche speziell für diesen Zweck entwickelt worden sind, empfohlen und die genaue Beachtung der vorgeschriebenen Filterwechselintervalle.

5.6 REGULATIVE

5.6.1 Besteuerung

Die Besteuerung von Biodiesel ist im Mineralölsteuergesetz 1995 festgelegt. Demnach beträgt die prozentuelle Befreiung von der Mineralölsteuer im Vergleich zu Dieselmotorkraftstoff

- | | |
|-------------------------|-----|
| • bei reiner Verwendung | 95% |
| • bei Mischungen < 5% | 66% |
| • bei Mischungen > 5% | 0% |

Die Produktion von Biodiesel und dessen Nutzung in genossenschaftlichen Kleinanlagen ist gänzlich von der Mineralölsteuer befreit.

Verglichen mit anderen Ländern der EU sind die Steuersätze für Biodiesel und dessen Zumischungen relativ hoch, da manche Länder Biodiesel gänzlich von der Mineralölsteuer befreit haben. Die EU beabsichtigt im Zuge einer Steuerharmonisierung ihrer Mitgliedstaaten, Biodiesel einen fixen Steuersatz von maximal 10% der jeweiligen Mineralölsteuer zuzuordnen.

Aus diesen Ausführungen wird ersichtlich, daß auch in absehbarer Zukunft der Verkaufspreis von Biodiesel sich am Verkaufspreis des mineralischen Dieselmotorkraftstoffes orientieren wird.

5.6.2 Normen

Die Verwendung von Kraftstoffen in Österreich ist durch die Kraftstoffverordnung 1992 geregelt ist, darunter fallen auch alle am Markt angebotenen Biokraftstoffe.

In Österreich gibt es schon eine ÖNORM C 1190, welche die Anforderungen von Fettsäuremethylester als Dieseleratzkraftstoff beschreibt. Daneben existiert auch ein Entwurf (ON C1191) für eine Norm für Pflanzenölsäuremethylester (PME). In Deutschland will man bis Sommer 1997 eine DIN-Norm (DIN V 51 606) fertigstellen, die dann zugleich als EU-Norm übernommen werden könnte.

5.6.3 Förderungen

Das Anbauen von Raps auf Stilllegungsflächen ist Ende der 80-iger Jahre von Seiten der EU zur Stützung des Getreidepreises finanziell gefördert worden (Stilllegungsprämien). Im Jahr 1996 wurden die Stilllegungsflächen von 15 auf 5 % gekürzt, womit auch das Volumen an verfügbaren Rohstoffen deutlich zurückging.

In Österreich erfolgte 1995 erstmals die Produktion von Ölfrüchten für Energiezwecke auf Stilllegungsflächen („Energiebrachen“).

Daneben fördert das Land Burgenland die Umrüstung landwirtschaftlicher Maschinen auf den Betrieb mit Rapsmethylester. Pro Umbau gibt es 1.000 ATS Landesförderung. Dies bedeutet, daß jedoch tatsächlich vielmehr geeigneter Traktoren oder anderer Landmaschinen unterwegs sein können, denn bei modernen Bauarten müssen die Schläuche gar nicht mehr ausgetauscht werden. (AMT DER BURGENDLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG 1997)

5.7 BIODIESELFahrzeuge in Österreich

5.7.1 Hersteller

Im wesentlichen können die meisten Dieselmotoren mit RME unter bestimmten Voraussetzungen betrieben werden. Am anfälligsten gegen RME sind die Kunststoffleitungen und Dichtungen, welche aufquellen und brüchig werden können. Darum sollten solche gefährdete Teile nach Möglichkeit durch Fluorokautschuk ersetzt werden. Es gibt bereits einige Firmen, vor allem in Deutschland, welche sich auf die Umrüstung auf Biodieselbetrieb spezialisiert haben.

Darüber hinaus haben viele Fahrzeughersteller bereits Freigaben für Biodiesel erteilt. Folgende Liste ist von der UFOP Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen bereitgestellt worden und repräsentiert den Stand März 1996.

Tab. 20: Freigaben für Biodiesel (UFOP 1996)

Firma	Typ	Bemerkung
Audi AG	PKW	Generelle Freigabe ab Modell 96, außer A6 2,5 TDI quattro ältere Modelle auf Anfrage
Case	Traktoren	Neutraktoren müssen umgerüstet werden, dann bleibt Garantie erhalten
Citröen	PKW	Keine generelle Freigabe, aber kein Garantjedausschluß, 5 % Beimischung unbedenklich
Claas	Traktoren	Neuere Bauserien für Biodiesel freigegeben (Motorproduzenten: Mercedes und Perkins).
Faryman Diesel	Motoren	Freigabe erteilt
Fendt	Traktoren	Einzelfreigabe nach Rücksprache
Fiatagri	Traktoren	Freigabe für alle Neutraktoren ohne Einschränkung der Garantie
Ford AG	PKW Traktoren	Garantie bei Betrieb mit Biodiesel Freigabe für alle Neutraktoren, 2 Jahre Garantie
Hanomag-Komatsu	Motoren	generelle Freigabe
Holder	Traktoren	A 440, 550, 550 S, 560 T, C 550, 560 T, A 650, 660 T, 660 T, C 5000, 5000 T, 6000 Freigabe
Isacki	Traktoren	3000er und 5000er Serie freigegeben
Iveco Magirus	LKW	Einzelfreigaben nach Rücksprache möglich Umrüstpakete werden angeboten
John Deere	Traktoren Mähdrescher	einzelne Modellreihen, 2 Jahre oder 1.500 Betriebsstunden Garantie Freigaben ab Baujahr 1967
KHD	Traktoren	Freigabe für Deutz-Motor erteilt
Lamborghini	Traktoren	Freigabe erteilt
Lindner	Traktoren	ab 1985 möglich 1 Jahr Garantie
MAN AG	LKW	RME-Paket bei Neu-LKW auf Wunsch möglich keine Freigabe für Fahrzeuge ohne RME-Paket, aber Umrüstempfehlungen für erfolgreichen Einsatz Motorreihen für generelle Freigabe geplant
Massey-Ferguson	Traktoren	ab 1989 1 Jahr Garantie oder 800 Betriebsstunden
Mercedes	PKW LKW Unimog	C 200 D, C 220 D, E 200 D, E 220 D für Taxigewerbe freigegeben Einzelfreigabe für Fahrzeuge der Baureihe 300 und 400 ab Bj. 88 möglich; Neufahrzeuge ab Werk mit Freigabe möglich Freigabe erteilt Neutraktoren 1 Jahr Garantie

	Traktoren	Altschlepper ohne Werksgarantie
Nissan	Gabelstapler	Freigabe erteilt
Opel AG	PKW	Einzelfreigaben werden auf Anfrage erteilt weitergehende Freigaben im Verlauf des Jahres 1995 angekündigt
Perkins	Traktoren	Neumotoren alle Baureihen freigegeben
Peugeot		Zumischung von 10 % Biodiesel erlaubt, 100 % Biodiesel wird derzeit erprobt.
Reform	Traktoren	verschiedene Typen freigegeben
Renault	Traktoren	alle Modelle mit MWM-wassergekühlten und luftgekühlten Deutz-Motoren
Same	Traktoren	ab 1980, Garantie max. 4 Jahre
Scania	Nutzfahrzeuge	Technisch ist es möglich, Scania-Motoren mit Biodiesel zu betreiben, Rücksprache mit Hersteller ist notwendig
Steyr	Traktoren	Freigabe für alle Traktoren ab Bj. 88 ohne Umrüstung ab Bj. 74 nach Umbau freigegeben
	LKW	ab Bj. 88 freigegeben (außer EURO -2-Motoren)
Volvo Penta	Nutzfahrzeuge	Einsatz von Biodiesel ist möglich, sofern der Kraftstoff den gesetzlichen Normen entspricht
VW AG	PKW	Generelle Freigaben ab Modelljahr 96, Rückfragen bei Zusatzheizung Nachrüsten für 1,9 l-Wirbelkammer-Dieselmotor ab Modelljahr 92; für Golf und Vento ab Dezember 94
Zetor	Traktoren	Freigabe erteilt

5.7.2 Service und Wartung

Jede Werkstatt, die Dieselmotoren wartet und repariert, ist auch befähigt dies bei Fahrzeugen zu tun, welche mit Biodiesel betrieben werden. Nur beim Tausch von Teilen, die unmittelbar mit dem Biodiesel in Berührung kommen, muß darauf geachtet werden, daß diese gegen Biodiesel resistent sind. Somit steht dem Biodieselfahrer die gesamte Betankungs- und Service & Wartungs - Infrastruktur des konventionell betriebenen Verkehrs zur Verfügung.

5.7.3 Tankstellen

Zur Zeit gibt es österreichweit über 40 Tankstellen, die Biodiesel an ihren Zapfsäulen vertreiben. Der Großteil dieser befindet sich im Osten des Bundesgebiets, was einerseits durch die örtliche Verteilung der RME-Produktionsstätten als auch durch die Tatsache, daß die viele Tankstellen in örtlichen, genossenschaftlichen Lagerhäusern eingebunden sind, bedingt ist.

Doch beweist das Beispiel eines Busunternehmers in der Tiroler Stadt Schwaz, welcher einen Teil seiner Flotte mit RME betreibt, daß RME auch im Westen von Österreich zu erhalten ist.

5.8 FAHRCHARAKTERISTIK

5.8.1 Verbrauch und Leistung

Der Verbrauch des RME - betriebenen Fahrzeuges ist sowohl im stationären als auch im dynamischen Betrieb um einiges höher als beim Dieselbetrieb. Im konkreten bedeutet das einen Mehrverbrauch bedingt durch den geringeren Heizwert von 8 % auf den Literverbrauch bezogen. Auf den Kraftstoff-Masseverbrauch bezogen ergibt sich gar eine durchschnittliche Erhöhung um etwa 14 % gegenüber Dieseldieselkraftstoff. Dem gegenüber steht eine Steigerung der Energieeffizienz aufgrund des bereits im Kraftstoff gebundenen Sauerstoffes. Für den Leistungsvergleich zwischen RME und dem Dieselbetrieb gilt, daß bei gleichem Wirkungsgrad und Einspritzverhalten wegen des geringeren Heizwertes und der höheren Dichte von RME mit einer Leistungseinbuße von theoretischen 8 % zu rechnen ist. Im realen Motorbetrieb ist der tatsächliche Leistungsverlust davon abhängig, wie die Einspritzpumpe auf die geänderte Kraftstoffviskosität reagiert. In den meisten Fällen ist mit einer Leistungsminde- rung um ca. 5% zu rechnen. (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST 1995)

5.8.2 Reichweite und Kaltstartverhalten

Aus den oben erwähnten Gründen ist die Reichweite im realen Fahrbetrieb kaum gemindert und ist somit dem Dieselbetrieb vergleichbar.

Das Kaltstartverhalten, wie schon im Kapitel 5.2 Treibstoff erwähnt, hängt von den Kenngrößen CFPP, Cloud Point, Pourpoint und der Operability (Fahrbarkeit) ab. Der an den österreichischen Zapfsäulen erhältliche Biodiesel hat eine Wintertauglichkeit von bis zu mindestens -20 °C, damit ist diese vergleichbar mit der des mineralischen Winterdiesels (-22°C).

Biodiesel hat jedoch aufgrund seiner höheren Viskosität ein etwas schlechteres Kaltstartverhalten. (RIBAROV 1993), (THEIL-GANGL 1997)

5.9 BETRIEBSERFAHRUNGEN

5.9.1 RME-Betrieb von Fahrzeugen der MA 48/ Wien

Die Stadt Wien hat seit Herbst 1996 einen Flottenversuch von Biodiesel auf der Basis von Rapsmethylester laufen. Es wurden drei Kommunalfahrzeuge, ein Abschleppwagen und zwei Müllfahrzeuge mit einem Kostenaufwand von zusammen fast 150.000 ATS für den Betrieb mit RME umgebaut. Dennoch ist auch der Betrieb mit herkömmlichem Diesel möglich.

Der Umfang des Umbaus umfaßte unter anderen einen zusätzlichen Kraftstofftank, den Einbau einer elektronischen Steuerung für den Kraftstoffvor- und rücklauf, den Austausch und Einbau von speziellen Kraftstofffiltern, Filtereinsätzen und Kraftstoffpumpen und den Einbau einer Treibstofffiltervorwärmanlage. Der Umbau erfolgte bei Fahrzeugen, bei denen die Hersteller-garantie bereits erloschen war, um zu testen, ob auch nachträglich umgebaute Fahrzeuge für den RME Betrieb geeignet sind.

Der Treibstoff wird von der RME-Rapsmethylester Produktionsgesellschaft m.b.H in Bruck/Leitha bezogen. Der Preis pro Liter liegt ungefähr 1 ATS unter dem derzeitigen von der Stadtgemeinde bezahlten Preis für Dieseltreibstoff.

Nach Beendigung des Testbetriebes im Frühjahr 1997 werden die Fahrzeuge zunächst einer Abgasmessung im ÖAF-Prüflabor unterzogen und anschließend, falls das Ergebnis positiv

verläuft, ist eine sukzessive Umrüstung der gesamten Fahrzeugflotte auf Biodiesel vorstellbar. Begleitend zum Testbetrieb werden in regelmäßigen Abständen Motorölproben gezogen und im OMV-Labor untersucht, inwiefern eine Motorölverdünnung gegeben ist.

5.9.2 City Bus in Schwaz/Tirol

Als Verkehrsunternehmen im ökologisch sensiblen Tiroler Unterland hat das Omnibusunternehmen Ledermaier seit Frühjahr 1996 3 Citybusse im Biodieselbetrieb laufen. (RME geliefert über Zwischenhändler von der RME-Produktionsgesellschaft GesmbH, Bruck/Leitha). Es sollen in nächster Zukunft 10 weitere Busse auf RME Betrieb umgestellt werden. Mittelfristiges Ziel des Busunternehmens ist es $\frac{3}{4}$ der gesamten Busflotte (28 Stück, Gesamtdieselverbrauch 300.000 l Diesel/Jahr) auf RME-Betrieb umzustellen. Die Umrüstkosten belaufen sich pro Bus auf etwa 5.000 ATS (Zusatzheizungen, Dichtungen, Leitungen). Es werden Gespräche mit der Gemeinde geführt, um die entstehenden Mehrkosten in einvernehmlicher Lösung abdecken zu können.

Die sukzessive Umstellung wurde mit den neueren Fahrzeugen begonnen und bislang sind noch keine technischen Probleme im Fahrbetrieb aufgetreten. Einzig die Kraftstofffilter müssen nach einiger Zeit ein- bis zweimal ausgetauscht werden, da der Rapsdiesel die Ablagerungen des herkömmlichen Diesels im Tank auflöst.

Die angekündigten Probleme mit den flexiblen Teilen der Treibstoffleitungen sind noch nicht aufgetreten, jedoch werden diese Leitungen besonders beobachtet und bei Bedarf durch neue ersetzt.

Des weiteren wurden die Standheizungen der Busse umgerüstet, da einige Kunststoffteile gegenüber dem Biodiesel nicht beständig waren.

In der Schwazer Innenstadt sind Gruchsbelästigungen, die auf den RME-Betrieb zurückzuführen sind, aufgetreten. Diese Problemen will man durch Anschaffung geeigneter Katalysatoren beseitigen, die überdies auch andere Schadstoffkomponenten, wie z.B. NO_x beträchtlich reduzieren würden (Kostenpunkt 40.000 ATS/Fahrzeug).

Über diese Umstellung auf Biodiesel hinaus, wird bei der Fa. Ledermaier bereits darüber nachgedacht in Zukunft 1 bis 2 Citybusse mit Motoren (Elsbethmotoren) auszurüsten, die mit normalem Pflanzenfett betrieben werden können, um so das anfallende Altfett aus den Haushalten sinnvoll verwerten zu können.

5.9.3 RME als Dieseleratzstoff beim Österreichischen Bundesheer

In den Jahren 1989 bis 1992 führte das Österreichische Bundesheer den bisher größten Biodiesel-Flottenversuch in Österreich durch, um die Frage der Eignung desselben unter militärischen Gegebenheiten zu prüfen. (HOHL 1994)

Grundsätzlich ist festgestellt worden, daß Rapsmethylester für den Betrieb von Dieselmotoren im militärischen Bereich geeignet ist. Doch ergeben sich im einzelnen folgende Einschränkungen.

Da das Kälteverhalten von RME nicht den Lieferbedingungen des Österreichischen Bundesheeres entspricht (CFPP mindestens von minus 30° C), wäre von der Kraftstoffindustrie eine verbesserte „Operability“ in diesem Temperaturbereich zu fordern. Durch geeignete Additivierung kann der CFPP auf minus 20 °C realisiert werden. In Laborversuchen konnte RME bis minus 35 °C flüssig gehalten werden.

Da verschiedene mit dem Kraftstoff in Berührung kommende Komponenten, wie Leitungen und Dichtungen, nicht RME resistent sind, müßten diese durch dementsprechende Materialien (Fluorokautschuk) ersetzt werden.

Als eher unproblematisch hat sich hingegen die mehrjährige Lagerzeit erwiesen. Es wurden 3.000 l Biodiesel in einem unterirdischen Stahltank 5 Jahre gelagert. Ca. 10 % des Inhalts waren als Schlamm abgesetzt, durch Abpressen würden 3-5 % Rückstand übrig bleiben, was einem normalen Dieselwert entspricht.

Auf Grund des geringeren Heizwertes von RME war eine verminderte Nennleistung (etwa minus 8 %) und ein erhöhter Verbrauch (etwa plus 7-10 %) zu erwarten. Die verminderte Fahrleistung war jedoch im täglichen Fahrbetrieb nicht spürbar und auch die vorgeschriebenen Ölwechselintervalle konnten beibehalten werden. Falls jedoch ein Hersteller für den RME-Betrieb spezielle Ölwechselintervalle vorschrieb, wurden diese eingehalten.

Während des Versuchszeitraumes sind keine negative Auswirkungen in Bezug auf Motorverschleiß und Verkokkung festgestellt worden.

Abschließend sei angemerkt, daß bei diesem Flottenversuch die mögliche Verwendung von RME beim Österreichischen Bundesheer als Dieseleratzstoff untersucht wurde und finanzielle Aspekte nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben.

5.10 KONTAKTADRESSEN

RME-Rapsmethylester Produktionsgesellschaft m.b.H., DI. Theil-Gangl, Industriegelände West 3, 2460 Bruck/Leitha, Tel.: 02162 / 606 24

FAX.: 02162 / 65318

Bundeslehranstalt für Landtechnik, DI. Wörgetter, Rottenhauserstraße 1 3250 Wieselburg, Tel.: 07416 / 52175 / 30, FAX.: 07416 / 52175 / 45

Österreichisches Biodieselinstitut, DI. Körbitz, Graben 14 / 3 1014-Wien, Tel.: 0222 / 53456 / 33

FAX.: 0222 / 53456 / 38

SEEG Südsteirische Energie und Eiweißzweugung, Herr Totter,

Pestkreuzweg 3, Postfach 77, 8480 Mureck, Tel.: 03472 / 3577 FAX.: 03472 / 3910

Ingenieurbüro C.Liphardt & Co., Wagnerstraße 8-12, 61381 Friedrichsdorf ,BRD

Tel/ FAX.: +49 / 6175 / 3522

Magistratsabteilung 48/ Stadtgemeinde Wien, Ing. Wabeck, Einsiedlergasse 2, 1050 Wien, Tel.: 0222 / 58817 / 96187 FAX.: 0222 / 58817 99 96128

Autobusunternehmen Ledermaier, Hr. Martin Ledermaier, Schwaz / Tirol

Tel.: 05242/ 62740

Amt für Wehrtechnik, Brigadier DI. Hohl, Vorgartenstrasse 225, 1024 Wien

Tel.: 0222 / 72761 / 6315 FAX.: 0222 / 72761 / 6191

TU-Graz Institut für Organische Chemie, Doz. Dr. Mittelbach, Heinrichstrasse 28 , 8010
Graz, Tel.: 0316 / 380 / 5353 FAX.: 0316 / 322248

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, Dr. Knoflacher, 2444 Seibersdorf,
Tel.: 02254/ 780 / 3874 FAX.: 02254/ 780 / 3888

6 QUELLENVERZEICHNIS

- AMT DER BURGENDLÄNDISCHEN LANDESREGIERUNG (1997): mündliche Information zur Biodieselförderung vom 30.01.1997
- AMT DER KÄRNTNER LANDESREGIERUNG (1996): telefonische Auskunft vom 3.12.1996
- AUSTRIA FERNGAS (1997): interne Auskunft vom 30.04.1997
- BILEK, T., BRANDSTÄTTER, Ch., HIESS, H., LAGER, F., STREICHER, W., URBANEK, W. (1994) Begleitforschung zur Förderaktion von Elektromobilen, Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung,
- BMW ÖSTERREICH (1996), interne Information 1996
- BP (1994): Statistical Review of World Energy, 6/1994
- BRETTSCHEIDER, R. (1993): Das aktuelle Meinungsklima zum Elektroauto in Österreich, Fessel & GFK
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, BUNDESMINISTERIUM FÜR WISSENSCHAFT, FORSCHUNG UND KUNST (Hrsg.) (1995): Emissionsverhalten bei realem RME-Betrieb mit bzw. ohne Oxikat
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFTLICHE ANGELEGENHEITEN (Hrsg.) (1996): Brennstoffstatistik 1995 Kennzahlen der Wärmekraftwerke
- DEISS, R. (1996): Mehr Umweltverträglichkeit im Verkehr - die Politik der EU, Vortragsfassung anlässlich des Workshops „Treibhausgasemissionen des Verkehrs“, Graz 28.11.1996, ACCC, Graz
- DORDA, A. (1995): Austria Innovativ 3/1995,.
- EBERT, P. (1996): MA 22, mündliche Auskunft vom 16.10.1996
- ENGVA (1997): mündliche Auskunft vom 30.01.1997
- ERDGAS MOBIL REPORT (1997): Heft 1/1997
- FRIEDRICH, A. et al. (1993): Ökologische Bilanzierung von Rapsöl bzw. Rapsmethylester als Ersatz von Dieselmotorkraftstoff (Ökobilanz Rapsöl). Umweltbundesamt Berlin;
- GABERSCIK, G. et al. (1994): Kraftfahrzeuge und CNG-Technik, Studie im Auftrag der ÖVGW,
- HASPEL, B. VAN DER, ROOS, J.H.J (1993): Air Polluting Emissions of Eight Bus Concepts, Centrum for Energiebesparing en Schone Technologie, The Netherlands, 6/1993
- HOHL, G. (1994): Rape Oil Methyl Ester - an Alternative Fuel for Off-Road Vehicles, Amt für Wehrtechnik, Österreichischer Verein für Kraftfahrzeugbau, 2/1994
- HUEMER, R. (1992): Erdgaseinsatz in Kraftfahrzeugen, Gas Wasser Wärme ,GWW, 46 (12)
- HUEMER, R. (1992): Erdgaseinsatz in Kraftfahrzeugen, Gas Wasser Wärme, 46/1992
- KERSCHL, H., (1995): Solar- und E-Mobile (ÖAMTC)
- KNOFLACHER, M. et al. (1991): Technologie der Gewinnung von Treibstoffen aus landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, Forschungsbericht OEFZS
- KÖRBITZ, W. (1996): mündliche Information vom 05.11.1996

- MAGISTRAT DER STADT LINZ (1997): mündliche Auskunft vom 29.04.1997
- MAGISTRAT DER STADT SALZBURG (1996): mündliche Auskunft vom 28.11.1996
- MAGISTRATABTEILUNG 48 DER STADT WIEN (1996): interne Information „Probefahren mit Elektroautos“
- ÖLMÜHLE GESMBH BRUCK/LEITHA (1997): mündliche Information vom 28.04.1997
- OMV (1995): Daten zur österreichischen Energieversorgung
- OMV (1996): Daten zur österreichischen Energieversorgung
- OMV (1997:) mündliche Auskunft vom 08.01.1997
- OMV MIX (1996): 10/1996
- OMV, OÖ. Ferngasgesellschaft, Austria Ferngas, DI Huemer
- ÖSTAT (1995): Kraftwagen zur Personenbeförderung in EU-Klassifikation nach Schadstoffklassen, Schnellbericht
- ÖSTERREICHISCHES FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF OEFZS (1991): Ökonomische und ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen, Forschungsbericht
- PETER, K. (1993): Erdgaseinsatz in Kraftfahrzeugen, Gas Wasser Wärme, 8-11, 47/1993
- PISCHINGER, R. (1996): Emissionen der flüssiggasbetriebenen Omnibusse in Wien, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz
- POPP (1996): Informationen zum Elektrofahrzeug-Breitentest in Wiener Neustadt, Amt der Niederösterreichischen Landesregierung,
- PRANKL, H. et al, (1993): Untersuchung der Emissionen eines Traktormotors mit Mischungen aus Dieselmotorkraftstoff, Rapsölmethylester und n-Butanol, Forschungsberichte der BLTR Wieselburg, Heft Nr. 38 /1993
- PRANKL, H. et al. (1992): Emissionsmessung an einem Traktormotor mit Oxidationskatalysator, Forschungsberichte der BLTR Wieselburg, Heft Nr. 28 /1992
- PRANKL, H. et al., (1996): NTB-nett Phase 1, Forschungsbericht der Bundesanstalt für Landtechnik Wieselburg
- REINHARDT, G.A. (1993): Energie und CO₂-Bilanzierung nachwachsender Rohstoffe, Theoretische Grundlagen der Fallstudie Raps, Vieweg
- Rhenag, IGU, ASUE, ENGVA, AGA Erdgasfahrzeuge weltweit
- RIBAROV, D. (1993): RME-Rapsmethylester Produktionsgesellschaft m.b.H., Ökodiesel RME Handbuch für Anwender
- RIJKEBOER, R. et al. (1992): Brandstoffmix. TNO report 92.OR.VM.001.0/RR. 19/1992
- SCHARMER, K et al., (1993): Diskussion und Vergleiche zu Aussagen der Technologiefolgenabschätzung zum Thema „Nachwachsende Rohstoffe“. GET-Gesellschaft für Entwicklungstechnologie mbH
- SCHAUER G. (1994): Info-Service E-mobil Ausgabe 3, ARGE E-Mobil
- SCHAUER, G. (1995), Elektrofahrzeuge im EVU-Bereich: Betriebserfahrungen, Schriftenreihe der Energieforschungsgemeinschaft im Verband der E-Werke Österreichs
- SCHÖDL, H. (1996): 30 Years of Experience with LPG-Buses; Wiener Linien; Wiener Stadtwerke- Verkehrsbetriebe
- SCHÖDL, H. (1991): Autobusbetrieb mit Flüssiggas, Wiener Stadtwerke-Verkehrsbetriebe,

- SOCIALDATA München (Hrsg.) (1993): Kennziffern der Mobilität, Band 1, 1992, Magistrat der Salzburger Landesregierung,
- SONNYMOBIL (1997): mündliche Auskunft vom 30.04.1997
- STADTWERKE AUGSBURG, LEOBERSDORFER MASCHINENFABRIK AG (Hrsg.) (1995): Erdgas, ein neuer Treibstoff für Kraftfahrzeuge,
- STEYR-FIAT (1994): Art. Fiat Panda Elletta, Info-Service E-mobil Ausgabe 3, ARGE E-Mobil
- STREICHER, W. (1997): interne Information vom 15.04.1997
- STUDER, R. et al., (1991): Energie- und CO₂- Bilanzen über den Alternativ-Treibstoff Biodiesel. Landwirtschaft Schweiz 4, 12
- TANKSTELLE AUTOHANSA, WIEN (1997): mündliche Information zum Biodieselpreis vom 13.01.1997
- THEIL-GANGL A., (1997): interne Information vom 30.04.1997
- TOTTER, K. (1996): Informationsblatt der SEEG
- TSCHÖKE, H. (1997): Rapsöl als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren, Chance oder Irrweg, 1st Colloquium on Fuels/ Technische Akademie Esslingen 1/1997 Tagungsband
- TÜV BAYERN/SACHSEN, (1995) Erdgasfahrzeuge
- UBA Berlin (1996): HDV Gas Engines, Report Papers for the EEV-meeting of DG XI, 2.12.1996, Brussels
- UFOP UNION ZUR FÖRDERUNG VON ÖL UND PROTEINPFLANZEN : Merkblatt der für Biodiesel freigegebenen Motoren
- UMRÜSTSÄTZEVERTREIBER (1997): mündliche Information
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg) (1997): Österreichische Luftschadstoffinventur 1994, UBA Report R-139
- VERBANDS DER TECHNISCHEN ÜBERWACHUNGSVEREINE, Merkblatt 757 des VdTÜV
- VERFASSUNGSDIENST DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (1996): Schriftliche Stellungnahme des Verfassungsdienst der Steiermärkischen Landesregierung
- VOGL, C. (1997): Innovative Instrumentarien der Verkehrspolitik, Diplomarbeit am Institut für Volkswirtschaftslehre der Karl-Franzens-Universität, Graz
- WICKE L. (1993): Umweltökonomie 4. Auflage ,
- WIENER NEUSTÄDTER VERKEHRSBETRIEBE (1996), interne Information vom 04.11.1996
- WIENSTROM (1996) , mündliche Auskunft vom 28.11.1996
- WIENSTROM (1997): Broschüre der Wienstromtarife 1997
- WIFO (1995): Energieverbrauchstatistik 1994
- WITZMANN, G. (1997): interne Information des Amtes der Oberösterreichischen Landesregierung,
- WÖRGETTER, M. et al. (1991): Pilotprojekt Biodiesel, Forschungsberichte der BLTR Wieselburg, Heft Nr. 26 /1991