



Universität für Bodenkultur Wien
Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
Institut für Agrar- und Forstökonomie

Diplomarbeit

ALTERNATIVE TREIBSTOFFE

Eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse für das
Dienstleistungsunternehmen

Hel-Wacht Holding GmbH 

Verfasserin:

Stephanie LANDERTSHAMMER

Studienrichtung Landwirtschaft/Agrarökonomik

Betreuer:

O. Univ. Prof. Dipl. Ing. Dr. Walter Schneeberger

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt:

- § dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt, und die den benutzen Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe.
- § dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.
- § dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im April 2006

Stephanie Landertshammer

Danksagung

Mein aufrichtiger Dank gebührt meinen Eltern, die mir nicht nur in jeglicher Hinsicht rat- und tatkräftig zur Seite stehen, sondern mir auch dieses Studium ermöglicht haben.

Ich danke meiner Schwester Sophie, meinem Freund Markus und meinen Großeltern für ihre Unterstützung, die mir half so manche Schwierigkeiten zu bewältigen.

Den angeführten Unternehmen, im Besondern der Hel-Wacht Holding GmbH, wird für die Bereitstellung der Daten gedankt. Meinem Betreuer Prof. Schneeberger danke ich für seine inhaltlichen Anregungen.

Kurzfassung

Alternative Treibstoffe

Eine Kosten-Wirksamkeits-Analyse für das
Dienstleistungsunternehmen Hel-Wacht Holding GmbH

Stephanie Landertshammer

Im vergangenen Jahrhundert stieg die Temperatur im globalen Mittel um 0,6° C. Zur Erklärung dieses Phänomens wurde der Treibhauseffekt herangezogen. Der Treibhauseffekt zeigt die Wirkung der Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre auf. Einer der Hauptverursacher von Treibhausgasen ist der Verkehr. Ein Unternehmer, der einen Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung setzen möchte und eine Emissionsreduktion erreichen will, hat die Möglichkeit, den Fuhrpark des Unternehmens auf alternative Treibstoffe umzustellen.

Ziel der Arbeit war, den Einsatz der fossilen Treibstoffe Diesel und CNG-Erdgas (Compressed Natural Gas) mit der Verwendung von biogenen Treibstoffen RME (Rapsmethylester) und CNG-Biogas in der Flotte eines Unternehmens zu vergleichen. Für diesen Vergleich wurden die technischen Grundlagen, die Emissionsaufkommen, die Verfügbarkeit und die Preise dieser Treibstoffe erörtert. Anschließend wurde für den Fuhrpark der Hel-Wacht Holding GmbH im Zuge einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse ein Umstiegsplan entwickelt. Diese Analyse sollte den Treibstoff ausfindig machen, der sowohl in ökonomischer, ökologischer als auch sozialer Hinsicht die größten Verbesserungspotenziale aufweist.

Nach den Analyseergebnissen entspricht im Vergleich zum fossilen Diesel nur der kontinuierliche Umstieg auf CNG-Erdgas gegenwärtig der Zielsetzung des Unternehmens. Eine Umstellung auf Biodiesel würde Kostensteigerungen und erhöhte Stickoxid- sowie Partikelemissionen verursachen. Die Verwendung von CNG-Biogas würde im Vergleich zum fossilen Diesel Emissionseinsparungen bewirken, doch CNG-Biogas ist in Österreich noch nicht verfügbar. Sobald ein Angebot vorhanden ist, könnte die Infrastruktur und Technologie von CNG-Erdgas genutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	7
1.1	Problemstellung	7
1.2	Zielsetzung	8
1.3	Aufbau	9
2	Theoretische Grundlagen	10
2.1	Betriebliches Umweltmanagement.....	10
2.2	Externe Effekte	12
2.3	Umweltmanagementsysteme.....	13
2.4	Nachhaltiges Wirtschaften	14
3	Rahmenbedingungen	16
3.1	Natürliche Rahmenbedingungen	16
3.1.1	Klimawandel.....	16
3.1.2	Biokraftstoffe	19
3.2	Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	21
3.2.1	Strategie zur nachhaltigen Entwicklung.....	21
3.2.2	Kyoto-Protokoll.....	22
3.2.3	RL 2003/30/EG.....	23
3.2.4	EURO-Klassen.....	24
3.2.5	Kraftstoffe der Zukunft.....	25
3.3	Umstiegsbeispiel Wien Energie GmbH.....	26
3.4	Verfügbare alternative Treibstoffe.....	27
3.5	Technische Erfordernisse für den Einsatz von Erdgasfahrzeugen	28
3.6	Energiebereitstellung aus Biomasse.....	31
4	Vergleich der Treibstoffeigenschaften	33
4.1	Fossile Treibstoffe (Benzin und Diesel)	33
4.1.1	Technik.....	33
4.1.2	Emissionen.....	34
4.1.3	Verfügbarkeit und Preis.....	35
4.2	CNG Erdgas	37
4.2.1	Technik.....	37
4.2.2	Emissionen.....	38
4.2.3	Verfügbarkeit und Preis.....	38
4.3	CNG Biogas.....	39
4.3.1	Technik.....	39
4.3.2	Emissionen.....	45
4.3.3	Verfügbarkeit und Preis.....	45
4.4	Biodiesel	47
4.4.1	Technik.....	48
4.4.2	Emissionen.....	50
4.4.3	Verfügbarkeit und Preis.....	50
4.5	Resümee des Treibstoffvergleichs.....	52
5	Fallstudie	53
5.1	Hel-Wacht Holding GmbH.....	53
5.2	Kosten-Wirksamkeits-Analyse	56
5.2.1	Grundlagen	56
5.2.2	Zielanalyse	58
5.2.3	Nebenbedingungen	58
5.2.4	Alternativennennung und getroffene Annahmen	59

5.2.5	Kostenanalyse.....	61
5.2.5.1	Fossiler Diesel	61
5.2.5.2	CNG-Erdgas	62
5.2.5.3	CNG-Biogas.....	64
5.2.5.4	Biodiesel	64
5.2.6	Wirksamkeitsanalyse.....	65
5.2.6.1	Fossiler Diesel	65
5.2.6.2	CNG-Erdgas	65
5.2.6.3	CNG-Biogas.....	67
5.2.6.4	Biodiesel	67
5.2.7	Zeitliche Homogenisierung.....	69
5.2.8	Risikos und Unsicherheiten.....	70
5.2.9	Untersuchungsergebnisse.....	71
5.2.9.1	Kosten-Wirksamkeits-Matrix und Umstiegsmöglichkeit	71
5.2.9.2	Begleitende Maßnahmen.....	73
6	Konklusion.....	75
7	Quellen- und Literaturverzeichnis	76

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beziehung zwischen Mensch, Wirtschaft und Natur	12
Abbildung 2: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit.....	15
Abbildung 3: CO ₂ -Emissionen nach Verursachern in Österreich	18
Abbildung 4: Entwicklung des Bestandes an Kraftfahrzeugen.....	19
Abbildung 5: Trend- und Zielszenario „6 Kyoto-Gase“ 1990 – 2010.....	23
Abbildung 6: EURO-Normen für Diesel-PKW	24
Abbildung 7: Roadmap nach Daimler Chrysler.....	26
Abbildung 8: CNG-Fahrzeug	30
Abbildung 9: Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse.....	32
Abbildung 10: Entwicklung der durchschnittlichen Treibstoffpreise in Österreich	36
Abbildung 11: Phasen des anaeroben Abbaus von Biomasse	42
Abbildung 12: Verwertungsmöglichkeiten von Biogas	43
Abbildung 13: Biodieselherstellung.....	49
Abbildung 14: Diesel- und Biodieselpreise in Deutschland von 1995 bis 2003.....	52
Abbildung 15: Beschriftung von CNG-Fahrzeugen bei Teilnahme an der Aktion	63
Abbildung 16: Umstiegsmöglichkeit entsprechend der Verfügbarkeit der Treibstoffe und der Fuhrparktauglichkeit	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht über Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale	20
Tabelle 2: Derzeit in Österreich erhältliche Erdgasfahrzeuge – Stand August 05	29
Tabelle 3: Geschätzte Energieproduktion im Jahr 2000 in Österreichs Biogasanlagen.....	46
Tabelle 4: Fuhrpark 2005 inkl. Kilometerleistung und Freigabe für Biodiesel	55
Tabelle 5: Vergleich der CNG- vs. Diesel-Kosten	60
Tabelle 6: Adressen der CNG-Tankstellen in Wien und Linz.....	66
Tabelle 7: Adressen der Biodiesel-Tankstellen in Wien und Linz	68
Tabelle 8: Emissionen bei Biodieselnutzung in kg/a.....	68
Tabelle 9: Kosten-Wirksamkeits-Matrix: Fossiler Diesel und drei alternative Treibstoffe.....	71

1 Einleitung

1.1 *Problemstellung*

Das Jahr 2005 ist von Extremereignissen gekennzeichnet. Besonders durch den Hurrikan „Katrina“, der einen Großteil der Stadt New Orleans unbewohnbar gemacht hat, wird es in Erinnerung bleiben. „Katrina“ hat damit auch in den USA die Frage der menschlichen Verantwortung für den **Klimawandel** in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Dieser Hurrikan hat die Erdölversorgung der USA und Europas beeinträchtigt. Die bis dato schon hohen Treibstoffpreise kletterten in die Höhe, weltweite Proteste waren die Folgen.

Die Wissenschaft des betrieblichen Umweltmanagements bezweckt die Ökonomie bzw. Unternehmer auf ihre soziale Verantwortung der Natur und Gesellschaft gegenüber hinzuweisen. Jegliche wirtschaftliche Tätigkeit stellt eine Interaktion zwischen Wirtschaft und Umwelt dar. Auf Basis der Theorie des externen Effekts wird versucht, global auftretende Schäden und entsprechende Kosten, die derzeit noch nicht vom Verursacher gedeckt werden, vom jeweiligen Verursacher zu internalisieren. Die Theorie der externen Effekte stammt aus der Volkswirtschaftslehre und dient der Begründung staatlicher Intervention zur Vermeidung von Marktversagen. Das Umweltmanagement hingegen zielt darauf ab, Unternehmen freiwillig zum nachhaltigen Wirtschaften anzuregen.

Nachhaltiges Wirtschaften fokussiert auf Verbesserungen sowohl im ökologischen als auch ökonomischen und sozialen Bereich. Für eine freiwillige Implementierung von Umweltmanagement in Unternehmen ist eine **ökonomische Verbesserung** am bedeutendsten (vgl. STEGER, 2000, 25). Je kleiner das Unternehmen, z. B. kleine und mittlere Unternehmen (KMUs), desto eher werden kostbare Zeit und Mühe nur in effiziente und kostengünstige Projekte investiert (vgl. KOTTMANN, 2000, 83).

Einer Studie der IPCC (2001, 5) zu Folge stieg im vergangenen Jahrhundert die Temperatur im globalen Mittel um ca. 0,6° C an. Es wurde festgestellt, dass der Anstieg in den vergangenen 1000 Jahren der stärkste war und die erreichten Tem-

peraturen die höchsten in diesem Zeitraum sind. Dieser Temperaturanstieg führt zu einem Schmelzen der Gletscher, Anstieg des Meeresspiegels und in weiterer Folge zu einer Vernichtung von Küstenregionen (vgl. KROMP-KOLB und FORMAYER, 2005, 11ff). Wirtschaftssubjekte werden negativ beeinträchtigt, ohne dafür vom Verursacher eine Entschädigung zu erhalten. Die Nutzung von nichtregenerativen Treibstoffen trägt zu einer vermehrten Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre und damit Erderwärmung bei (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 127). Für Unternehmer mit Verantwortung für einen Fuhrpark, bietet die Umstellung des Fuhrparks auf alternative Treibstoffe einen Ansatzpunkt in Richtung nachhaltige Entwicklung.

Unternehmer, die bereit sind, den Fuhrpark auf alternative Treibstoffe umzustellen, tragen zweifach zur verringerten Anreicherung von Kohlendioxid in der Atmosphäre bei. Einerseits durch die Tatsache, dass auf einmal im Unternehmen mehrere Fahrzeuge umgestellt werden, und andererseits über die Signalwirkung, die ihre Stakeholder (Mitarbeiter, Kunden etc.) auf die Umstiegsmöglichkeit aufmerksam macht.

Als hindernden Umstand für den Einsatz alternativer Treibstoffe sehen ULMER et al. (2004, 443), dass der Markt der alternativen Treibstoffe von der „**Trägheit der Masse**“ bestimmt wird. Die Automobilindustrie bietet nur wenig Auswahl mit der Rechtfertigung, dass noch keine Nachfrage zu verzeichnen ist. Die Diskrepanz zwischen Umweltbewusstsein und Umwelthandeln ist von Bedeutung (vgl. DIEKMANN und PREISENDÖRFER, 2001, 114). Folgende Hauptfragen ergeben sich im Zusammenhang mit der Umstellung des Fuhrparks: Welche Alternativen gibt es? Wo sind diese Alternativen verfügbar (global und lokal)? Welche Kosten sind mit dem Umstieg auf diese Alternativen verbunden?

1.2 Zielsetzung

Primäres Ziel der Arbeit ist, den Einsatz der fossilen Treibstoffe Diesel, Benzin und CNG-Erdgas (Compressed Natural Gas) mit der Verwendung von biogenen Treibstoffen RME (Rapsmethylester) und CNG-Biogas in der Flotte eines Unternehmens zu vergleichen. Es werden die technischen Grundlagen, die Emissionsaufkommen, die Verfügbarkeit und die Preise dieser Treibstoffe erörtert.

Anschließend wird für den Fuhrpark des KMUs Hel-Wacht Holding GmbH im Zuge einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse ein Umstiegsplan entwickelt. Der Fokus liegt auf Treibstoffen, die sowohl in ökonomischer, ökologischer als auch sozialer Hinsicht die größten Verbesserungspotenziale aufweisen. Die Unternehmensführung soll mit dieser Untersuchung vom Umstieg überzeugt werden.

1.3 Aufbau

Die Kernpunkte (externe Effekte, Umweltmanagementsysteme und nachhaltiges Wirtschaften) des betrieblichen Umweltmanagements fungieren als theoretische Grundlage der Arbeit, sie werden zu Beginn vorgestellt. Es folgt die Erläuterung der Rahmenbedingungen. Bei den natürlichen Rahmenbedingungen wird auf den Klimawandel und den Kohlendioxidkreislauf der Biokraftstoffe eingegangen. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen beinhalten die Strategie zur nachhaltigen Entwicklung, das Kyoto-Protokoll, die Richtlinie 2003/30/EG, die EURO-Klassen sowie eine Beschreibung der Kraftstoffe der Zukunft. Anhand der Präsentation eines Unternehmens, das bereits auf alternative Treibstoffe umgestiegen ist, wird eine Möglichkeit, in Österreich einen Fuhrpark umzustellen, aufgezeigt. Die verfügbaren alternativen Treibstoffe werden aufgezählt und die technischen Erfordernisse zum Einsatz dieser Treibstoffe dargestellt.

In Kapitel 4 werden die Treibstoffe Benzin, Diesel, Erdgas, Biogas und Biodiesel verglichen. Nach der Definition der Treibstoffe wird im Zuge einer technischen Darlegung das Ausgangsmaterial, die Gewinnung und Verarbeitung umschrieben. Danach werden das Emissionsaufkommen, die Verfügbarkeit und der Preis erörtert. Im Zuge einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird für das Unternehmen Hel-Wacht Holding GmbH in Kapitel 5 ein Umstiegsplan entwickelt. Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird in acht Schritten mit folgenden Inhalten durchgeführt: Zielanalyse, Aufzeigung der Nebenbedingungen, Alternativenbestimmung, Kostenanalyse, Wirksamkeitsanalyse, zeitliche Homogenisierung, Risiko- und Unsicherheitsanalyse und Ergebniszusammenfassung in einer Kosten-Wirksamkeits-Matrix. Im abschließenden Kapitel 6 werden Schlüsse aus der Untersuchung gezogen.

2 Theoretische Grundlagen

2.1 Betriebliches Umweltmanagement

Im BROCKHAUS (1991, 604) ist **betriebliches Umweltmanagement** als „die Gesamtheit aller unternehmenspolitischen Entscheidungen, welche die Gestaltung der Beziehung zwischen Unternehmen und den von ihren Aktivitäten direkt und indirekt betroffenen Bezugsgruppen (Konsumenten, Staat, Banken, Lieferanten usw.) zum Gegenstand haben“ definiert. Mit diesem Konzept wird „die Planung, Durchführung und Kontrolle von strategischen und operativen Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung und Beseitigung von Umweltschäden sowie die Ausschöpfung der sich durch Umweltschutz eröffnenden Marktpotentiale“ beschrieben.

Der Begriff der nachhaltigen Entwicklung des 1987 publizierten Brundland-Berichts ist Basis dieser Wissenschaft. Er wird wie folgt definiert: „**Sustainable Development** is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“ (UNITED NATIONS, 1987, 54).

„Das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung knüpft an globale Probleme an. Die Umsetzung muss jedoch auf lokaler und regionaler Ebene stattfinden. Unternehmen nehmen [...] hierbei eine Schlüsselrolle ein, da sie sowohl Problemverursacher als auch -löser sind“ (MÜLLER und KOPLIN, 2003, 29).

Nach SCHALTEGGER (2000, 5ff) ist die Darstellung der Beziehung zwischen menschlicher Aktivität und der Natur Gegenstand der **Umweltökonomie**, ein Teilgebiet des Umweltmanagements. Die Umweltökonomie versucht Zusammenhänge zwischen der Umwelt, das ist die den Menschen umgebende Biosphäre, und der Wirtschaftslehre aufzuzeigen. Menschliches Handeln führt zu Umweltauswirkungen.

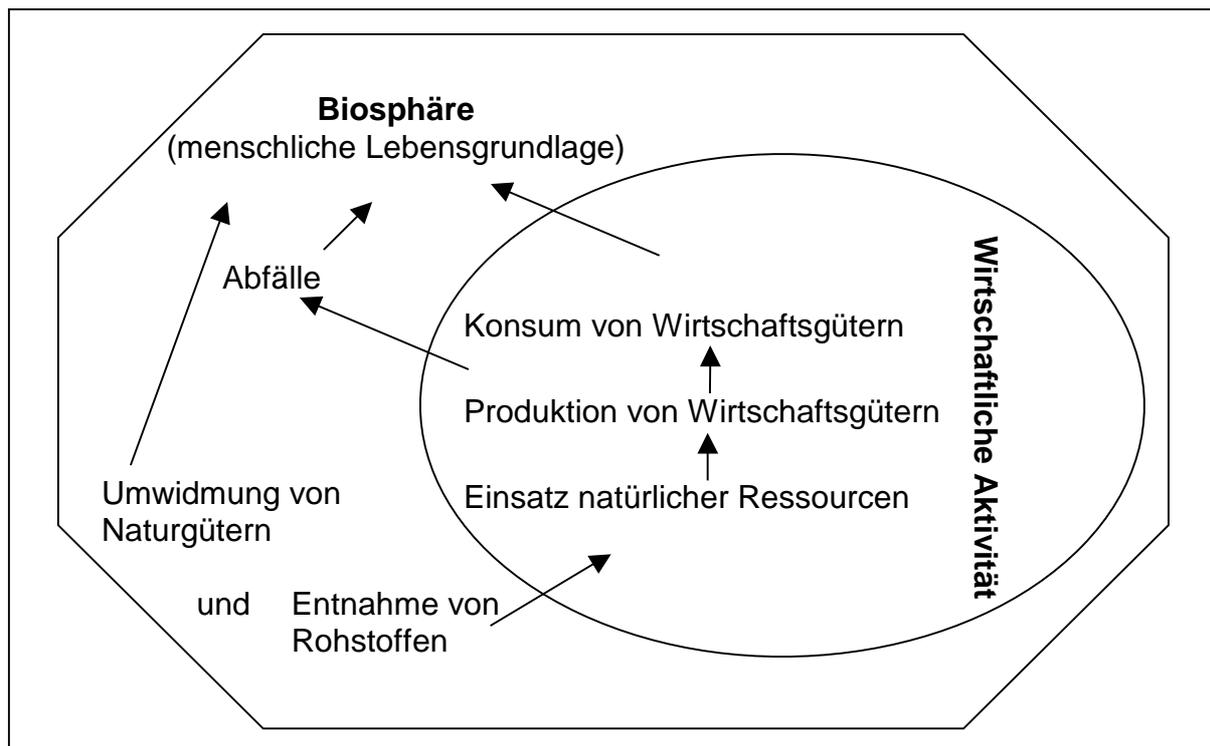
DIEKMANN und PREISENDÖRFER (2001,114) sind der Meinung, dass Aufklärung und Erziehung nicht ausreichen, um umweltbewusstes Handeln hervorzurufen. Deshalb ist es notwendig, die ökonomischen Gesetzmäßigkeiten hinter dem menschlichen Handeln herauszufinden. Die für die Umwelt bedeutendsten menschlichen

Handlungen sind **wirtschaftliche Aktivitäten**. Als Hauptziel der wirtschaftlichen Aktivität kann die Produktion von Konsumgütern genannt werden. Um diese produzieren zu können, werden neben Kapital und Arbeit – auf die hier nicht näher eingegangen wird – Naturgüter benötigt. Naturgüter lassen sich in dauerhaft nutzbare Naturgüter wie der Boden und die natürlichen Rohstoffe unterteilen. Natürliche Rohstoffe sind einerseits regenerative Rohstoffe (z.B. Holz) und andererseits nichtregenerative Rohstoffe (z.B. Erdöl) (vgl. SCHALTEGGER, 2000, 5ff).

BAUMAST und PAPE (2003, 18) unterscheiden zwischen der schwachen, starken und ökologischen Nachhaltigkeit. Mit der **schwachen** Nachhaltigkeit, „kann z. B. ein unveränderter Verbrauch an fossilen Energieträgern durch den Hinweis gerechtfertigt werden, dass der Energiebedarf zukünftiger Generationen mit Solarenergie gedeckt werden könne.“ Bei der **starken** oder strikten Nachhaltigkeit wird angestrebt, keine nichtregenerierbaren Ressourcen zu benutzen und regenerierbare nur unterhalb ihrer Assimilationskapazität einzusetzen. BAUMAST und PAPE (2003, 18) stellen dazu fest: „Da beide Konzepte erhebliche Nachteile haben, wird von den Vertretern der Ökologischen Ökonomie [dem die Arbeit entspricht] ein weiterer Weg diskutiert, der auch als (kritische) **ökologische** Nachhaltigkeit bezeichnet wird. Diese Sichtweise erkennt die Notwendigkeit einer **Substitution natürlicher Ressourcen** kurz- bis mittelfristig an, jedoch darf dabei niemals ein kritischer natürlicher Ressourcenbestand unterschritten werden.“

Im gesamten Produktionsprozess fallen Abfälle, die in Abfälle in fester Form und Emissionen unterteilt werden können, an. Auch die Nutzung von Konsumgütern verursacht Abfälle. Wirtschaftliche Aktivität lässt sich daher als ein Prozess definieren, der eine stoffliche Umwandlung von Naturgütern in Abfälle bewirkt. Wesentlich ist die Tatsache, dass die Biosphäre ein abgeschlossenes System ist, und alle anfallenden Produkte und Nebenprodukte in der Biosphäre verbleiben. Daher kommt es zu verschiedensten **Anreicherungen**, zum Beispiel im Boden oder der Luft, denen entgegenzuwirken ist (vgl. SCHALTEGGER, 2002, 11f). Abbildung 1 visualisiert zusammenfassend die Notwendigkeit der Anpassung menschlicher Aktivität an das natürliche Ökosystem.

Abbildung 1: Beziehung zwischen Mensch, Wirtschaft und Natur



Quelle: SCHALTEGGER, 2000, 10.

2.2 Externe Effekte

Nach NOWOTNY (1999, 43) liegen „externe Effekte vor, wenn die ökonomische Lage eines Wirtschaftssubjektes durch Aktionen eines anderen Wirtschaftssubjekts positiv oder negativ beeinflusst wird, ohne dass Gegenleistungen (Bezahlung, Entschädigung) erfolgen.“ Im Falle eines Nutzens für Dritte wird von positiven, bei Auftreten von Schäden für Dritte von **negativen externen Effekten** gesprochen.

Die externen Effekte dienen in der Volkswirtschaftslehre zur Begründung staatlicher Intervention und stehen in Zusammenhang mit der Verteilung öffentlicher Güter. **Öffentliche Güter** haben keinen Markt bzw. Preis und niemand kann von ihrer Nutzung ausgeschlossen werden. Es gibt öffentliche Güter, die vom Staat zur Verfügung gestellt werden bzw. werden sollten, wie die öffentliche Sicherheit. Freie Güter (z. B. die Luft) werden von der Natur bereitgestellt und zählen ebenfalls zu den öffentlichen Gütern. Da keine Kosten durch die Nutzung dieser Güter entstehen, kann es zu einer Übernutzung kommen (vgl. SCHALTEGGER, 2002, 18ff).

2.3 **Umweltmanagementsysteme**

Im Umweltmanagement fungiert die Theorie der externen Effekte als Unterstützung, Unternehmen freiwillig zum nachhaltigen Wirtschaften anzuregen. Das betriebliche Umweltmanagement stellt dazu **Umweltmanagementsysteme (UMS)** bereit. „There are basically two relevant systems: EMAS (Eco-management and Audit Scheme, the European Union standard, and a state run system) and ISO 14001 (the worldwide EMS-standard, privately run by the International Organization for Standardization)“ (FREIMANN und WALTHER, 2001, 91).

MÜLLER und KOPLIN (2003, 40f) beschreiben den Ablauf der Zertifizierung folgendermaßen: „Am Beginn steht immer die Problemidentifikation. [...] Die Antwort auf die Frage, wie ein Unternehmen nachhaltig Wirtschaften kann, ist [...] von der individuellen Situation des Unternehmens und den Forderungen der Stakeholder abhängig.“ Nach MÜLLER et al. (2003, 43) werden „als Stakeholder bzw. Anspruchsgruppe alle Personen und/oder Gruppen bezeichnet, die ein Interesse an dem Verhalten eines Unternehmens haben, weil sie durch die Zielerreichung des Unternehmens berührt werden oder umgekehrt diese beeinflussen können. [...] Mit Hilfe der UMS werden die Daten und Informationen erhoben und mit der Zertifizierung durch eine neutrale Instanz wird ihnen die notwendige Glaubwürdigkeit verliehen. Damit entsteht für die Stakeholder eine vertrauenswürdige Basis, um mit dem Unternehmen zu interagieren.“

Umweltmanagementsysteme unterstützen die sichere Einhaltung der gesetzlichen Bestimmungen. Zur freiwilligen Internalisierung externer Effekte stellt STEGER (2000, 25) fest: „Freiwillig werden Unternehmen aber nur etwas tun, wenn es in ihrem spezifischen Organisationsinteresse liegt. Schließlich sind sie in einer Marktwirtschaft dazu da, kaufkräftige Nachfrage zu befriedigen oder auch durch Innovationen neue Nachfrage zu schaffen. Um zu überleben, müssen sie daraus einen Gewinn erzielen, weshalb sie auch bei freiwilligen Maßnahmen darauf achten, entweder die Erlöse damit zu steigern oder die Kosten senken zu können.“ Mit der Implementierung von Umweltmanagementsystemen ist zu beachten, dass gewisse Kosten sofort anfallen, sich Erträge jedoch über Jahre entwickeln.

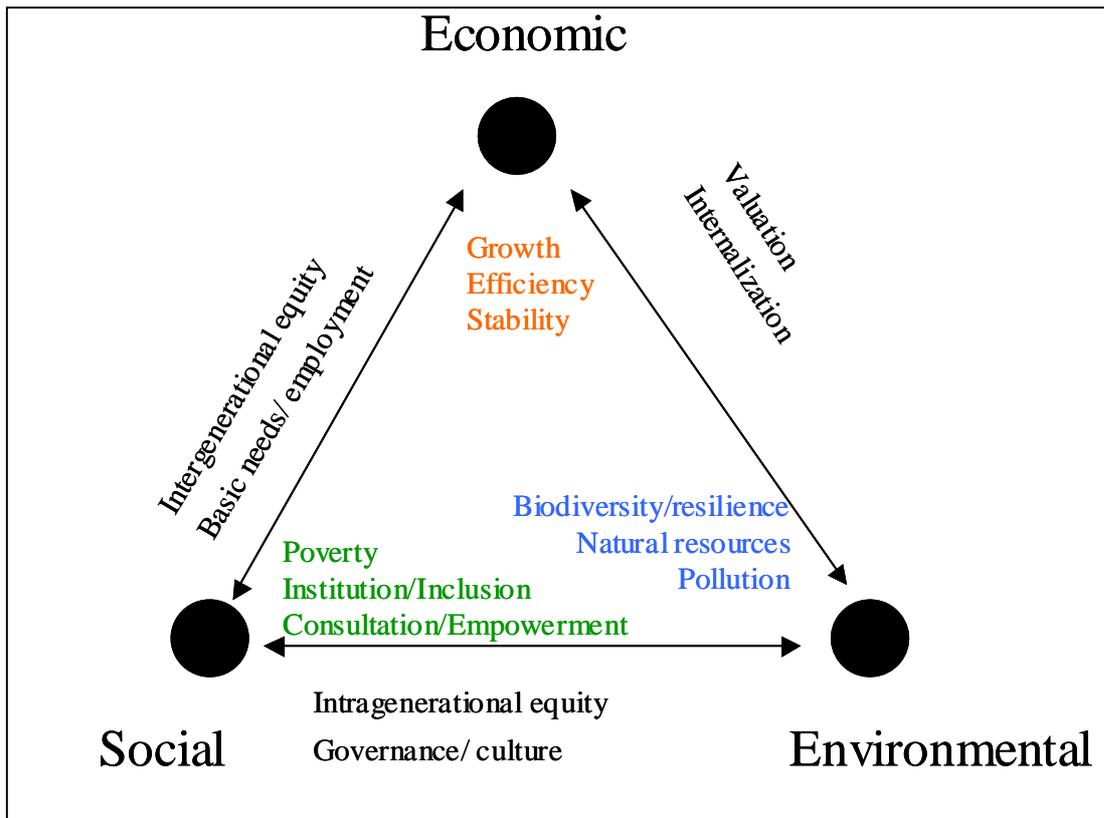
Zur Implementierung von UMS in kleinen und mittleren Unternehmen meint KOTTMANN (2000, 83): „Verglichen mit Großunternehmen müssen kleine und mittlere Betriebe (**KMU**s) beim Aufbau von Umweltmanagementsystemen einen überproportional hohen Aufwand leisten. Auch wenn die Strukturierung von Abläufen häufig begrüßt wird, bleibt unterm Strich ein ungenügendes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Erschwerend kommen geringe personelle Kapazitäten, fehlende Informationssysteme und folglich hohe Beraterkosten hinzu. Umweltmanagementsysteme sollten deshalb von unnötigem Formalismus befreit werden und eine Unterstützung der Unternehmen durch Kammern und Verbände [ist] notwendig.“

2.4 Nachhaltiges Wirtschaften

Unternehmer werden nur freiwillig einen Schritt in Richtung Nachhaltigkeit setzen, wenn zumindest ein **ökonomischer Anreiz** besteht. Umweltmanagement muss für KMUs in Form von Projekten schmackhaft gemacht werden. Der Idealfall stellt eine Verbesserung in allen drei Bereichen des Umweltmanagements (ökologisch, ökonomisch und sozial) dar. Abbildung 2 zeigt die drei Säulen der Nachhaltigkeit und Kriterien für nachhaltiges Wirtschaften im Sinne des Umweltmanagements. Die ökonomische Säule steht für Wachstum, Effizienz und Stabilität. Die ökologische Säule beinhaltet die adäquate Verwendung natürlicher Ressourcen als auch die Vermeidung jeglicher Emissionen und geht der Frage der Biodiversität nach. Die Vermeidung von Armut, der Umgang mit Mitarbeitern und der Kontakt zur Unternehmensumwelt werden durch die soziale Säule berücksichtigt.

Der Begriff Nachhaltigkeit stammt aus der Forstwirtschaft, die Nachhaltigkeit bezieht sich dort auf die **ökologische** Komponente. Ein nachhaltiger Forstbetrieb schlägt so viel Holz wie der Wald verkraftet. Die **soziale** Komponente ist die am wenigsten beachtete Säule von Unternehmen, die Umweltmanagementsysteme bereits integriert haben. Sie umfasst nach STEGER (2000, 110) meist nur die „Arbeitsbedingungen von (Unter-)Lieferanten global agierender Unternehmen in Entwicklungsländern.“ Das Konzept der Corporate Social Responsibility, ein Teilgebiet des Umweltmanagements, setzt hier an. Dieses Konzept fokussiert auf die soziale bzw. gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen (vgl. KÖPPL und NEUREITER, 2004, 1).

Abbildung 2: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit



Quelle: PERCL und SCHUH, 2005.

3 Rahmenbedingungen

In diesem Kapitel werden wesentliche Rahmenbedingungen für den Umstieg vorgestellt. Anschließend wird ein Unternehmen präsentiert, das seinen Fuhrpark bereits auf alternative Treibstoffe umgestellt hat. Es folgt die Aufzählung der für die Arbeit gewählten Treibstoffe und abschließend eine Beschreibung der technischen Erfordernisse für den Einsatz dieser Treibstoffe.

3.1 *Natürliche Rahmenbedingungen*

3.1.1 Klimawandel

Die Meinungen über Ursache und Wirkung des Klimawandels gehen auseinander. Fest steht, ein Temperaturanstieg ist zu verzeichnen (vgl. IPCC, 2001, 5). Nach HAGEDORN (2005, 135ff) ist die Mehrzahl der Klimaforscher überzeugt, dass dieser Temperaturanstieg auf anthropogene, vom Menschen verursachte, Aktivitäten, wie erhöhte Treibhausgasemissionen, zurückzuführen ist. Um diese Auswirkungen in Klimamodellen sichtbar machen zu können, sind noch einige Mängel der vorhandenen Modelle zu bereinigen. Es ist nötig, die unbefriedigende Berücksichtigung der Bodenfeuchte, des Niederschlags sowie der Verdunstung, um nur einige aufzuzählen, zu korrigieren.

Laut KROMP-KOLB und FORMAYER (2005, 11ff) bewirkt der Temperaturanstieg zunehmende Niederschläge in höheren Breiten und abnehmende in der Nähe des Äquators. Er führt zu einem Rückgang der Meereisfläche und Meereisdicke, einem Rückgang der Gletscher sowie zu einem Anstieg des Meeresspiegels. Das Auftreten von Extremereignissen, wie Überschwemmungen, ist dem Temperaturanstieg schwer zuzuordnen, jedoch weltweit vermehrt feststellbar. Um eine Verbindung zwischen Klimawandel und anthropogenen Treibhausgasemissionen herzustellen, wird der **Treibhauseffekt** herangezogen.

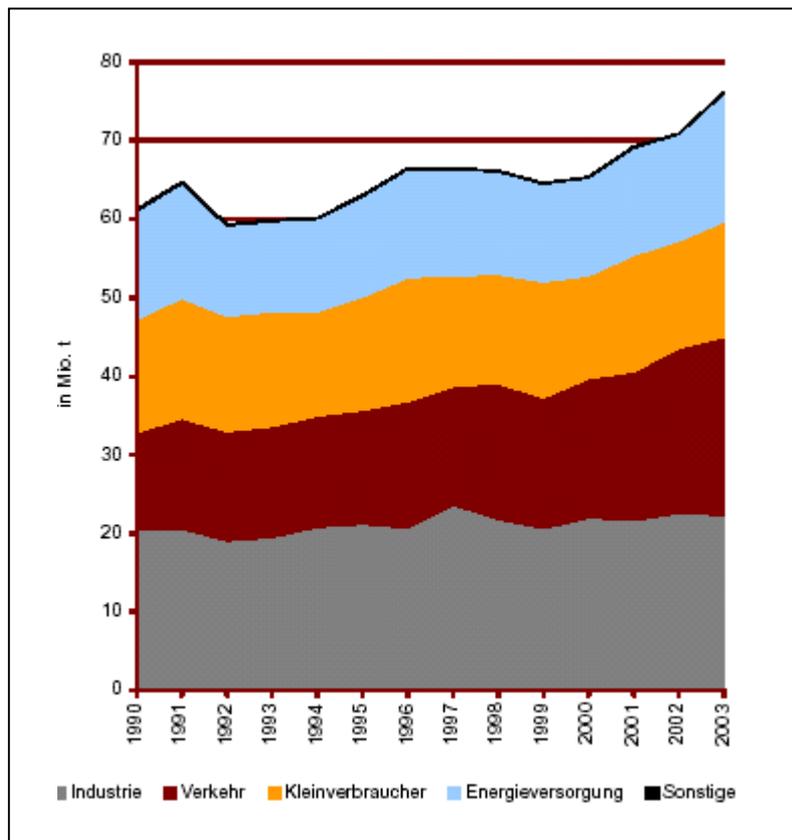
In einem geschlossenen Raum, der von einem für solare Strahlung durchlässigen, aber für die Infrarotstrahlung undurchlässigen Material (z. B. Glas) umgeben wird,

steigt durch die Sonneneinstrahlung die Innentemperatur (vgl. WINTER, 1993, 193). Dieser Effekt wird als Treibhauseffekt bezeichnet und lässt sich auch auf die Erde beziehen. Die Erde stellt mit der sie umgebenden Atmosphäre und Ozonschicht¹ einen geschlossenen Raum dar. In diesem abgeschlossenen Raum befinden sich Gase, genannt Treibhausgase. Diese Gase sind für die kurzwellige Sonnenstrahlung durchlässig, während die langwellige Wärmestrahlung, die von der Erde abstrahlt, absorbiert wird. Die natürliche Menge dieser Gase führt dazu, dass die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche rund +15° C beträgt, ohne sie würde diese Temperatur nur –18° C betragen. Kommt es zu einer gesteigerten Anreicherung von Treibhausgasen, führt dies zu einer erhöhten Temperatur auf der Erde (vgl. KROMPKOLB und FORMAYER, 2005, 17).

Der Wasserdampf nimmt den größten Anteil an den **Treibhausgasen** ein, dessen Konzentration von der Temperatur und der relativen Feuchte abhängt. Die Treibhausgase Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) entstehen in großem Umfang in der Landwirtschaft, durch Verrottungsprozesse in Mülldeponien und durch andere menschliche Aktivitäten. Zu den Treibhausgasen zählen auch die künstlich erzeugten chlorierten Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW), die wegen ihrer Eigenschaft die Ozonschicht der Atmosphäre zu zerstören, bekannt sind. Das weitaus wichtigste Treibhausgas anthropogener Herkunft ist das **Kohlendioxid** (CO₂). Svante Arrhenius wies bereits im 19. Jahrhundert auf die Entstehung dieses Gases durch die Verbrennung von Kohle und die mögliche Rückwirkung auf das Weltklima hin (vgl. KROMPKOLB und FORMAYER, 2005, 17ff).

Der **Energiesektor** ist weltweit mit ca. 57 % der dominierende Verursacher der Freisetzung von Kohlendioxid in die Atmosphäre. Innerhalb dieses Sektors ist der **Verkehr** mit ca. 20 % beteiligt (vgl. LESCH et al., 1990, 3f). Verkehr ist, „die Gesamtheit aller Einrichtungen, die der räumlichen Fortbewegung von Personen, Gütern und Nachrichten dienen“ (BERTELSMANN, 1984, 134). Abbildung 3 zeigt die Entwicklung (von 1990 bis 2003) des Kohlendioxidausstoßes nach Verursachern in Österreich.

¹ Ozon, O₃, wird aus molekularem Sauerstoff unter dem Einfluss der kurzwelligen UV-Strahlung der Sonne, in einer Höhe von etwa 20 – 50 km, in der Ozonschicht der Atmosphäre (Stratosphäre) gebildet. Diese Schicht hält den größten Teil der UV-Strahlung der Sonne zurück und spielt eine wichtige Rolle im Wärmehaushalt der Erde (vgl. BROCKHAUS, 1991, 412).

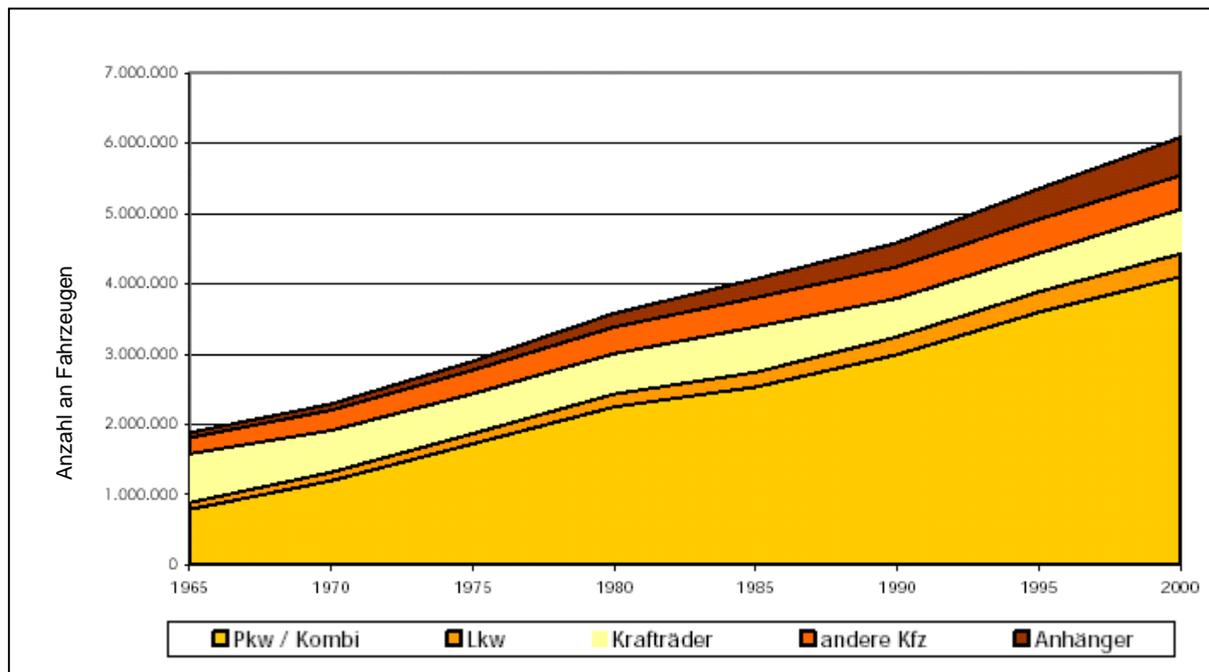
Abbildung 3: CO₂-Emissionen nach Verursachern in Österreich

Quelle: BMWA, 2005, 14.

Der Kohlendioxidausstoß des Verkehrs wird durch die Nutzung von fossilen Treibstoffen (Benzin und Diesel), die zu den fossilen Brennstoffen zählen, hervorgerufen. **Fossile Brennstoffe** „sind aus der geologischen Vergangenheit stammende feste, flüssige oder gasförmige Energierohstoffe, v. a. Torf, Braun- und Steinkohle, Erdöl und Erdgas“ (BROCKHAUS, 1991, 485). Sie entstehen nur unter hohem Druck, bei Temperaturen von mindestens 60° C und in einem Zeitraum von ca. 40-50 Jahrmillionen (vgl. PUSCH et al., 1994, 6). Diese Brennstoffe sind nichtregenerativ. Ihre Erschöpfung ist daher unausweichlich.

Im Verkehrssektor sind seit Jahrzehnten Zuwachsraten zu verzeichnen. Ursachen für den Zuwachs des Verkehrsaufkommens in Österreich sind unter anderem der steigende Lebensstandard, geändertes Freizeit- und Konsumverhalten, die Änderungen in der Raumstruktur sowie die mangelnde Einbeziehung (Internalisierung) externer Kosten (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 127). Abbildung 4 veranschaulicht die Entwicklung des Bestandes an Kraftfahrzeugen in Österreich seit 1965.

Abbildung 4: Entwicklung des Bestandes an Kraftfahrzeugen



Quelle: BMVIT, 2002, 71.

3.1.2 Biokraftstoffe

Laut Kraftstoffverordnung sind Biokraftstoffe „flüssige oder gasförmige Kraftstoffe, die aus Biomasse hergestellt werden und die zum Betrieb von Fahrzeugverbrennungsmotoren bestimmt sind“ (BGBl. 417 § 2 Z 2 a). Biokraftstoffe beruhen im Vergleich zu den fossilen Kraftstoffen auf regenerativen Quellen (bzw. Verwendung nachwachsender Rohstoffe²). Dies bedeutet, sie sind bei entsprechendem Umgang (das heißt z. B. kein ausschließlicher monokultureller Anbau) unbeschränkt reproduzierbar. Der biogene Ursprung dieser Kraftstoffe ist wesentlich. Biokraftstoffe werden aus Pflanzen produziert. Diese Pflanzen binden bei ihrer Entstehung genau so viel CO₂ wie sie im Zuge ihrer Verwendung als Treibstoff wieder freigeben. Dies führt zu einem **geschlossenen CO₂-Kreislauf**, da zur Produktion neuer Pflanzen wieder CO₂ benötigt wird. „Solange nicht mehr Biomasse genutzt wird als laufend nachwächst, bewegt sich der Kohlenstoff bei der energetischen Nutzung der Biomasse innerhalb des natürlichen Kohlenstoffkreislaufes“ (KOPETZ, 2002, 36).

² Rohstoffe ist die allgemeine Bezeichnung für „diejenigen Bestandteile der belebten und unbelebten Natur, die von Menschen unter jeweils spezifischen, raumzeitlichen Bedingungen gezielt angeeignet und genutzt werden. Als Synonym für Rohstoffe wird heute auch die Bezeichnung (natürliche) Ressourcen verwendet“ (BROCKHAUS, 1991, 484f).

Es gibt eine Vielzahl **biogener Kraftstoffe**. Zum Überblick seien genannt (vgl. GRUNERT, 2003, 98):

- § Fettsäuremethylester (dazu zählt Rapsmethylester – Biodiesel aus Raps)
- § reine Pflanzenöle
- § Ethanol (als Benzinersatz)
- § Biogas und
- § synthetische Kraftstoffe auf biogener Basis (auch als BTL-Kraftstoffe bezeichnet).

Mit der Erzeugung von Treibstoffen aus biogenen Rohstoffen (z. B. Biodiesel aus Rapsöl, Ethanol aus Mais, Weizen oder Zuckerrübe) rückt die Bedeutung der Erschließung eines neuen Absatzmarktes für die **Landwirtschaft** in den Vordergrund. Laut WÖRGETTER et al. (1999, 4) ist die Landwirtschaft der einzige Sektor, der mehr Energie erzeugt als er verbraucht. Es werden Produkte wie Nahrungsmittel, Futtermittel etc. mit einem Energiegehalt von ca. 500 PJ erzeugt, die einem Bedarf an Energie von ca. 50 PJ gegenüberstehen. Nach NEUMANN (2003, 8) haben der züchterische Fortschritt, der Einsatz moderner Maschinen und die veränderten Ernährungsgewohnheiten dazu geführt, dass auf der vorhandenen Agrarfläche mehr Nahrungsmittel produziert als benötigt werden. Eine Studie der IWI (1998) ergab ein Wertschöpfungspotenzial von 10.153,30 Mio. Schillingen und ein Beschäftigungspotenzial von rund 19.000 Beschäftigten bei Produktion von Bioenergie in Österreich (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht über Wertschöpfungs- und Beschäftigungspotenziale

Segment	Wertschöpfung in Mio. öS	Anzahl Beschäftigte
Biodiesel	166,2	262
Biogas	295,7	263
Biomasse	6.703	15.913
Beratung	447,2	356
Fernwärme	1.163,7	1.149
Industrie	1.377,5	968
Summe	10.153,3	18.911

Quelle: SCHRÖCK et al., 1998, 48.

„Aus agrarpolitischer Sicht ist der Treibstoffmarkt noch wichtiger als der Wärmemarkt, weil er sehr rasch eine beträchtliche Entlastung der Agrarmärkte brächte. Daher sind die Bemühungen zur Rapsölveresterung und dort, wo die Rahmenbedingungen passen, zur Alkoholerzeugung zu realisieren. Die Erschließung der Energiemärkte durch die Landwirtschaft muss Hand in Hand mit der Ausweitung des Angebotes gehen. Die Argumente für die Biomasse – wie krisensicher, inländisch, erneuerbar, aus der Region, umweltfreundlich, CO₂-neutral – sind so überzeugend, dass ein Erfolg der lokalen Initiativen bei vernünftiger Unterstützung durch staatliche Stellen sicher ist“ (KOPETZ, 1991, 144).

3.2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

3.2.1 Strategie zur nachhaltigen Entwicklung

Der Klimawandel ist nicht nur eine Frage der unternehmerischen Verantwortung, sondern auch eine politische und gesamtgesellschaftliche, um tatsächlich der vorherrschenden Entwicklung entgegenwirken zu können. 1992 fand in Rio der erste so genannte Erdgipfel statt. Dort wurde unter anderem die von 178 Staaten ratifizierte Agenda 21, die aufruft, nationale Strategien für nachhaltige Entwicklung zu verabschieden, festgelegt. Am 30.04.2002 wurde eine österreichische Strategie zur nachhaltigen Entwicklung im Ministerrat als „Initiative der Bundesregierung“ beschlossen. In dieser Strategie werden Handlungsfelder, Ziele und Ansatzpunkte für eine nachhaltige Zukunft beschrieben. Eine **nachhaltige Verkehrsentwicklung** zählt ebenfalls zu den Handlungsfeldern (vgl. BMLFUW, 2005).

Die Bilanz von SCHLEICHER (2001, 1) ist nach zehn Jahren internationaler und nationaler Klimapolitik im Anschluss an die erste globale Umweltkonferenz in Rio de Janeiro im Jahr 1992: „Ernüchternd ist die Einsicht, dass die bisherigen internationalen Vereinbarungen zum Klimaschutz so bescheiden sind, dass das globale Klima davon nichts zu spüren bekommen wird. Ermutigend ist die Erkenntnis, dass sich die internationale Staatengemeinschaft dem Thema Klima mit einer Intensität widmet, die im nichtmilitärischen Bereich nur noch mit den Aktivitäten zur Koordinierung der internationalen Handelsbeziehungen vergleichbar ist.“

Nach LESCH et al. (1990, 3f) konzentrieren sich politische Maßnahmen zur Erreichung einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung einerseits auf die Reduktion des Verkehrsaufkommens sowie eine Veränderung der Verkehrsträgerstruktur, wie den Ausbau der Bahn. Andererseits steckt in technischen Innovationen der Verkehrsmittel, wie der Reduktion des Kraftstoffverbrauchs, großes Potenzial.

Der **Biomasse-Aktionsplan** ist eine aktuelle Initiative der österreichischen Bundesregierung, einen Anreiz zur Nutzung alternativer Energiequellen zu schaffen. Dieser zielt darauf ab, im Zuge des europäischen Ratsvorsitzes Österreichs von 01.01.2006 bis 30.06.2006 erneut auf die Wichtigkeit der nachhaltigen Energieversorgung mittels alternativer Energiequellen hinzuweisen. Die Förderung des Einsatzes von Biokraftstoffen wird angestrebt (vgl. BMLFUW, 2006).

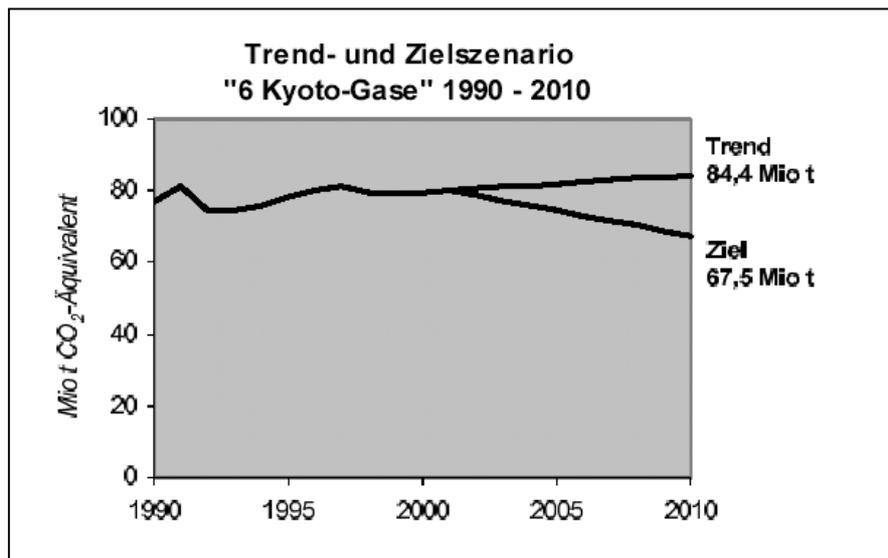
3.2.2 Kyoto-Protokoll

Das Protokoll zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen sieht in Artikel 3 Abs. 1 vor, dass sich die Vertragsparteien innerhalb des Zeitraums 2008 bis 2012 verpflichten, ihre Gesamtemissionen der Gase Kohlendioxid, Methan, Distickstoffoxid, teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe, perfluorierte Kohlenwasserstoffe und Schwefelhexafluorid um mindestens 5 v.H. unter das Niveau von 1990 zu senken (vgl. VEREINTE NATIONEN, 1997, 3). Nach Artikel 25 Abs. 1 tritt dieses Protokoll „am neunzigsten Tag nach dem Zeitpunkt in Kraft, zu dem mindestens 55 Vertragsparteien des Übereinkommens, darunter in Anlage I aufgeführte Vertragsparteien, auf die insgesamt mindestens 55 v.H. der gesamten Kohlendioxidemissionen der in Anlage I angeführten Vertragsparteien im Jahr 1990 entfallen, ihre Ratifikations-, Annahme-, Genehmigungs- oder Beitrittsurkunden hinterlegt haben“ (VEREINTE NATIONEN, 1997, 21). Artikel 27 Abs. 1 besagt: „Eine Vertragspartei kann jederzeit nach Ablauf von drei Jahren nach dem Zeitpunkt, zu dem dieses Protokoll für sie in Kraft getreten ist, durch eine an den Verwahrer³ gerichtete schriftliche Notifikation von dem Protokoll zurücktreten“ (VEREINTE NATIONEN, 1997, 21).

³ Laut Artikel 23 ist der Generalsekretär der Vereinten Nationen der Verwahrer des Protokolls.

Laut BMLFUW (2002, 10) wurde am 18. Juni 2002 die Klimastrategie 2008/2012 „Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels“ vom Ministerrat angenommen. Angestrebt wird ein Ziel von 67,5 Mio. t CO₂-Äquivalent im Jahr 2010. Dies bedeutet eine Reduktion gegenüber dem erwarteten Trend ohne Maßnahmen von rund 17 Mio. t CO₂-Äquivalent (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Trend- und Zielszenario „6 Kyoto-Gase“ 1990 – 2010



Quelle: BMLFUW, 2002, 10.

Russland trat am 18. November 2004 mit Übergabe der Ratifikationsdokumente dem Kyoto-Protokoll bei. Damit werden die Bedingung des Kyoto-Protokolls im Artikel 25 Abs. 1 erfüllt. Das Kyoto-Protokoll ist seit 16. Februar 2005 in Kraft (vgl. BMLFUW, 2005). Die EU hat sich auf eine Reduktion der CO₂-Emissionen im „burden sharing agreement“ festgelegt, in dem Österreich verpflichtet ist, bis 2010 eine Reduktion von 13 % auf Basis 1990 zu erreichen (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 396).

3.2.3 RL 2003/30/EG

Die Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderer erneuerbarer Kraftstoffe im Verkehrssektor stellt unter Abs. 6 fest, dass die Verwendung von Biokraftstoffen ein Teil des für die Einhaltung des Kyoto-Protokolls erforderlichen Maßnahmenpaktes ist. Die Mitgliedstaaten werden in Artikel 3 Abs.1a aufgefordert sicherzustellen, einen Mindestanteil an Biokraftstoffen und anderen

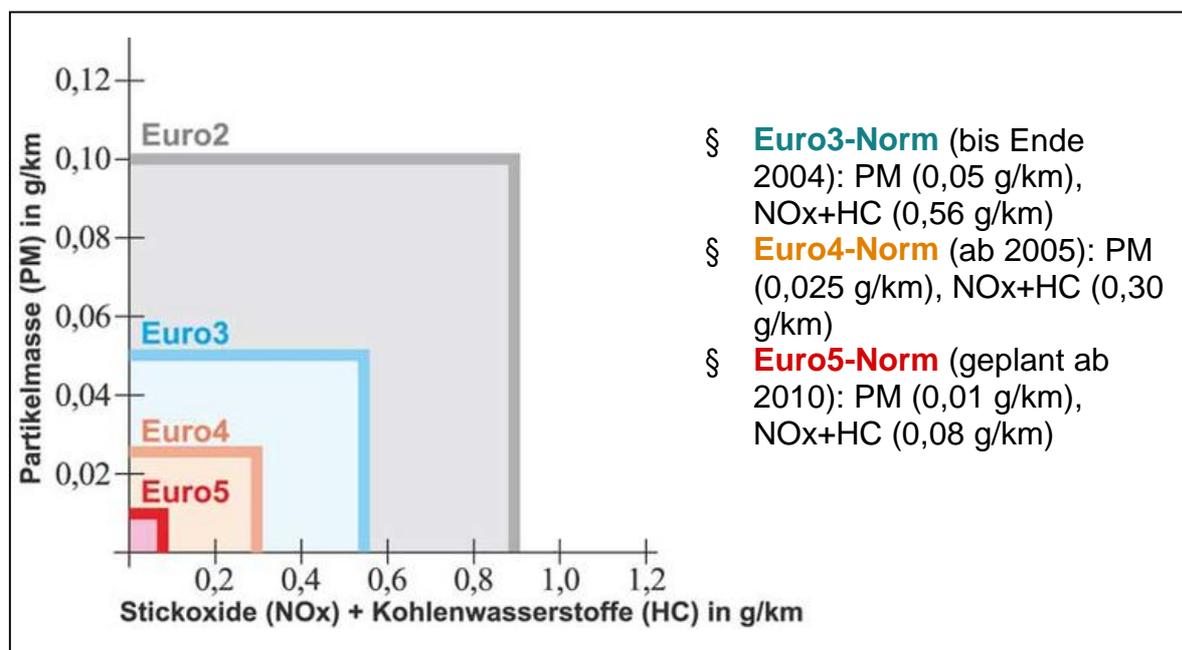
erneuerbaren Kraftstoffen auf ihren Märkten in Verkehr zu bringen, und nationale Richtwerte festzulegen (vgl. RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 2003, 1f). Dies führte zu einer Änderung der Kraftstoffverordnung mit der Bestimmung, dass ab 01.04.2005 mindestens 2,5 % des gesamten in Verkehr gebrachten Treibstoffes biogenen Ursprungs sein müssen, ab 01.04.2007 mindestens 4,3 % und ab 01.04.2008 mindestens 5,75 % (vgl. BGBl. 417 § 6 a).

Laut KURZWEIL et al. (2003, 4) bringt eine Verwendung von 5,75 % Biotreibstoffen im Vergleich zu den derzeit verwendeten Treibstoffen eine Emissionsreduktion um bis zu 1 Mio. t CO₂ pro Jahr. Diese Menge entspricht etwa 5 % der gegenwärtigen Treibhausgas-Emissionen aus dem Verkehrssektor.

3.2.4 EURO-Klassen

Um Emissionsgrenzwerte für Fahrzeuge festzulegen, startete 1992 die Europäische Gemeinschaft das **Auto Oil-Programm**. Für Diesel-PKW wurden die in Abbildung 6 charakterisierten EURO-Klassen entwickelt (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 134).

Abbildung 6: EURO-Normen für Diesel-PKW



Quelle: AUTO TOURING, 2003.

Die Vorschriften erlauben Partikelemissionen von maximal 0,025 g/km sowie NO_x- und HC-Emissionen von maximal 0,30 g/km. Ab 2005 sieht die Euro5-Norm Partikelemissionen von 0,01 g/km und NO_x- sowie HC-Emissionen von 0,08 g/km vor.

3.2.5 Kraftstoffe der Zukunft

Die FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2005, 39) stellt fest, dass „effiziente Diesel- und Ottomotoren, neue Motorenkonzepte wie Hybridantriebe, BTL-Kraftstoffe und Wasserstoff in Brennstoffzellen-Fahrzeugen die größten Chancen zur Einsparung fossiler Kraftstoffe aufweisen. Neben diesen vier Optionen, die teilweise sofort, teilweise erst später greifen, tragen auch die Biokraftstoffe Biodiesel und Bioethanol in größerem Maß zur Substitution fossiler Kraftstoffe bei. Kurzfristig werden sie mit etwa fünf Prozent Marktanteil bis zum Jahr 2010 den größten Beitrag von allen alternativen Kraftstoffen leisten, der vor allem durch die Beimischung zu herkömmlichen Kraftstoffen realisiert wird. Langfristig bieten BTL-Kraftstoffe von allen Biokraftstoffen die größten Mengenpotenziale, werden aber erst nach 2010 in größerem Maße zur Kraftstoffversorgung beitragen, da Herstellungskapazitäten im industriellen Maßstab noch nicht existieren und eine Reihe technischer Fragen gelöst werden muss.“

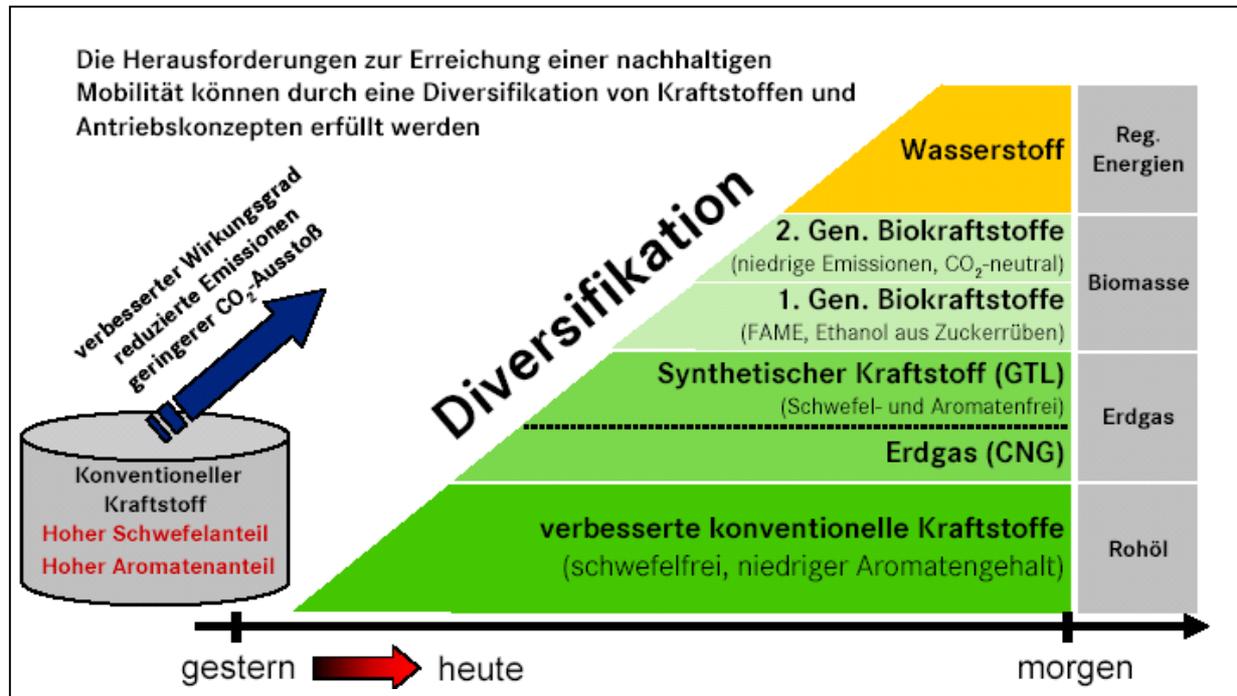
Nach KOPETZ (2002, 82) „zeichnet sich für die nächsten Jahrzehnte eine vollsolare Energiebereitstellung für die Mobilität auf der Basis folgender Technologien ab:

- § Verbrauchsrückgang durch bessere Effizienz und neue Antriebskonzepte
- § Biotreibstoffe auf der Basis landwirtschaftlicher Rohstoffe (Ethanol, Methylester)
- § Biotreibstoffe auf der Basis zellulosehaltiger Rohstoffe (Holz)
- § Wasserstoff aus der Elektrolyse von Wasser oder der Vergasung von fester Biomasse.“

Der von Daimler Chrysler publizierte Roadmap (siehe Abbildung 7) ist zu entnehmen, dass derzeit Erdgas als alternativer Treibstoff das größte Potenzial bietet. Erdgas kann sowohl in komprimierter Form (CNG) als auch als synthetischer Kraftstoff (GTL) genutzt werden. Wasserstoff wird von Daimler Chrysler als aus-

sichtsreichster Kraftstoff der entfernten Zukunft angesehen. Der Treibstoffpreis von Wasserstoff ist gegenwärtig nicht konkurrenzfähig.

Abbildung 7: Roadmap nach Daimler Chrysler



Quelle: HARTMANN, 2005.

3.3 Umstiegsbeispiel Wien Energie GmbH

Folgendes Beispiel zeigt, dass es in Österreich schon jetzt möglich ist, den Fuhrpark auf alternative Treibstoffe umzustellen. Die Wien Energie GmbH mit Hauptsitz in 1010 Wien, Schottenring 30, ging am 1. Oktober 2003 aus der Zusammenführung von Wienstrom, Wien Energie Gasnetz und Fernwärme Wien hervor. Das Unternehmen steht im 100%igen Besitz der Wiener Stadtwerke Holding AG und hält zu 100 % die Anteile der Wien Energie Gasnetz GmbH, Fernwärme Wien GmbH, Energiecomfort Energie- und Gebäudemanagement GmbH und Wienstrom GmbH (vgl. WIENER STADTWERKE, 2004, 52ff).

„Seit fünf Jahren schon leisten Erdgas-Fahrzeuge der Wien Energie Gasnetz hervorragende Dienste und kommen im täglichen Kundendienst zum Einsatz. Jetzt wird die umweltfreundliche Flotte von 26 auf 100 Fahrzeuge aufgestockt. Aus gutem Grund,

denn die Erdgasautos haben sich im Tagesbetrieb bewährt. [...] Die Erdgasflotte von Wien Energie Gasnetz wird künftig in einer eigenen zentralen Betriebstankstelle am Standort Simmering aufgetankt werden. Diese Tankstelle wird im Laufe des Jahres 2005 errichtet und in Betrieb genommen.“ Die Gründe dieser Umstellung des Fuhrparks sieht Wien Energie in folgenden Punkten: Erdgas ist kostengünstiger, umweltschonend und einer der derzeit innovativsten verfügbaren Treibstoffe. Die Fahrleistung und Sicherheit betreffend sind erdgasbetriebene Fahrzeuge herkömmlichen Modellen gleichwertig. Crashtests haben bewiesen, dass bei Unfällen und unter hoher Hitzeeinwirkung den höchsten Sicherheitsstandards entsprochen wird. Erdgas verbrennt weicher und der Motor läuft leiser (vgl. WIENER STADTWERKE, 2004, 38f).

Wien Energie hat sich zum Ziel gesetzt den Gebrauch von Erdgas als Kraftstoff voranzutreiben. Dieses Ziel soll einerseits in Kooperation mit Partnern, wie der OMV, durch den Ausbau des Erdgastankstellennetzes, und andererseits durch die Unterstützung von umstiegswilligen Fuhrparkhaltern, erreicht werden. Es werden Umsatzsteigerungen mit einem Angebot von **Contracting-Modellen für betriebliche Erdgastankstellen** erhofft. Diese Modelle entsprechen dem folgenden Ansatz: „Wien Energie plant und baut die Tankstelle, schließt diese an das Gasnetz an und betreibt sie. Die Investitionen werden über einen vereinbarten Zeitraum als Anteil an der Erdgaslieferung für die Zapfsäule abgegolten“ (WIENER STADTWERKE, 2004, 39 bzw. 58).

3.4 Verfügbare alternative Treibstoffe

In Österreich werden überwiegend Dieselfahrzeuge verwendet. Im Jahr 2004 lag deren Anteil bei rund 70 % (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 131). Daher werden in dieser Arbeit alternative Treibstoffe zum Vergleich herangezogen, die entweder in Dieselfahrzeugen verwendet werden können, oder bei Fahrzeugneuanschaffung bedeutend kostengünstiger und emissionsärmer sind. Die Verfügbarkeit in Großstädten stellt eine weitere Bedingung dar, womit die Wahl auf die alternativen Treibstoffe **CNG-Erdgas, CNG-Biogas und Biodiesel (RME)** fällt.

Ausgangsmaterialien biogener Treibstoffe binden bei ihrer Entstehung genau so viel CO₂ wie sie im Zuge ihrer Verwertung als Treibstoff wieder freigeben. Aber auch bei der Produktion dieser Ausgangsmaterialien (Anbau, Transport der Samen,

Verarbeitung der Samen etc.) wird Energie verbraucht, wodurch Emissionen entstehen. Es stellt sich daher zunächst die Frage, ob als Grundlage des Treibstoffvergleichs lediglich die beim Gebrauch des Fahrzeugs anfallenden Emissionen, oder die gesamte Emissionsbilanz der Treibstoffproduktion begutachtet werden soll. Alle Treibstoffvergleiche weisen dieses Problem auf. Die Kohlendioxidbilanz hängt von dem verwerteten Ausgangsmaterial, den Transportwegen und -mitteln sowie von der eingesetzten Technik ab (vgl. OECD, 1999). In Österreich fehlt sowohl für die fossilen Treibstoffe (Diesel, Benzin und CNG-Erdgas) als auch für Biodiesel und CNG-Biogas geeignetes **Datenmaterial der Emissionsbilanz entlang der gesamten Produktionskette**. Studien aus anderen Ländern berichten von sehr unterschiedlichen Ergebnissen. Für die USA sei beispielhaft auf die Resultate von PIMENTEL und PATZEK (2005, 73) verwiesen: „To produce 1,000 kg of sunflower oil with an energy content of 9 million kcal, the fossil energy input is 118 % higher than the energy content of the sunflower biodiesel.“

Abschließend sei angemerkt, dass eine Vielzahl anderer neuer Treibstoffe auf dem Markt beworben wird, die jedoch nicht mit alternativen Treibstoffen biogenen Ursprungs zu verwechseln sind. Als Beispiel sei der Treibstoff BP Ultimate Diesel genannt, der mit dem Slogan „mehr Leistung, weniger Schadstoffe“ wirbt, und zu Verwirrungen beitragen kann (vgl. BRITISH PETROL, 2005).

3.5 Technische Erfordernisse für den Einsatz von Erdgasfahrzeugen

Um Erdgas in Fahrzeugen effizient nutzen zu können, wird empfohlen spezielle Erdgasfahrzeuge anzuschaffen (vgl. FACHVERBAND GAS WÄRME, 2005). Eine Zusammenstellung der in Österreich erhältlichen erdgasbetriebenen Fahrzeuge zeigt Tabelle 2. Außerdem sind Richtwerte für die Reichweite angeführt. Es gibt mono- und bivalente **Erdgasfahrzeuge**. Monovalente Fahrzeuge fahren ausschließlich mit Erdgas, wohingegen bivalente über einen Erdgas- als auch einen Benzintank verfügen. Bivalente Fahrzeuge lassen eine Wahl zwischen Benzin- und Erdgasantrieb zu, nach Ende des Erdgasvorrats wird automatisch auf Benzinbetrieb umgestellt.

Tabelle 2: Derzeit in Österreich erhältliche Erdgasfahrzeuge – Stand August 05

Marke	Typ/Modell	Reichweite CNG/gesamt (CNG und Benzin)	Bemerkungen
Citroen	Berlingo/1,4i Erdgas	180/900 km	Erhältl. in verschiedenen Ausführungen
Fiat	Punto/1,2 Natural Power	260/900 km	
	Multipla/1,6 Natural Power Dynamic	400/800 km	
	Doblo Cargo/1,6 Bipower SX	270/600 km	Erhältl. auch als Maxi Cargo
	Ducato/2,0 Biopower	270/870 km	
Ford	Transit/2,3 l	300/1.000 km	Erhältl. in verschiedenen Ausführungen
	C-MAX/ 2,0 Duratec	250/970 km	Erhältl. ab Herbst 2005
Iveco	Daily/35,50,65	360/360 km	Erhältl. in verschiedenen Ausführungen
Mercedes	E/200 NGT Autom.	300/1.000 km	Erhältl. in verschiedenen Ausführungen
	Sprinter/NGT	300/300 km	Erhältl. auf Anfrage
Opel	Astra Caravan/CNG Comfort 1,6	390/570 km	
	Combo/CNG 1,6	370/550 km	Erhältl. in verschiedenen Ausführungen
	Zafria/CNG	?	Erhältl. ab Anfang 2006
Volvo	S60/2,4 Bi-Fuel	260/560 km	Erhältl. als Kintic, Momentum, Summum und Automatik
	V70/2,4 Bi-Fuel	280/580 km	Erhältl. als Kintic, Momentum, Summum und Automatik
	S80/2,4 Bi-Fuel	280/580 km	Erhältl. als Kintic, Momentum, Summum und Automatik
VW	Golf Variant/2,0 Bi Fuel	210/850 km	
	Touran/2,0 EcoFuel	310/500 km	Erhältl. ab Mai 2006
	Caddy/2,0 EcoFuel	440/620 km	Erhältl. ab Mai 2006

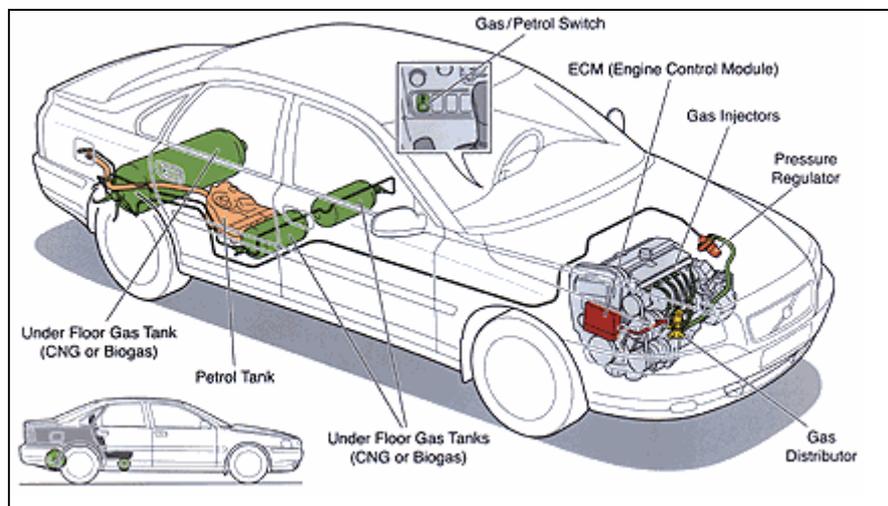
Quelle: LEASEPLAN, 2005.

Laut FACHVERBAND GAS WÄRME (2005) verfügt ein CNG-Fahrzeug über folgende zusätzliche bzw. adaptierte Komponente (siehe auch Abbildung 8):

- § Tankanschluss und Tank: Der Anschluss zum Tanken ist entweder nur für CNG-Erdgas ausgelegt oder es befindet sich (bei bivalenten Fahrzeugen) neben dem Anschluss für Erdgas einer für Benzin. Erdgastanks sind Druckbehälter aus Stahl oder in Leichtbauweise aus Kohle- oder Glasfasern gefertigt und fassen in der Regel 80 kg CNG. Zur Erzielung größerer Reichweiten kann der Kraftstoffvorrat durch den Einbau von Zusatztanks erhöht werden. Diese sind über Hochdruckleitungen mit dem Haupttank verbunden. Bei bivalenten Fahrzeugen neuerer Generation ist der Benzintank bereits kleiner konzipiert und somit kann der dadurch entstehende Platz für zusätzliche Erdgastanks genutzt werden.

- § Druckregler und Verteiler: Um den nötigen Druck für den Motorbetrieb erreichen zu können, wird zunächst das in den Tanks gespeicherte Erdgas den Druckreglern über ein Magnetventil zugeführt. Diese reduzieren den Speicherdruck (200 Bar) auf den Einblasdruck von ca. 1-10 Bar. Die Weiterleitung zum Motor erfolgt meist über einen mikroprozessorgesteuerten Gasverteiler, der dafür sorgt, dass die Einblasdüsen jedem Zylinder die jeweils erforderliche Kraftstoffmenge zuführen.
- § Motor: Es kann jeder konventionelle Otto-Motor mit Erdgas betrieben werden. Von den Herstellern empfohlen werden erdgasoptimierte Motoren, da sie die vielfältigen Vorteile des Kraftstoffs Erdgas besser nutzen.
- § Kontroll- und Bedienelemente: Im Innenraum des Fahrzeugs weisen die Tankanzeige und der Kraftstoffwahlschalter auf die Erdgasverwendung hin. Bei bivalenten Modellen lassen sich an der Tankanzeige die vorhandenen Reserven beider Kraftstoffe sowie der momentan verwendete Kraftstoff ablesen. Der Kraftstoffwahlschalter erlaubt auch während der Fahrt das Umschalten von Erdgas- auf Benzinantrieb und umgekehrt.

Abbildung 8: CNG-Fahrzeug



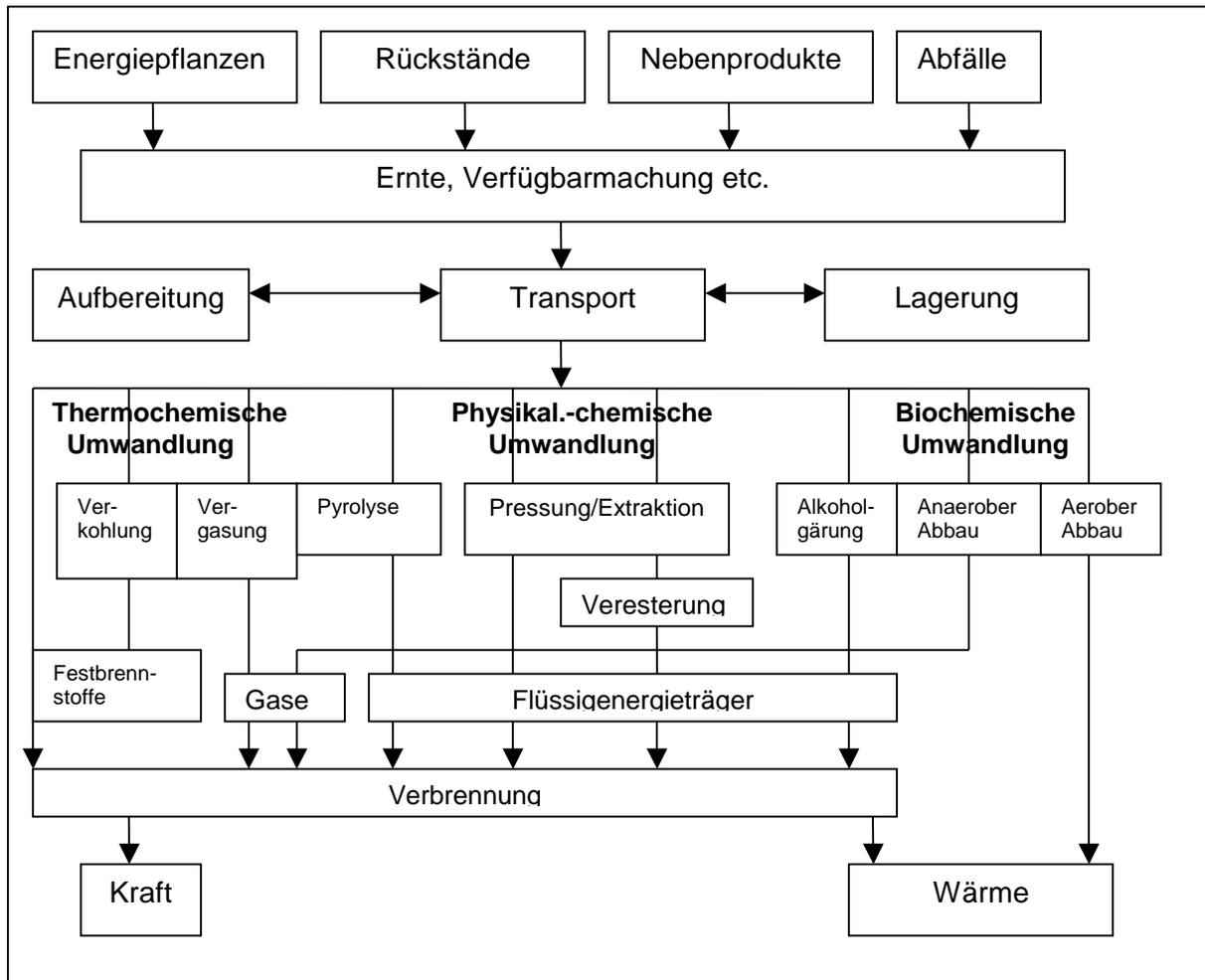
Quelle: FACHVERBAND GAS WÄRME, 2005.

3.6 **Energiebereitstellung aus Biomasse**

KALTSCHMITT (2003, 629) unterteilt die Biomasse in „die in der Natur lebende Phyto- und Zoomasse (Pflanzen und Tiere), die daraus resultierenden Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle (z. B. tierische Exkremente), abgestorbene (aber noch nicht fossile) Phyto- und Zoomasse (z. B. Stroh) und im weiteren Sinne alle Stoffe, die beispielsweise durch eine technische Umwandlung und/oder eine stoffliche Nutzung entstanden sind bzw. anfallen (z. B. Schwarzlauge, Papier und Zellstoff, Schlachthofabfälle, organische Hausmüllfraktion, Pflanzenöl, Alkohol).“ Diese Biomasse kann auf verschiedenste Weise gewonnen, verarbeitet und zur Energiegewinnung bereitgestellt werden. Abbildung 9 stellt die Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse dar.

Zur Biodieselgewinnung wird überwiegend die physikalisch-chemische Umwandlung und für die Biogaserzeugung der anaerobe Abbau der biochemischen Umwandlung angewendet (vgl. KALTSCHMITT, 2003, 633f). Die **physikalisch-chemische Umwandlung** basiert auf der Verarbeitung ölhaltiger Biomasse (z.B. Rapssaat). Dazu müssen zuerst die flüssigen Bestandteile von den festen abgetrennt werden. Dies geschieht mit dem Vorgang der Pressung (z. B. wird bei Raps das Rapsöl vom Rapskuchen getrennt). Alternativ oder zusätzlich kann durch Extraktion mit Hilfe eines Lösungsmittels dem ölhaltigen Presskuchen oder der ölhaltigen Saat der Ölinhalt entzogen werden. Es bleibt Pflanzenöl (z. B. Rapsöl) und Extraktionsschrot übrig. Der Extraktionsschrot kann beispielsweise als Futtermittel weiterverarbeitet werden. Das gewonnene Pflanzenöl ist, in seiner Reinform oder nach einer chemischen Umwandlung (Umesterung) zu Pflanzenölmethylester (z. B. Rapsölmethylester RME), als Treib- oder Brennstoff energetisch nutzbar. Die **biochemische Umwandlung** beschreibt KALTSCHMITT (2003, 634) wie folgt: „Beim anaeroben Abbau organischer Stoffe (d. h. dem Abbau unter Sauerstoffabschluss) entsteht durch die Tätigkeit bestimmter Bakterien – und damit durch biologische Abbauprozesse – ein wasserdampfgesättigtes Mischgas (Biogas), das zu rund zwei Drittel aus Methan (CH₄) besteht. Dieser Prozess läuft natürlich, z. B. auf dem Grund von Seen und technisch u. a. in Bio- oder Klärgasanlagen bzw. in Deponien ab.“

Abbildung 9: Möglichkeiten der Energiebereitstellung aus Biomasse



Quelle: KALTSCHMITT et al., 2001, 3.

4 Vergleich der Treibstoffeigenschaften

Der Vergleich der fossilen Treibstoffe Benzin, Diesel und CNG-Erdgas mit den biogenen Treibstoffen CNG-Biogas und Biodiesel ist Inhalt dieses Kapitels. Auf die gesetzliche Definition folgt eine technische Beschreibung. Es werden das Ausgangsmaterial, die Gewinnung und Verarbeitung vorgestellt. Die Erläuterung der Emissionsaufkommen sowie Details zu Verfügbarkeit und Preis bilden jeweils den Abschluss. Zuletzt folgt ein Resümee.

4.1 Fossile Treibstoffe (Benzin und Diesel)

Die Treibstoffe Benzin und Diesel werden laut BGBl. II 418 § 2 Z 1 und 2 wie folgt definiert: **Benzin**, auch unter Ottokraftstoff⁴ bekannt, wird zum Betrieb von Fahrzeugverbrennungsmotoren mit Fremdzündung verwendet und ist ein flüchtiges Mineralöl. **Dieselmotoren**⁵ funktionieren selbstzündend und sind Gasöle.

4.1.1 Technik

Diesel ist wie Benzin ein Produkt der Erdölindustrie. Erdöl ist damit Ausgangsmaterial der Treibstoffproduktion. Nach PUSCH et al. (1994, 1ff) umfasst der Begriff **Erdöl** alle unter Lagerstättenbedingungen⁶ flüssigen organischen Verbindungen, die zum Teil nach Entspannung und Abkühlung an der Erdoberfläche fest werden können. Erdöle bestehen aus einem Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe in unterschiedlichen Verhältnissen und werden von Schwefel-, Sauerstoff-, Phosphor- und Stickstoffverbindungen begleitet. Das vorhandene Erdöl wird unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit durch Explorationsbohrungen erschlossen und zu Verarbeitungsanlagen transportiert.

⁴ Spezifikation gemäß Anhang I BGBl. II 418 Kraftstoffverordnung, sowie ÖNORM EN 228.

⁵ Spezifikation gemäß Anhang II BGBl. II 418 Kraftstoffverordnung, sowie ÖNORM EN 590.

⁶ Im BROCKHAUS (1991, 505) wird Mutter- und Speichergestein unterschieden. „Das im Muttergestein in feinverteilten Tröpfchen vorhandene Erdöl wird unter dem Überlagerungsdruck nachfolgender Sedimente mit dem Erdgas und Porenwasser ausgepreßt und weicht durch Wanderung nach oben und zur Seite in ‚Speichergesteine‘ aus.“ Diese Speichergesteine müssen porös und von undurchlässigen Schichten abgedeckt sein, damit wirtschaftlich nutzbare Lagerstätten entstehen können.

Laut OMV (2006) wird Rohöl in Benzin durch vier und in Diesel durch drei Schritten umgewandelt. Der erste Schritt ist die **Rohöldestillation**. Das Ausgangsprodukt wird auf 350° C erhitzt und dabei in seine Bestandteile aufgespaltet. Es entstehen Gas und Primärbenzin, Petroleum und Gasöl. Der zweite Schritt ist die **Entschwefelung**. Die aus der Rohöldestillation gewonnenen Produkte werden unter Druck von 40 bis 70 Bar gemeinsam mit Wasserstoff auf 300 bis 420° C erhitzt und dadurch vom Schwefel befreit. Der Schwefel dient der chemischen Industrie als Rohstoff. Darauf folgt die **Veredelung** bei der die Rohbenzine durch eine Erhitzung auf 520° C unter einem Druck von zehn Bar ihre passende Oktanzahl erhalten. Es entsteht die Basis für die Produktion von Kraftstoffen, Schmierstoffen, Heizstoffen und Werkstoffen. Der vierte und letzte Schritt ist die **Mischung**. Es werden die gewonnenen Produkte mittels gezielter Mischung zu Endprodukten verarbeitet. Da Diesel eine Mischung aus Gasöl und anderer Bestandteile ist, entfällt im Gegensatz zur Benzinproduktion der Veredelungsschritt. Zu dem Entschwefelungsschritt⁷ ist anzumerken, dass er für Raffinerien nicht gesetzlich vorgeschrieben ist und Schwefel bei den Emissionen weiterhin eine Rolle spielt.

4.1.2 Emissionen

Dieselbetriebene Fahrzeuge emittieren überwiegend Kohlendioxid, Stickoxid und Partikel. Benzinbetriebene Fahrzeuge emittieren v. a. Kohlendioxid, Kohlenwasserstoff, Stickoxid und Kohlenmonoxid. Zusätzlich werden Schwefeldioxid, Lachgas und Ammoniak ausgestoßen. **Stickoxid** (NO_x) wirkt als Reizgas für die Schleimhäute und trägt zur Versauerung von Gewässern und Böden bei. Stickoxide sind neben den Kohlenwasserstoffen eine wesentliche Vorläufersubstanz für die bodennahe Ozonbildung⁸. **Kohlenwasserstoffe** (HC) entstehen hauptsächlich durch die unvollständige Verbrennung von Treibstoffen. Einige Kohlenwasserstoffe werden als krebserregend eingestuft und können als feine Abgaspartikel in die Lunge transportiert werden. Das Treibhausgas Methan zählt zu den Kohlenwasserstoffen. **Kohlenmonoxide** (CO) entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von Kraft-

⁷ Die Entschwefelung ist Stand der Technik und wird weitgehend aus betrieblichen Gründen angewandt (vgl. BGBl. III 60 Punkt 9 ii b).

⁸ Wird Ozon aus Stickstoff- und Schwefeloxiden unter der Einwirkung des Sonnenlichts gebildet (bodennahes Ozon), führt es zu gesundheitlichen Schäden bei Menschen, Tieren und Pflanzen, sowie zu Schäden an organischen Substanzen wie Textilien, Gummi, Leder und Anstrichen (vgl. BROCKHAUS, 1991, 412).

stoffen. **Lachgas** (N_2O) zählt zu den Treibhausgasen und hat ein Treibhausgaspotenzial das 310mal so hoch wie jenes von Kohlendioxid ist. Es ist ein Nebenprodukt von Katalysatoren in benzinbetriebenen Fahrzeugen. **Ammoniak** (NH_3) ist ebenfalls ein Nebenprodukt von Katalysatoren. Das Aufkommen der **Partikelemissionen** ist abhängig von dem Schwefelgehalt und der Art und Zusammensetzung des verwendeten Kraftstoffes. **Schwefeldioxid** (SO_2) liefert einen wesentlichen Beitrag für die Bildung von sekundärem anorganischem Aerosol⁹ und hat direkte negative Auswirkungen auf die Atmungsfunktion. Schwefeldioxidemissionen führen zu Schäden an Pflanzen und Gebäuden und tragen zur Versauerung von Böden bei. Die Schwefeldioxidemissionen hängen vom Schwefelgehalt der Treibstoffe ab und sind in den vergangenen Jahren deutlich gesunken (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 138f).

Katalysatorsysteme für benzinbetriebene PKWs haben im Zeitraum von 1980 bis 2002 gute Erfolge in der Emissionsentwicklung bei Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffen (HC) und Stickoxiden (NO_x) erzielt. Nachdem in Österreich vermehrt dieselbetriebene PKWs angeschafft werden, wurde die Wirkung dieser Erfolge auf die Gesamtemissionen durch den Verkehr deutlich abgeschwächt. Im direkten Vergleich der Kraftstoffe Benzin und Diesel weist Diesel etwa 1/4 geringere CO -, HC - und CO_2 -Emissionen auf. Diesel verursacht etwa 1/4 höhere NO_x - und Partikelemissionen (vgl. HEIDINGER et al., 2002). Um dem entgegenzuwirken, werden – neben anderem – derzeit Partikelfilter und Stickoxid-Katalysatorsysteme für Dieselfahrzeuge entwickelt bzw. schon angeboten (vgl. UMWELTBUNDESAMT, 2004, 133f).

4.1.3 Verfügbarkeit und Preis

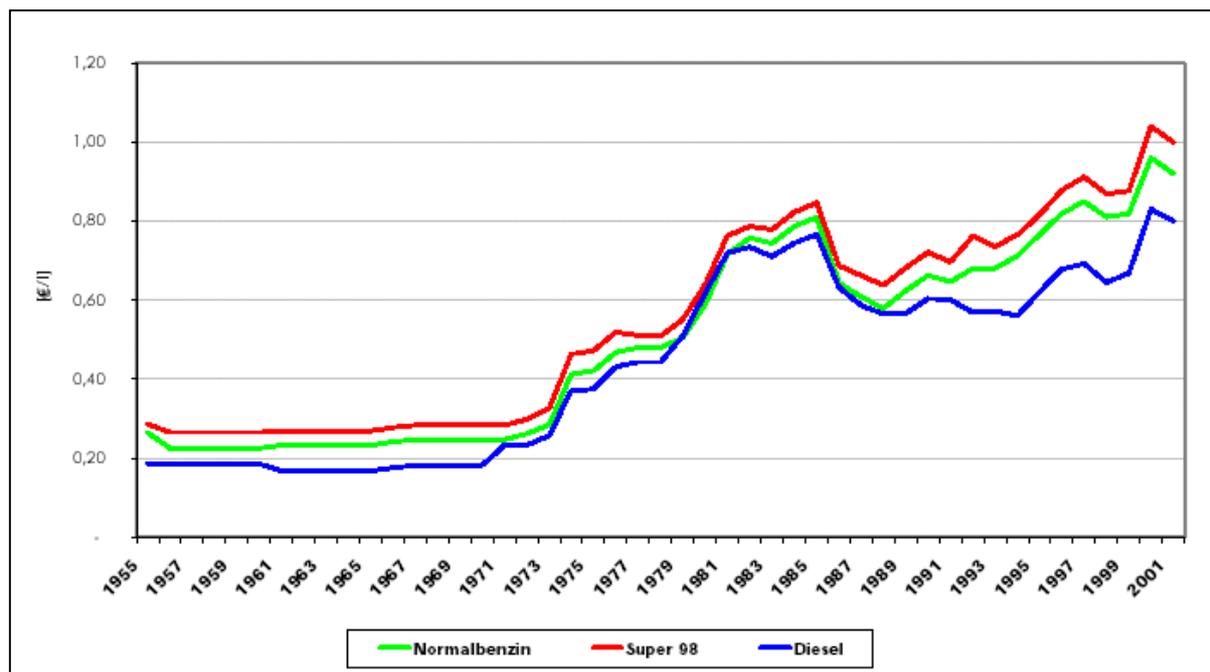
Die Entwicklung des Erdölmarktes hängt von den verwendbaren Erdölquellen ab. Heute sind rund 43.000 Ölfelder bekannt. Die 400 größten Ölfelder enthalten mehr als 75 % des bisher gefundenen Öls. Die meisten dieser Felder wurden bereits vor mehr als 30 Jahren entdeckt (vgl. CAMPBELL et al., 2002, 22).

⁹ Aerosol „ist die feinst verteilte Materie (Feststoffe oder Flüssigkeiten) in Luft oder anderen Gasen. Die Größe liegt zwischen 0,001 und 100 μm “ (BROCKHAUS, 1991, 161).

Laut CAMPBELL et al. (2002, 180f) „sehen ökonomisch orientierte Beobachter, die sich vor allem auf die Angaben in Firmenberichten und persönliche Informationen aus den Wirtschaftsabteilungen der Ölfirmen stützen, [...] den Marktmechanismus als ausreichend an, der das künftige Finden und Fördern von Öl in ausreichendem Umfang auch langfristig sicherstellt. [...] Demgegenüber argumentieren Experten mit einem geologischen Hintergrund, dass dem historischen Maximum der Ölfunde notwendigerweise auch bald ein Maximum der Produktion folgen müsse. [...] Die Tatsache, dass es **künftig große Probleme mit der Bereitstellung von genügend Öl** geben könnte, um unseren Konsum zu befriedigen, gleicht einer Hiobsbotschaft, die man am liebsten verdrängen möchte. Daher ist man allzu leicht bereit, denen zu glauben, die einem von einer langen und unbeschwerten Ölzukunft erzählen.“

Abbildung 10 zeigt die durchschnittlichen Jahrestreibstoffpreise in Österreich von 1955 bis 2001 in €/l. Seit 1971 ist ein kontinuierlicher Anstieg erkennbar.

Abbildung 10: Entwicklung der durchschnittlichen Treibstoffpreise in Österreich



Quelle: BMVIT, 2002, 191.

Die **Preisbildung** auf den Ölmärkten erfolgt nach CAMPBELL et al. (2002, 157) „ausschließlich nach kurzfristigen Gesichtspunkten als Folge von momentanen Marktungleichgewichten zwischen Angebot und Nachfrage. Im Unterschied zu den letzten Jahrzehnten reagiert die Preisbildung in den letzten Jahren äußerst sensibel.

Dies ist ein Zeichen dafür, dass das System der Ölversorgung an seine Flexibilitätsgrenzen stößt. Es gibt praktisch keine Reserven mehr, um das Angebot kurzfristig zu erhöhen.“

4.2 CNG Erdgas

Erdgas ist ein Naturgas, das großteils aus Methan besteht (vgl. BERTELSMANN, 1973, 138). Als Kraftstoff¹⁰ wird es „für Fahrzeugverbrennungsmotoren mit Fremdzündung in verdichteter Form [...] eingesetzt“ (BGBl. II 418 § 2 Z 4).

4.2.1 Technik

Erdgas wird vorwiegend in Gegenden mit Erdölvorkommen gefunden, es wird zwischen trockenem und nassem Erdgas unterschieden. Trockenes Erdgas besteht fast zur Gänze aus Methan, nasses Erdgas beinhaltet noch mitgerissene flüssige Bestandteile (vgl. BERTELSMANN, 1973, 138). Nach CAMPBELL et al. (2002, 106ff) kann in Erdgas neben Methan auch Kohlendioxid und kleine Mengen von Wasserstoff-Sulfiden, Helium und Stickstoff enthalten sein. Da Erdgas beweglicher und flüchtiger ist als Erdöl, lässt es sich leichter fördern. Eine Verarbeitung ist nicht nötig.

CNG-Erdgas hat eine erhöhte **Klopffestigkeit**, die Messgröße ist die ROZ (Research-Oktan-Zahl). Laut WIEN ENERGIE (2004, 4f) liegt „für Normalbenzin die ROZ bei 91, für Superbenzin bei 95. CNG-Erdgas hat eine ROZ von 125. Aufgrund dessen kann das vom Motor angesaugte Erdgas-Luft-Gemisch höher verdichtet werden als ein Benzin-Luft-Gemisch. Die hohe Verdichtung ermöglicht einen besseren Wirkungsgrad.“ Die erhöhte Klopffestigkeit führt zu einem ruhiger laufenden Motor. CNG-Erdgas ist ungiftig, geruchlos, leichter als Luft und entzündet sich erst bei 600° C.

Beim **Tankvorgang** wird „das Erdgas von einem Kompressor verdichtet und in Druckbehältern gespeichert. Diese ermöglichen das Tanken in kurzer Zeit. Erst wenn die Zapfkupplung am Füllstutzen dicht verriegelt ist, strömt CNG aus dem

¹⁰ Spezifikation gemäß Anhang V BGBl. II 418 Kraftstoffverordnung.

Druckbehälter über die Zapfsäule in den Tank. Ohne korrekten Anschluss kommt kein Gas durch – Ausströmen oder Verdampfen aus diesem geschlossenen System ist nicht möglich. Daher ist Erdgas tanken sogar sicherer als das Tanken von Benzin oder Diesel“ (WIEN ENERGIE, 2004, 4f).

4.2.2 Emissionen

CNG-Erdgas weist im Vergleich mit Benzin etwa 3/4 geringere CO-, NO_x- und Partikelemissionen auf. Es hat ca. um die Hälfte geringere HC- und CO₂-Ausstöße (vgl. HEIDINGER et al., 2002). Erdgas hat im Gegensatz zu Diesel in etwa dasselbe Verhältnis des CO- und CO₂-Ausstosses wie bei Benzin. Es hat bis zu 98 % weniger Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe, 90 % weniger Stickstoffoxide, 80 % weniger Ozonbildungspotenzial und 98 % weniger Partikelemissionen (vgl. OMV, 2004).

4.2.3 Verfügbarkeit und Preis

Erdgas ist eine nichtregenerative Energiequelle, die mit derzeitigem Verbrauch bzw. gesteigertem Verbrauch bald seine Fördergrenzen finden wird. Durch die geringere Nutzung im Vergleich zu Erdöl ist mit einer längeren Verfügbarkeit zu rechnen. Laut OMV (2006) gehen Experten davon aus, dass „die weltweit erschließbaren Erdgasvorkommen noch bis weit in das 22. Jahrhundert hinein ausreichen werden.“ Die Versorgung der Europäischen Union (EU) mit Erdgas wird auf Quellen, die außerhalb der EU liegen, angewiesen sein. Um eine sichere Erdgasversorgung zu gewährleisten, wurde am 26.4.2004 eine Richtlinie (2004/67/EG), die vorbeugende Maßnahmen vorschlägt, erlassen.

Ein Teil der europäischen Erdgasversorgung wird von der OMV im Floridotower (Wien-Floridsdorf) gesteuert. Bis zu 120 Millionen Nm³ Erdgas werden täglich über die Leitzentrale verteilt und durch das angeschlossene Pipelinesystem transportiert. Für Österreich wird „ein Fünftel des jährlichen Verbrauchs von rund 7,3 Milliarden m³ im eigenen Land gefördert, v. a. in Niederösterreich. Die restlichen 4 Fünftel liefern v. a. Russland und Norwegen“ (OMV, 2006). Insgesamt existieren derzeit **28 CNG-Tankstellen** in ganz Österreich (vgl. SCHNEEWEISS, 2005). „Das österreichische

„Erdgas’-[Tankstellen]-Netz ist bereits so dicht, dass eine lückenlose Durchquerung des Landes möglich ist“ (WIEN ENERGIE, 2004, 9).

„Dem **Preis** für Erdgas an der Tankstelle liegt sein Heizwert zugrunde, der in Kilowattstunden gemessen wird. Während bei Heizgasanwendungen das durchströmende Volumen gemessen wird, kann an der Tankstelle aus technischen Gründen nur die Masse des komprimierten Erdgases in Kilogramm angezeigt werden“ (WIEN ENERGIE, 2004, 8). Ein kg CNG kostet ca. 0,70 € und entspricht der Fahrleistung von rund 1,5 l Benzin. Im Vergleich zu Benzin ist Erdgas um die Hälfte billiger (vgl. WIEN ENERGIE, 2004, 8). 1 kg CNG entsprechen ca. 1,33 l Diesel, womit berechnet werden kann, dass 1 l CNG im Verhältnis zu Diesel ca. 0,62 € kosten (vgl. SCHNEEWEIß, 2005). Dieser Wert inkludiert die Erdgasabgabe¹¹.

4.3 CNG Biogas

In der Änderung der Kraftstoffverordnung (BGBl. 417 § 2 Z 9 c) wird „Biogas¹²“ als ein aus Biomasse und/oder aus biologisch abbaubaren Teilen von Abfällen mittels Pyrolyse oder Gärung hergestelltes und mit dem Ziel, Erdgasqualität zu erreichen, gereinigtes Gas“ definiert.

4.3.1 Technik

Nach KALTSCHMITT et al. (2001, 3f) können zur Biogasproduktion verschiedenste **Ausgangsmaterialien** verwendet werden. Diese werden wie folgt unterteilt:

- § Biomasse, die derzeit schon vergoren wird. Dies sind bereits abgelagerte organische Siedlungsabfälle auf vorhandenen Deponien die zu einer natürlichen Produktion von Deponiegas führt.
- § Biomasse, die mit hoher Wahrscheinlichkeit vergoren wird. Hierzu zählt die Vergärung von Klärschlamm aus kommunalen und industriellen Kläranlagen, von organischen Abfällen aus Industrie und Gewerbe sowie von Siedlungen.

¹¹ Laut § 1 Z 1 Erdgasabgabegesetz (Strukturanpassungsgesetz 1996) „unterliegen die Lieferung von Erdgas und der Verbrauch von Erdgas durch Erdgasunternehmen sowie der Verbrauch von selbst hergestelltem oder in das Steuergebiet verbrachtem Erdgas in das Steuergebiet der Erdgasabgabe“ (BGBl. 201 § 1 Z 1).

¹² Spezifikation gemäß Anhang V BGBl. 417 Änderung der Kraftstoffverordnung.

- § Biomasse, die optional vergoren werden kann. Darunter fallen anfallende Exkremente der Nutztierhaltung, Rückstände, Nebenprodukte und Abfälle der Landwirtschaft, des Gartenbaus, der Lebens- und Futtermittelproduktion sowie der Landschaftspflege.
- § Biomasse, die zur Biogaserzeugung produziert wird. Hier sei auf den Energiepflanzenanbau verwiesen.

Nach KÖTTNER und SCHNELL (2003, 18f) eignet sich zur Biogaserzeugung jegliche Art von Biomasse. „Interessant kann dabei der Anbau von Energiepflanzen auf Stilllegungsflächen sein. Eine allgemeine Aussage, welche Pflanze am besten geeignet ist, ist jedoch grundsätzlich nicht möglich. Unterschiedliche Bodenverhältnisse und Niederschläge wirken sich auf Erträge und Kosten aus.“ „Der Biogasertrag und die Qualität des Biogases werden maßgeblich von der stofflichen Zusammensetzung des Gärsubstrates bestimmt. [...] Die höchsten Biogaserträge können bei Vergärung fetthaltiger Substrate erreicht werden, wohingegen Lignin von den am anaeroben Abbau beteiligten Bakterien nicht abgebaut werden kann“ (KALTSCHMITT et al., 2001, 26f bzw. 181f).

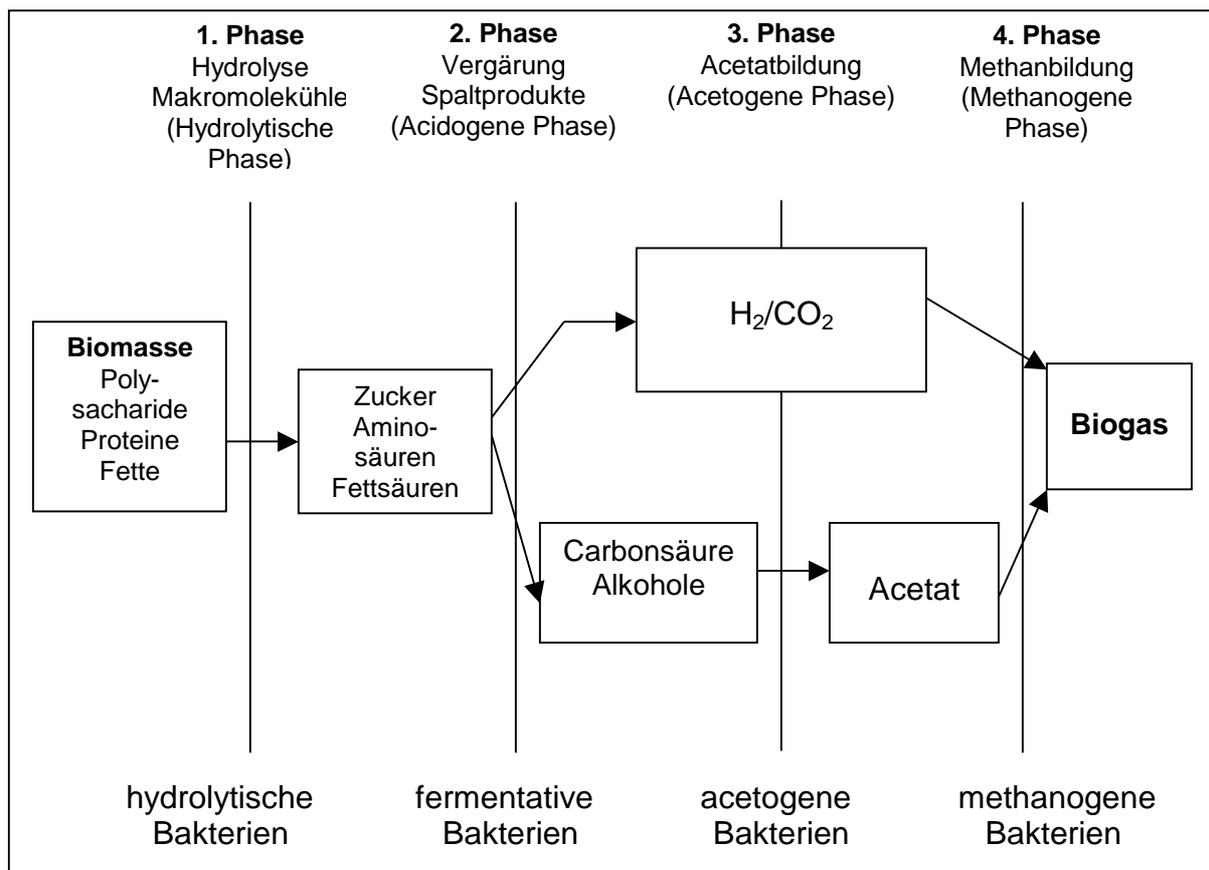
Eine **Biogasanlage** besteht aus einem Fermenter mit Rührwerk, einer Abdeckung und eventuell einem Gasspeicher, aus Pump- und Fördereinrichtungen sowie aus einem Blockheizkraftwerk (BHKW). Im Fermenter findet die eigentliche Vergärung statt. Damit kein Biogas entweicht, ist eine Abdeckung nötig, die in der Praxis aus Betondecken oder in Form einer Folie ausgeführt ist. Zur Vermeidung der Wärmeverluste beim Fermenter soll diese isoliert werden. Zur Erwärmung wird die Abwärme des BHKWs verwendet. Um eine gleichmäßige Versorgung der Mikroorganismen mit Substrat zu gewährleisten, muss der Fermentierinhalt regelmäßig mittels Rührwerken vermischt werden (vgl. KÖTTNER und SCHNELL, 2003, 13f).

Die **Methangärung** läuft im Fermenter nach KALTSCHMITT et al. (2001, 19f) in vier Phasen ab (siehe Abbildung 11). Die erste Phase ist die Hydrolyse. In der Hydrolyse werden mit Hilfe von Exoenzymen fermentativer Bakterien die polymeren Verbindungen (wie zum Beispiel Cellulose, Proteine und Fette) der Biomasse in monomere Verbindungen (z. B. Aminosäuren und Fettsäuren) zerlegt. In der zweiten Phase, die sog. acidogene Phase, werden die monomeren Verbindungen von den

fermentativen Bakterien aufgenommen und zu organischen Säuren und Alkoholen sowie zu Wasserstoff und Kohlendioxid vergoren. Die Gärungsprodukte werden durch die Konzentration des gebildeten Wasserstoffs beeinflusst. Je höher der Wasserstoffpartialdruck ist, desto geringer ist die Bildung der reduzierten Verbindungen (z. B. Essigsäure). Es werden organische Stickstoff- und Schwefelverbindungen unter Bildung von Ammoniak zu Schwefelwasserstoff mineralisiert. Eine erhöhte Konzentration dieser wirkt hemmend für die Methanbildung. In der dritten Phase werden die gebildeten Carbonsäuren und Alkohole zu Essigsäure, Wasserstoff und Kohlendioxid umgesetzt. Diese Phase kann auch als Bindeglied zwischen Versäuerung und Methanbildung bezeichnet werden (vgl. PESTA et al., 2002, 16). Auch hier spielt der Wasserstoffpartialdruck eine entscheidende Rolle. In der vierten und letzten Phase wird unter streng anaeroben Bedingungen Methan erzeugt. Dies geschieht durch acetotrophe Methanbakterien aus Essigsäure (Acetat) und hydrogenotrophe Methanbakterien aus Wasserstoff und Kohlenstoff. Das Biogas besteht zu 55-70 % aus Methan (CH_4) und zu 30-45 % aus CO_2 . Es können geringe Anteile von Stickstoff und Sauerstoff enthalten sein (vgl. KALTSCHMITT et al., 2001, 183).

Um den Bakterien die optimalen Lebensbedingungen gewähren zu können, empfehlen PESTA et al. (2002, 17f) ein zweistufiges System (zwei getrennte Behälter) anzuwenden. Im ersten Behälter sollten die Phasen 1 und 2 und im zweiten, die Phasen 3 und 4 ablaufen. Optimale Lebensbedingungen sind für versäuernde Bakterien 30°C und für Methanbakterien 35 bis 37°C (mesophiler Bereich) bzw. 50 bis 65°C (thermophiler Bereich). Das pH-Optimum liegt für hydrolysierende und fermentative Bakterien bei 4,5 bis 6,3 und für Methanbakterien bei 7.

Abbildung 11: Phasen des anaeroben Abbaus von Biomasse

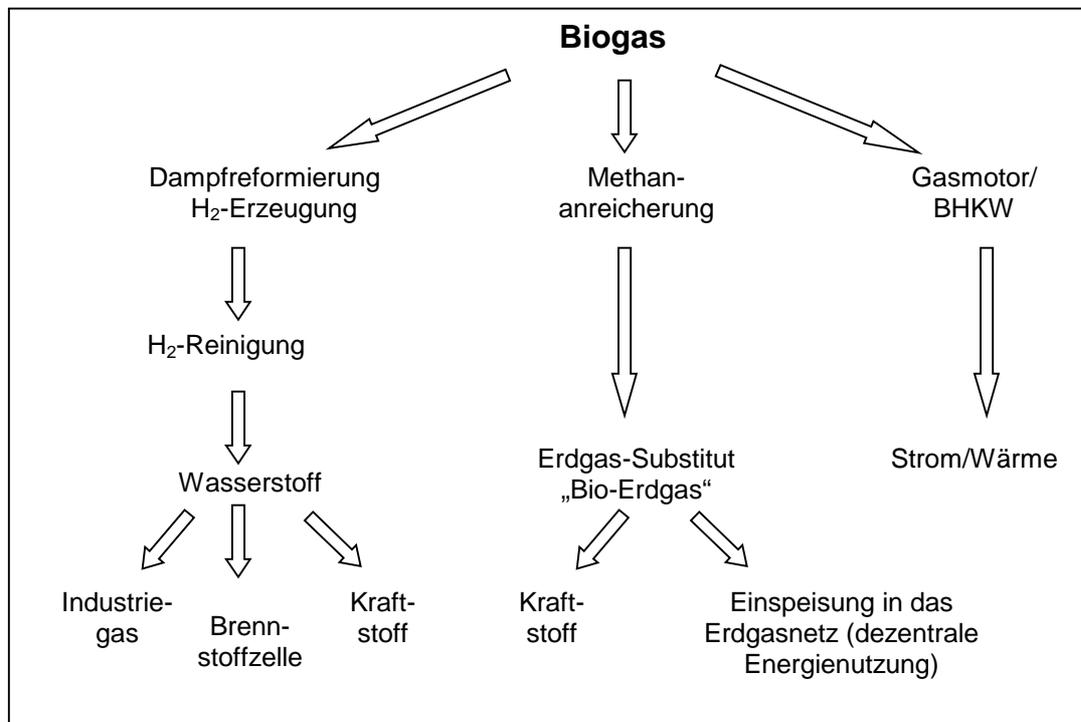


Quelle: KALTSCHMITT et al., 2001, 20.

Für die Vergärung kann ein trockenes oder nasses Verfahren angewendet werden. Beim nassen Verfahren ist das Substrat vor und nach der Vergärung flüssig und pumpfähig. Es wird überwiegend auf Gülle als Ausgangsmaterial zurückgegriffen. Bei trockenen Verfahren ist das Substrat nicht pumpfähig und besteht meist aus Festmist, Gras, uvm. Das kontinuierliche Verfahren wird vom diskontinuierlichen unterschieden. Mit kontinuierlichen Verfahren wird nach dem Durchflussprinzip gearbeitet, wohingegen beim diskontinuierlichen das Substrat nur einmal eingefüllt wird (vgl. PESTA et al., 2002, 24). „Die Schnittstelle zwischen Biogasherstellung und Stromnetz bildet das BHKW. Das im Fermenter entstehende Biogas wird über eine Gasleitung dem Verbrennungsmotor zugeführt. Direkt auf der Kurbelwelle der Motoren sitzt der Generator, der elektrischen Strom erzeugt“ (KÖTTNER und SCHNELL, 2003, 16f). Andere Verwertungen als die Strom- und Wärme Gewinnung sind in Abbildung 12 ersichtlich. Über eine Veredelungs- bzw. Methananreicherungsanlage kann Biogas zu Treibstoff aufbereitet bzw. in das Erdgasnetz eingespeist werden. Eine weitere Möglichkeit wäre, es anderen Verarbeitungsanlagen zuzuführen und

Wasserstoff für Industriegas, Kraftstoff oder Brennstoffzellen zu erzeugen (vgl. KALTSCHMITT et al., 2001, 181).

Abbildung 12: Verwertungsmöglichkeiten von Biogas



Quelle: KALTSCHMITT et al., 2001, 181.

In Gasmotoren bzw. BHKW werden lediglich 35-40 % der Energie als produzierter Strom genutzt. Mit BHKW ist unter Berücksichtigung des geeigneten Standortes, eine Abwärmenutzung möglich. Die Nutzung des Biogases zur Erzeugung von Wasserstoff ist eine aufwendige, komplexe und bisher industriell nicht erprobte Prozesswandlungskette. Die Aufbereitung des Biogases zur Erreichung von Treibstoff- und Erdgasqualität mittels Methananreicherungsanlage gilt als aussichtsreichste Alternative (vgl. KALTSCHMITT et al., 2001, 181f).

Um Biogas als Kraftstoff nutzen zu können, ist eine **Anpassung an Erdgasqualität** nötig. „Neben einem ausreichend hohen Methangehalt von 96 % ist der H₂S-Gehalt auf max. 5 mg/Nm³ zu begrenzen. Die Restfeuchte ist so tief zu wählen, dass es bei den niedrigst auftretenden Umgebungstemperaturen zu keinen Kondensations-effekten bzw. zu Ausfrierungen von Wasser kommt. [...] Der CO₂-Anteil sollte auf ≤ 3 %, der O₂-Anteil auf ≤ 0,5 % und der Gesamt -Schwefel-Anteil auf ≤ 120 mg/Nm³

verändert werden. [...] Für die Netzeinspeisung ist eine Bio-Erdgasqualität darzustellen, die der Qualität von Erdgas des lokalen Erdgasnetzes entspricht [...]; wichtig sind hier neben Brennwert vor allem der H_2S -Wert, der Sauerstoff-Wert und die Restfeuchte, um jegliche Korrosionsprobleme im Netz und bei den Endverbrauchergeräten zu vermeiden“ (KALTSCHMITT et al., 2001,185f).

Zu einer Erdgastauglichkeit des Biogases führen laut KALTSCHMITT et al. (2001, 190ff) mehrere Verfahren. Im Folgenden wird auf das **Adsorptionsverfahren** näher eingegangen. Das Kernstück des Adsorptionsverfahrens ist der mit einem Kohlenstoffmolekularsieb gefüllte Absorber. Bei Durchströmen des Biogases wird bevorzugt CO_2 aber auch N_2 , H_2O , CO_2 , H_2S und O_2 gebunden. Abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Verweilzeit kommt es zu einer Methan-Anreicherung. Um eine geeignete Anlageneffizienz und einen kontinuierlichen Produktgasstrom zu ermöglichen, sollte eine Anlage mit 4 Absorbern ausgestattet sein. H_2S sollte in einer Vorstufe abgetrennt werden, da H_2S -haltige Abgase nicht in die Atmosphäre abgelassen werden können. Damit lässt sich folgende Reihenfolge des Verfahrens festhalten:

- § Rohbiogasverdichtung
- § H_2S -Entfernung
- § Konditionierung
- § Methan-Gewinnung

In der **Rohbiogasverdichtung** wird das Biogas durch eine Kolbenverdichtung auf 4-10 Bar ölfrei verdichtet, anschließend kommt es mit $60\text{-}90^\circ\text{C}$ in die H_2S -Entfernung. In der **H_2S -Entfernung** wird mittels Aktivkohle der freiwerdende Schwefel gebunden. Die danach stattfindende **Konditionierung** setzt die Gesamttemperatur auf ca. $20\text{-}30^\circ\text{C}$ herab und dann mit Kältetrocknung auf einen Drucktaupunkt von ca. $3\text{-}5^\circ\text{C}$. Das nahezu H_2S -freie und getrocknete Biogas gelangt davon zur **Methangewinnung** in die Adsorber. Jeder der vier Adsorber der Anlage durchläuft einen viertaktigen Zyklus. „Nach der Phase A (CH_4 -Produktion unter Druck) wird zunächst ein Druckausgleich mit dem übernächsten Adsorber durchgeführt. Durch die anschließende Entspannung auf Umgebungsdruck ist dann Phase B abgeschlossen. In Phase C wird mittels Vakuum der Adsorber wieder vollständig regeneriert. In der Phase D wird der vorher regenerierte Adsorber durch

Druckausgleich und Druckaufbau wieder für den nächsten Produktionsschritt vorbereitet.“ Der Vorteil dieses Verfahrens gegenüber den anderen ist, dass es sich um ein trockenes Verfahren handelt. Damit fallen keine Prozesswasser, keine Abwasserbehandlung, keine Chemikalien und auch keine Korrosionsprobleme an. Es werden neben CO₂ auch die oben aufgezählten anderen Komponenten reduziert. Dieses Verfahren ist einfach zu bedienen, kompakt und Platz sparend und ruft einen geringen Betriebsmittelverbrauch hervor (vgl. KALTSCHMITT et al., 2001, 190ff).

Die weiteren Prozessschritte für die Verwendung des Biogases als Fahrzeugtreibstoff sind nach KALTSCHMITT et al. (2001, 190ff) eine Nachverdichtung auf 250-300 Bar und eine Speicherung in Druckflaschenbündel. Die direkte Einspeisung ins Erdgasnetz bzw. die Errichtung von Biogasanlagen in der Nähe von Biogastankstellen wäre vorteilhaft, um aufwendige Transporte zu vermeiden.

4.3.2 Emissionen

Im Vergleich zu Erdgas wird in Summe mit einer 100%igen Kohlendioxidreduktion gerechnet, da einerseits angenommen wird, dass nicht mehr Biomasse genutzt wird als laufend nachwächst (vgl. KOPETZ, 2002, 36). Andererseits wird nicht der gesamte Treibstoffproduktionsprozess zur Emissionsermittlung herangezogen. Alle anderen Emissionen werden, bei Vergleich mit fossilem Diesel, wie bei dem äquivalenten Erdgas berücksichtigt.

4.3.3 Verfügbarkeit und Preis

Im Jahr 2000 gab es in Österreich 299 Biogasanlagen, davon 140 kommunale Schlammfaulanlagen (siehe Tabelle 3). Von der gesamten Biogasproduktion entfielen 123 Mio. m³ (45 %) auf die 31 Deponiegasanlagen (vgl. HANDLER et al., 2002, 6). Das erzeugte Biogas wird derzeit in Österreich fast nur in Blockheizkraftwerken (BHKW) zur Stromerzeugung genutzt (vgl. KRIEGL et al., 2005, 81).

Tabelle 3: Geschätzte Energieproduktion im Jahr 2000 in Österreichs Biogasanlagen

	Biogasproduktion pro Jahr (Mio. m ³)	Energieproduktion pro Jahr (PJ/GWh)
~ 140 kommunale Schlammfaulanlagen	110	2,38/660
3 anaerobe Biomüllbehandlungsanlagen	6	0,15/38
~ 31 Deponiegasanlagen	123	2,65/737
~ 25 Industrieabwasserreinigungsanlagen	18	0,39/109
~ 100 landwirtschaftliche Anlagen	17	0,37/103
Total	275	5,93/1647

Quelle: HANDLER et al., 2002, 6.

PÖLZ und SCHALCHENEGGER (2005a, 45) beziffern bei einer totalen Nutzung der vorhandenen Energiepflanzen und Exkremate aus der Nutztierhaltung das gesamte theoretische Potenzial mit etwa 2,47 Mrd. m³ Biogas. „Aus diesem Potential lässt sich mit einem Energieinhalt von 6,5 kWh pro m³ Biogas und angenommenen Verlusten von 6 % bei der Aufbereitung eine Energiemenge von 15 Mrd. kWh erzeugen. [...] Mit dem Einsatz des gesamten Potentials für die Erzeugung von Biogas im Verkehrssektor in Österreich ließen sich somit etwa 27 % der konventionellen Kraftstoffe im Straßenverkehr in Österreich substituieren.“ Dieses theoretische Ergebnis kann jedoch nur erreicht werden, wenn **gezielt gefördert** wird und Hemmnisse, wie hohe Investitionskosten, erd- und biogasuntaugliche Fahrzeugflotten sowie ungenügende Information, beseitigt werden.

Seit Juni 2005 ist in Österreich¹³ die **erste Biogas-Einspeiseanlage** in Betrieb. Die ‚erdgas oö.‘ und OÖ. Ferngas AG betreiben in Oberösterreich ein Pilotprojekt, das gereinigtes Biogas in das bestehende Erdgas-Leitungsnetz einspeist. Dieses Pilotprojekt hat zum Ziel, eine technische Basis für künftige Anlagen zu bieten. Damit steht fest, dass es bereits Ansätze gibt, Biogas erdgastauglich in Österreich zur Verfügung zu stellen. „Bei der Biogasproduktion wurde auf eine vorhandene Biogasanlage zurückgegriffen, die bisher Biogas zur Verbrennung und Verstromung erzeugt hat. [...] Es können jährlich bis zu 400.000 kWh geliefert werden, was dem durchschnittlichen Jahresbedarf von rund 40 Wohnungen entspricht. Der Umwelt bleiben dadurch im Vergleich zu üblichen Ölheizungen rund 108.000 kg/Jahr CO₂ erspart“ (ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & Co KG, 2005, 1f).

¹³ Familie Linsbod „Fuchs’nhof“, St. Leonhard 20, 4055 Pucking (vgl. ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & Co KG, 2005, 23).

Der oberösterreichische Wirtschaftskammerpräsidenten Trauner bemerkte laut WKO (2005) zur Biogasnutzung: „Eine unüberlegte großtechnische Biogasnutzung samt ‚Gießkannenförderung a la Ökostromgesetz‘ wäre für die öö. Wirtschaft nicht akzeptabel. Daher sind in den nächsten Monaten die verschiedenen Einsatzstrategien hinsichtlich ihrer technischen und wirtschaftlichen Parameter gründlich zu durchleuchten. Dabei ist auch der Forschungsaufwand zu intensivieren, um die vielen offenen Fragen zu klären.“

SCHULTE-SCHULZE BERNDT (2005, 7) verweist auf die Erfahrungen bei der Bereitstellung von **Biogas an Tankstellen**: „Inzwischen blickt man nicht nur in Schweden, sondern auch in Norwegen und in der Schweiz auf eine über 10jährige, ausgesprochen positive Erfahrungsperiode mit Biogas als Treibstoff zurück.“ Diese Erfahrungsberichte lassen auf folgende Kosten schließen: Mit der geeigneten Biogasaufbereitungsanlagenwahl (z. B. Adsorptionsverfahren) und unter Voraussetzung wirtschaftlich sinnvoller Anlagengrößen kann mit **Aufbereitungskosten** von 6 bis 7 Cent pro Kubikmeter Biomethan gerechnet werden. Dies entspricht in etwa 0,6 Cent/kWh (vgl. SCHULTE-SCHULZE BERNDT, 2005, 7).

Zum voraussichtlichen Preis für Biogastreibstoff in Österreich gibt es noch keine Anhaltspunkte. Es müssten Rahmenbedingungen geschaffen werden (d.h. gezielte Förderungen), die einen konkurrenzfähigen Preis von Erdgas (derzeit 47 Cent/m³ exkl. Mehrwertsteuer) ermöglichen. Der Preis von 47 Cent/m³ CNG-Erdgas inkludiert die Erdgasabgabe (die bei Biogas nicht anfällt), Netznutzungskosten von ca. 5,5 Cent/m³ und die Spanne der Tankstellen von ca. 4 Cent/m³. Unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ist die Biogasnutzung als Kraftstoff mit der Ökostromerzeugung nicht konkurrenzfähig (vgl. KRIEGL et al., 2005, 88).

4.4 Biodiesel

Im Gesetz (BGBl. 417 § 2 Z 9 b) ist Biodiesel wie folgt definiert: „Fettsäuremethylester¹⁴ (FAME, Biodiesel) ist ein aus pflanzlichen oder tierischen Ölen oder

¹⁴ Spezifikation gemäß ÖNORM EN 14214.

Fetten hergestellter Methylester.“ In Österreich überwiegt bei der Produktion von FAME (Fatty Acid Methyl Ester) mit etwa 65 % RME Rapsmethylester (vgl. KURZWEIL et al., 2003, 11). Es können auch andere ölhaltige Pflanzen, z. B. Sonnenblumen, zur Biodieselproduktion verwendet werden. Die Gewinnung von Biodiesel aus Kohlenstoffträgern (überwiegend Holz) ist ebenfalls möglich. Biodiesel aus Holz zählt zu den BTL-Treibstoffen (biomass to liquid). Dieser Biodiesel wird auch als synthetischer Kraftstoff aus Biomasse, Synfuel oder Sunfuel bezeichnet (vgl. CHOREN INDUSTRIES, 2005).

4.4.1 Technik

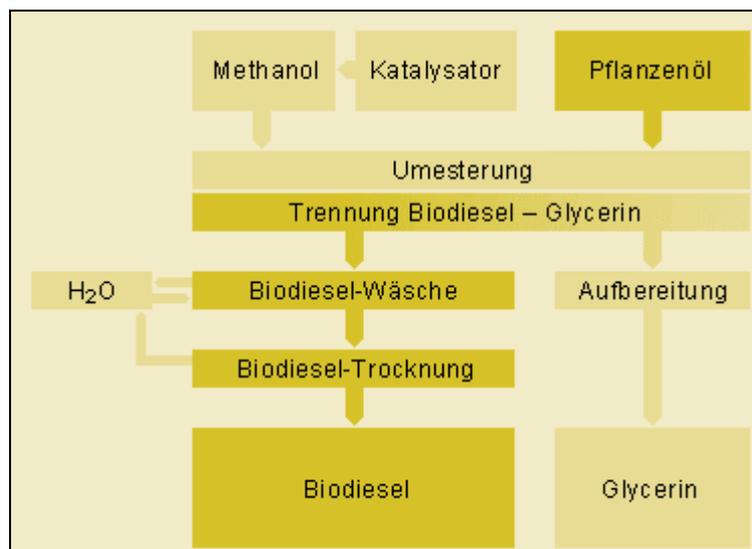
Im Folgenden wird die Biodieselproduktion aus Raps näher beschrieben. Nach CRAMER (1990, 12f) gibt es „in unserem feucht-kühlen Klima [...] keine Kulturpflanze, die einen so hohen Ertrag an Öl und wertvollem Eiweiß produziert wie der **Raps**. Entsprechend groß ist seine Bedeutung gerade in den Ländern der nördlichen Hemisphäre.“ Raps gehört zur Familie der Kreuzblütler, Gattung Brassica und wird wissenschaftlich als Brassica napus L. var. napus bezeichnet. Es werden Sommer- und Winterformen differenziert, wobei in Österreich Winterraps dominiert (vgl. BMLFUW, 2004, 199).

Nach WÖRGETTER et al. (1999, 5) basiert die **Produktion** von Biodiesel aus Raps auf der Produktion von Raps, darauf folgend der Erzeugung von Rapsöl und anschließend Biodiesel. Damit ein ha Raps in etwa 2.700 kg Saat liefert, ist eine Stickstoffgabe von 120 bis 140 kg Reinstickstoff je ha nötig. 1.000 kg Rapssaat enthalten etwa 930 kg wasserfreie Substanz. Aus 1.000 kg Saat werden 360 kg Öl und 610 kg Ölkuchen gewonnen (vgl. WÖRGETTER et al., 1999, 5).

Aus dem Rapsöl entsteht Biodiesel durch **Umesterung** (siehe Abbildung 13). Dem Pflanzenöl wird Methanol im Verhältnis 9:1 beigemischt (vgl. GRUNERT, 2003, 99). Dieses Gemisch wird dann in Gegenwart eines Katalysators erwärmt. „Dabei tauschen Glycerin und Methanol den Platz, und es entstehen drei einzelne Fettsäure-Methylester-Ketten und ein freies Glycerin-Molekül. Anschließend wird in diversen Reinigungsschritten u. a. das überschüssige Methanol durch Destillation wieder entfernt“ (VERBAND DER DEUTSCHEN BIOKRAFTSTOFFINDUSTRIE, 2005). 1.000 kg

Öl liefert unter Zugabe von 110 kg Methanol ca. 1.000 kg Rapsölmethylester und 110 kg Glycerin. Je ha Raps können ca. 1.100 l Biodiesel gewonnen werden (vgl. WÖRGETTER et al., 1999, 5). Nach BOCKHORST (2002, 224f) reichen diese 1.100 l Biodiesel aus, um ca. 14.000 km mit einem üblichen PKW zurückzulegen.

Abbildung 13: Biodieselherstellung



Quelle: VERBAND DER DEUTSCHEN BOKRAFTSTOFFINDUSTRIE, 2005.

Vor dem **100%igen Gebrauch von Biodiesel** in herkömmlichen Dieselfahrzeugen sind folgende Punkte zu beachten: „Biodiesel wirkt als starkes Lösungsmittel, weshalb Dichtungen mit Kraftstoffkontakt sowie Kraftstoffleitungen aus FAME-tauglichen Materialien hergestellt werden müssen. Diese Ausrüstung ist bei einigen Herstellern bereits Standard. Einige Fahrzeughersteller erteilen eine Freigabe von FAME bis zu einer Beimischung von 5%. Manche Hersteller weisen ihre Fahrzeuge aus Gewährleistungsgründen nicht als biodieseltauglich aus“ (KURZWEIL et al., 2003, 13). „Die Fahrleistung kann beim Fahrbetrieb mit Biokraftstoff geringfügig niedriger sein und der Kraftstoffverbrauch kann beim Fahrbetrieb mit Biokraftstoff geringfügig ansteigen“ (SKODA, 2005, 170). ESTERMANN und SCHMIDT-LEUHUSEN (2005) weisen auf die Möglichkeit von Filterverstopfungen hin. Der Gebrauch von Biodiesel sollte im Winter auf Beimengungen zu fossilem Diesel beschränkt werden. Eine 100%ige Nutzung von Biodiesel bei niedrigen Temperaturen kann zu Stockungserscheinungen des Treibstoffes führen. Biodiesel ist mit fossilem Diesel in jeglichem Verhältnis mischbar. Das Wechseln zwischen den Treibstoffen (fossiler Diesel und Biodiesel) ist jederzeit möglich (vgl. BLT WIESELBURG, 2005).

4.4.2 Emissionen

Im Vergleich von Biodiesel mit fossilem Diesel ist ein mit ca. 83 % bzw. 54 % geringerer CO- sowie HC-Ausstoß zu verzeichnen. Die Stickoxidemissionen liegen um ca. 30 % höher und die Partikelemissionen sind in etwa gleich (vgl. AUERBACH, 1992, 46f). KOPETZ (2002, 36) geht, wenn nicht mehr Biomasse genutzt wird als laufend nachwächst, von einer 100%igen Kohlendioxideinsparung aus. Bei den Kohlendioxidkreisläufen von fossilem Diesel und Biodiesel gelten folgende Verhältnisse: „It is estimated that each liter of biodiesel released 1.1 to 1.2 times the CO₂ released in the atmosphere by one liter of petroleum diesel but the biodiesel CO₂ will be recycled by a future rapeseed plant. The reduction in CO₂ accumulation is achieved by reducing the amount of crude petroleum used to produce diesel fuel. For each kilogram of diesel not used an equivalent of 3.11 kg of CO₂, plus an additional 15-20 % for reduced processing energy, is not released to the atmosphere” (PETERSON und HUSTRULID, 1998, 100).

4.4.3 Verfügbarkeit und Preis

In Österreich gibt es derzeit 9 großtechnische und 3 Pilot-Biodieselanlagen. Sie verfügen über eine Gesamtkapazität von ca. 100.000 t/a. Zwei weitere Anlagen, die 2006 mit der Produktion starten sollen, sind in Planung. Eine davon soll in Enns mit einer Leistung von 100.000 t/a und die andere in der Lobau mit einer Produktion von 95.000 t/a entstehen (vgl. EDER et al., 2005, 59). Das Ausgangsmaterial wird je nach Marktlage und Angebot nicht nur aus Österreich bezogen. Bis zur Umsetzung der Richtlinie 2003/30/EG¹⁵ wurden ca. 90 % der Biodieselproduktion exportiert, da im Ausland bessere Preise zu erzielen waren (vgl. KURZWEIL et al., 2003, 7f). Es gibt insgesamt übers Land verteilt ca. 118 **Tankstellen**, die Biodiesel anbieten (vgl. BLT WIESELBURG, 2005).

Zum Bedarf an Biodiesel zur Substitution von 2,5 %¹⁶ des fossilen Diesels liegen Berechnungen vom UMWELTBUNDESAMT (2004, 135) vor: Es wurden im Jahr 2002 ca. 5.000 Mio. Liter fossiler Diesel verbraucht. 2,5 % von dieser Menge entsprechen ca.

¹⁵ Siehe Kapitel 3.2.3.

¹⁶ Siehe Kapitel 3.2.3.

125 Mio. Liter Biodiesel. Die Rapsfläche im Jahr 2002 von ca. 55.000 ha¹⁷, ergibt, mit einem Biodieselertrag von 1.100 Liter je ha gerechnet, eine Biodieselproduktion von 60,5 Mio. Liter. Dies zeigt, dass im Jahr 2002 nicht einmal bei voller Nutzung der Rapsanbaufläche zur Biodieselproduktion der Biodieselbedarf gedeckt hätte werden können. Laut einer Studie für Österreich ist bei Einhaltung der Fruchtfolgenbeschränkungen eine maximale Rapsanbaufläche von 150.000 ha jährlich in Österreich möglich (vgl. KNOFLACHER et al., 1991, 22).

Das österreichische Unternehmen **Biolux** errichtet in Kooperation mit China Railway Huachuang Biofuel Ltd. einen Biodieselproduktionsanlage in der chinesischen Stadt Weihai. Ende des Jahres 2006 soll diese mit einer Kapazität von 250.000 t/a in Betrieb genommen werden. Der produzierte Biodiesel wird für den Export nach Europa bereitgestellt, da der Biodiesel in China bei den derzeitigen Preisen mit dem fossilen Diesel nicht konkurrenzfähig ist. Ausschlaggebend für die chinesische Standortwahl war das vorhandene Flächenangebot zur Rapsproduktion. Die chinesischen Politiker, die zum Ziel haben, der Landflucht¹⁸ entgegenzuwirken, halfen mit, die geeigneten Rahmenbedingungen für eine Produktion aufzubauen. Die Biodieselanlage wird in etwa 400 Mitarbeiter beschäftigen und rund um die Uhr in Betrieb sein. Der Handel und Verkauf wird über die österreichische Niederlassung des Unternehmens in 2345 Brunn/Geb., Wolfholzgasse 28, abgewickelt (vgl. ESTERMANN und SCHMIDT-LEUHUSEN, 2005).

Der **Preis** von Biodiesel stand in der Vergangenheit in engem Zusammenhang mit dem des fossilen Diesels, wie die Preisentwicklung in Deutschland zeigt (siehe Abbildung 14). Durch die gesteigerte Nachfrage seit der Einführung der Beimengungsbestimmungen, liegt der Biodieselpreis in Österreich etwas höher als der des fossilen Diesels¹⁹. Davor war er etwas niedriger²⁰. Es wird damit gerechnet, dass beide Treibstoffe ein annähernd gleiches Preisniveau halten werden.

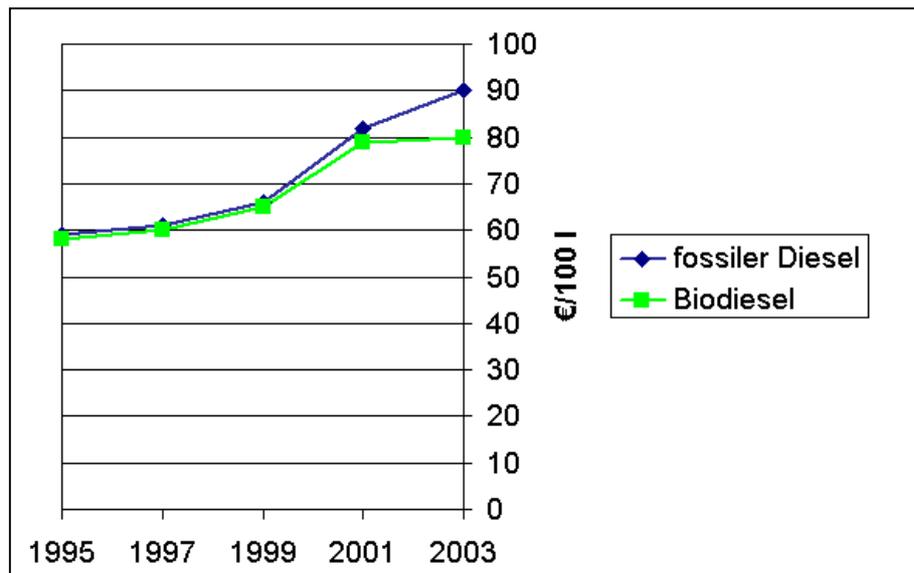
¹⁷ Vgl. BMLFUW, 2004, 199.

¹⁸ In China sind derzeit noch ca. 60 % der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig.

¹⁹ Biodiesel für 0,999 € am 30.01.2006 in der AWI Diskonttankstelle, Sternwartestraße 23, 1180 Wien. Fossiler Diesel für 0,980 € (vgl. OEAMTC, 2006).

²⁰ Biodiesel für 0,850 € am 30.01.2005 in der AWI Diskonttankstelle, Sternwartestraße 23, 1180 Wien. Fossiler Diesel für 0,861 € (vgl. OEAMTC, 2006).

Abbildung 14: Diesel- und Biodieselpreise in Deutschland von 1995 bis 2003



Quelle: DIERSCHKE, 2005.

4.5 Resümee des Treibstoffvergleichs

CNG-Erdgas ist derzeit ausreichend verfügbar. Erdgas ist wie Erdöl eine nicht-regenerative Energiequelle, dies ist im Vergleich zu Treibstoffen biogenen Ursprungs als Nachteil einzustufen. Es gibt gegenwärtig 28 CNG-Tankstellen in Österreich. CNG-Erdgas ist im Vergleich zu fossilem Diesel billiger und emissionsärmer.

CNG-Biogas ist zur Zeit in Österreich an Tankstellen nicht erhältlich. Es fehlt an Infrastruktur und gezielter Förderung. CNG-Biogas kann in Fahrzeugen technologisch wie CNG-Erdgas genutzt werden, es würde von einer größeren Verwendung profitieren. Da die Verfügbarkeit nicht gegeben ist, ist ein Preisvergleich nicht möglich. Im Vergleich mit fossilem Diesel ist, Kohlendioxid ausgenommen, mit einem Emissionsverhalten wie bei CNG-Erdgas zu rechnen.

Biodiesel ist derzeit in Österreich ausreichend verfügbar. Das Ausgangsmaterial wird nicht ausschließlich lokal bezogen, da Anbauflächenknappheit vorherrscht. Im Unterschied zum fossilen Diesel sind, bis auf die Partikel- und NO_x-Emissionen, geringere Belastungen erreichbar. Der Preis ist im Vergleich zum fossilen Diesel etwa gleich bis geringfügig höher.

5 Fallstudie

In diesem Kapitel wird für das Dienstleistungsunternehmen Hel-Wacht Holding GmbH ein Umstiegsplan entwickelt. Zu Beginn wird das Unternehmen und dessen Fuhrpark vorgestellt. Es folgen die Beschreibung der Kosten-Wirksamkeits-Analyse und ihre Anwendung in dieser Fallstudie.

5.1 Hel-Wacht Holding GmbH



Die Hel-Wacht Holding GmbH entstand aus einer 1899 gegründeten Detektei. Sie hat fünf Unternehmenstöchter, von denen alle bis auf eine den Standort in 1070 Wien, Burggasse 94a, haben. Die Unternehmenstöchter tragen folgende Bezeichnungen: Hel-Wacht Bewachungsdienst GmbH, Autogeosec Gebäude & Fahrzeugkommunikationstechnik GmbH, Vitakt sozialer Notrufdienst GmbH, Hel-Wacht Sicherheits- & Kommunikationstechnik GmbH sowie Alcomtec Aufzug & Gebäudekommunikationstechnik GmbH. Die Hel-Wacht Sicherheits- & Kommunikationstechnik GmbH hat ihren Sitz in 4020 Linz, Derfflingerstr. 31. Das Geschwisterpaar Margarethe Landertshammer und Ing. Herbert Kritsch hält jeweils zu 50 % die Unternehmensanteile und leitet das Unternehmen. Im Geschäftsjahr 04/05 wurde ein Umsatz von ca. 9,8 Mio. € erzielt, es sind derzeit 325 Mitarbeiter – nicht alle Vollzeit – beschäftigt. Das Unternehmen zählt damit zu den KMUs²¹. Das Hauptaugenmerk liegt auf der dem Kundenwunsch entsprechenden Dienstleistungserbringung, die vom Call Center bis zur Schlüsselverwaltung reicht. Die Firmenphilosophie besteht darin, die Verantwortung, die die Kunden zu tragen haben, auch als eigene anzusehen. Sicherheit zu schaffen bedeutet im Dienst am Menschen zu stehen (vgl. HEL-WACHT HOLDING GMBH, 2005).

Der Fuhrpark umfasst ausschließlich mit Diesel betriebene Fahrzeuge, überwiegend der Marke Skoda. 14 LKW und 7 PKW werden ausschließlich im Betrieb genutzt, zwei davon am Standort Linz. Die restlichen 4 PKW (siehe Tabelle 4) werden von der

²¹ „Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) [sind] Gesellschaften, die laut ihrem letzten Jahresabschluss bzw. konsolidierten Abschluss zumindest zwei der nachfolgenden drei Kriterien erfüllen: eine durchschnittliche Beschäftigtenzahl im letzten Geschäftsjahr von weniger als 250, eine Gesamtbilanzsumme von höchstens 43 Millionen € und ein Jahresnettoumsatz von höchstens 50 Millionen €“ (BGBl. 625 § 1 Z 7).

Geschäftsleitung und den Abteilungsleitern beruflich und privat genutzt. Im Jahr werden durchschnittlich ca. 451.000 km zurückgelegt (vgl. HEL-WACHT HOLDING GMBH, 2005). Diese, multipliziert mit dem durchschnittlichen Verbrauch an fossilem Diesel von 9 l/100 km, ergeben ca. **40.590 l Diesel/a**. Der durchschnittliche Kohlendioxidausstoß der Fahrzeuge, aus den Angaben der Zulassungsscheine²², beläuft sich auf 148 g CO₂/km. Multipliziert mit den durchschnittlich 451.000 zurückgelegten km ergibt sich ein **CO₂-Aufkommen** durch den Fuhrpark des Unternehmens von **66.748 kg pro Jahr**. Die durchschnittlichen CO-Emissionen laut der Zulassungsscheine²³ belaufen sich auf 0,154 g/km, die HC-Emissionen auf 0,119 g/km, die Partikelemissionen auf 0,01 g/km und die NOx-Emissionen auf 0,457 g/km²⁴. Mit diesen Werten ergeben sich **jährliche Emissionen von 69,454 kg CO, 53,699 kg HC, 5,41 kg Partikel und 206,107 kg NOx**.

Für eine 100%ige Verwendung von Biodiesel (keine Beimengung) ist auf die Freigabe der Fahrzeuge zu achten²⁵. Die letzte Spalte der Tabelle 4 veranschaulicht die Bestimmungen für die Fahrzeuge der Hel-Wacht Holding GmbH. Diese Daten stammen von Hersteller²⁶, der „Freigabeliste für Biodiesel“ des BLT²⁷ sowie der Internetseite der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.²⁸ Nach diesen Angaben könnten bei Biodieselnutzung, von der durchschnittlichen Jahresleistung der Fahrzeuge von 451.000 km, 374.800 km mit Biodiesel zurückgelegt werden. Mit fossilem Diesel müssten weitere **76.200 km (451.000 – 374.800)** gefahren werden. Dies ergibt einen Verbrauch an fossilem Diesel von **6.858l/a (76.200 x 9/100)**.

²² Vgl. Hel-Wacht Holding GmbH, 2005.

²³ Vgl. Hel-Wacht Holding GmbH, 2005.

²⁴ Diese NOx-Emissions-Werte liegen über der EURO4-Norm (siehe Kapitel 3.2.4) da ein Durchschnittswert des Fuhrparks berechnet, und nicht nur neu zugelassene PKW's berücksichtigt wurden. Alle anderen Emissionswerte entsprechen der Norm.

²⁵ Siehe Kapitel 4.4.1.

²⁶ Vgl. STYSLO, 2005 und BUCZOLITS, 2005.

²⁷ Vgl. KRAMMER, 2003.

²⁸ Diese Union wurde am 18. 12. 1990 auf Initiative des Deutschen Bauernverbandes und des Bundesverbandes Deutscher Pflanzenzüchter gegründet (vgl. UFOP, 2005).

Tabelle 4: Fuhrpark 2005 inkl. Kilometerleistung und Freigabe für Biodiesel

Kennzeichen	Marke, Baujahr	Modell (Art, Klasse)	Kilometerleistung	Freigabe ²⁹
W-878BM	Skoda, 2002	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	30.000	Ja
W-146XC	Skoda, 2004	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	10.000	Ja
W-47965J	Skoda, 2005	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	16.000	Ja
W-33120F	Skoda, 2005	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	12.000	Ja
W-137VM	Skoda, 2002	PKW M1, Fabia	15.000	Ja
W-10361S	Skoda, 2003	PKW M1, Superb	13.000	Ja
W-44220K	Skoda, 2005	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	13.000	Ja
W-34725J	Skoda, 2004	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	23.000	Ja
W-82827J	Renault, 2000	Kombi M1, Clio B (Gekauft)	10.000	5 %
W-79753C	Peugeot, 2004	LKW N1, Part P-Open 170 C HDI	13.000	30 %
W-10462E	Skoda, 2002	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	20.000	Ja
W-10470E	Skoda, 2004	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	33.000	Ja
W-50960K	Hyundai, 2005	LKW N1, H-1 Van 6 LBW CRDI	10.000	Nein
W-612BF	Skoda, 2004	PKW M1, Fabia	30.000	Ja
W-708PR	Skoda, 2005	PKW M1, Fabia	15.000	Ja
W-65053S	Peugeot, 2004	PKW M1, 206 SW Sprot HDI 90	8.000	30 %
W-58010J	Skoda, 2004	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	37.000	Ja
W-59568K	Skoda, 2005	PKW M1, Oktavia	2.000	Nein
W-64415L	Skoda, 2002	PKW M1, Fabia	22.000	Ja
W-64416L	Skoda, 2002	PKW M1, Fabia	30.000	Ja
W-47594C	Skoda, 1999	LKW, Pick up (Gekauft)	10.000	Ja
W-29386E	Mercedes, 2002	PKW M1, E 270 CDI	20.000	Nein
W-62589M	Mercedes, 2002	PKW M1, ML 400 CDI	20.000	Nein
W-98941N	Skoda, 2004	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	24.000	Ja
W-98942N	Skoda, 2005	LKW N1, Fabia Praktika Classic SDI	15.000	Ja

Quelle: HEL-WACHT HOLDING GMBH, 2005.

²⁹ Wenn die Fahrzeuge nur bis zu einer gewissen Beimischungsgrenze freigegeben sind, dann sind die maximalen Beimischungswerte in % angegeben.

Bis auf zwei Fahrzeuge sind alle geleast. Je nach Anschaffungszeitpunkt und Fahrzeugtyp sind verschiedene Leasingraten und -laufzeiten vereinbart. Die durchschnittliche Leasingrate beträgt **319,70 €/Monat** und ist für 4 Jahre und 160.000 km gültig. Nach Ablauf der Leasingfrist werden die Fahrzeuge an das Leasingunternehmen zurückgegeben. Die Fahrzeuge sind in der firmeneigenen Garage bzw. bei Privatnutzung in privaten Abstellrichtungen untergebracht (vgl. HEL-WACHT GMBH, 2005). Fossiler Diesel wird vom jeweiligen Lenker je nach Bedarf an der nächstgelegenen Tankstelle getankt. Es bestehen keine speziellen Verträge mit Tankstellen, weshalb jederzeit an anderen Tankstellen getankt werden kann.

Die Fahrzeuge werden bei der Porsche Bank geleast. Laut Auskunft der Kundenbetreuerin für die Firma Hel-Wacht sind seitens der Porsche Bank keine Einschränkungen bei der Verwendung von Biodiesel gefordert. Wenn laut Fahrzeughersteller eine Biodieseltauglichkeit festgestellt wurde, ist das Leasingunternehmen mit der 100%igen Nutzung des alternativen Treibstoffes Biodiesel einverstanden (vgl. BICHLER, 2005).

5.2 Kosten-Wirksamkeits-Analyse

5.2.1 Grundlagen

Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse (Cost-Effectiveness Analysis, CEA) zählt zu den Wirtschaftlichkeitsrechnungen. Die **Wirtschaftlichkeit** wird als „Kennzahl für das Verhältnis zwischen Handlungsergebnis (z. B. Ertrag, Nutzen) und dafür erforderlichen Mitteleinsatz (z. B. Aufwand, Ausgaben)“ bezeichnet. Die **Wirtschaftlichkeitsrechnungen** umfassen alle entscheidungsunterstützenden Rechnungen, z. B. die Unternehmensbewertung oder die Produktionsplanung (vgl. BROCKHAUS, 1991, 405 bzw. 253f).

Im gesamtwirtschaftlichen Sinn zählen die Nutzwertanalyse und die Kosten-Nutzen-Analyse auch zu den Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Die Nutzwertanalyse ist eine „Entscheidungstechnik, durch die aus möglichen Handlungs-

alternativen die subjektiv beste Alternative des Entscheidungsträgers bestimmt werden soll. Im Unterschied zur Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt die Nutzwertanalyse keine Kosten der betrachteten Alternativen, und sie erfasst die Nutzen nicht in Geldeinheiten (monetär), sondern als dimensionslose Zahl (Nutzwert).“ Das Verfahren, das diese beiden Analysen kombiniert, ist die **Kosten-Wirksamkeits-Analyse** bzw. Cost-Effectiveness Analysis. Sie kann als ein Prozess, der die Bewertung alternativer Projekte im Hinblick auf ein vorgegebenes Ziel vergleicht, definiert werden (vgl. BROCKHAUS, 1991, 254 bzw. 53). „In cases where two or more options have similar service levels and the major economic benefits cannot be valued in monetary terms, a CEA is appropriate“ (ASAFU-ADJAYE, 2005, 187f).

Nach HANUSCH et al. (1994, 159f) ist die Kosten-Wirksamkeits-Analyse gekennzeichnet vom Verzicht auf eine monetäre Bewertung der Outputeffekte. Eine operationalisierbare Zielsetzung, die meist auch Subziele berücksichtigt, wird angestrebt. Diese Outputeffekte werden als Wirksamkeiten bezeichnet und können mit **Nominal-, Ordinal- oder Kardinalskalen** bewertet werden. „Nominalskalen nehmen nur Klasseneinteilungen vor, die in einfacher Weise qualitativ abgrenzbar sind, zum Beispiel nach den Kriterien ‚ja-nein‘, oder ‚befriedigend-unbefriedigend‘. [...] Wirksamkeitsmaße, die auch vergleichende Aussagen ermöglichen, lassen sich auf einer Ordinalskala abbilden. Diese Maße kennzeichnen die Erfüllungsgrade einzelner Teilziele in einer komparativen Betrachtung mit Hilfe von Kriterien wie ‚höher‘, ‚geringer‘ oder ‚gleich als‘. Kardinalskalen erlauben im Gegensatz zu Ordinalskalen auch Aussagen über das konkrete Ausmaß von Wirksamkeitsunterschieden, indem sie deren numerische Differenzen ausweisen.“

Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse wird laut HANUSCH et al. (1994, 160) in **acht Schritten** abgewickelt. Schritt eins ist die Zielanalyse. Es wird begehrt, durch Konstruktion eines multiplen Zielsystems die verfolgten Ziele vollständig, widerspruchsfrei und operational zu erfassen. Der zweite Schritt bezweckt, die jeweils relevanten Nebenbedingungen aufzuzeigen. Danach folgt die Bestimmung der Alternativen, die mit den Nebenbedingungen kompatibel zu sein haben. Schritt vier wird als Kostenanalyse bezeichnet, er dient zur Ermittlung, Messung und Bewertung der anfallenden Kosten. Die anschließende Wirksamkeitsanalyse beinhaltet die Quantifizierung der positiven und negativen Outputwirkungen

alternativer Vorhaben im Hinblick auf das angestrebte multiple Zielsystem. Dazu müssen geeignete physische Maße bzw. Indikatoren angewendet werden. Schritt sechs verfolgt die Homogenisierung der zeitlich verschieden anfallenden Kosten und Wirksamkeiten. Darauf folgt eine eventuelle Modifizierung der Kosten und Wirksamkeiten unter Risiko- und Unsicherheitsgesichtspunkten. Im achten Schritt werden die Ergebnisse in einer Kosten-Wirksamkeits-Matrix zusammengefasst.

5.2.2 Zielanalyse

Es wird angestrebt für den Fuhrpark des Unternehmens Hel-Wacht Holding GmbH im Vergleich zu fossilem Diesel ökologischere und ökonomischere Treibstoffe ausfindig zu machen. Die derzeitige Leistung der Fahrzeuge muss aufrechterhalten bleiben und der Zeitaufwand für das Auftanken der Fahrzeuge (entsprechend der Entfernung zu den Tankstellen) den vorhandenen Bedingungen gleichen. Es gilt, die durch einen Umstieg übernommene soziale Verantwortung „vermarkten“ zu können. Daraus ergibt sich folgendes Zielsystem:

1. Benutzerziel – gleiche Leistung und gleicher Zeitaufwand
2. Kostenziel – keine Kostensteigerung
3. Umweltziel – geringere Emissionen und
4. Public-Relation-Ziel – Aufzeigen der übernommenen sozialen Verantwortung.

5.2.3 Nebenbedingungen

Zunächst muss, um das Benutzerziel des gleichbleibenden Aufwandes zu berücksichtigen, die **Verfügbarkeit** der einzelnen alternativen Treibstoffe festgestellt werden. Die Leistung und Tauglichkeit der Fahrzeuge wird durch eine Recherche überprüft. Dies wirkt unmittelbar auf die Kostenzielsetzung. Sind neue Fahrzeuge notwendig, muss der dadurch verursachte Aufwand einkalkuliert werden. Es ist wesentlich, etwaige **Förderungen** auszuschöpfen und diese in die Kostenanalyse einzubeziehen. Die Emissionseinsparungen können für das Aufzeigen der übernommenen sozialen Verantwortung eingesetzt werden. In welchem Umfang an die Öffentlichkeit herangetreten wird, hängt von der gewählten **Umstiegsvariante** ab. Fällt z. B. die Wahl ausschließlich auf CNG-Erdgas umzusteigen, könnte man mit

anderen Unternehmen, die den Fuhrpark ebenfalls auf diesen Treibstoff umgestellt haben, gemeinsame Informationskampagnen starten.

5.2.4 Alternativennennung und getroffene Annahmen

Der Fuhrpark des Unternehmens wird derzeit mit fossilem Diesel betrieben. Als Alternativen werden CNG-Erdgas, CNG-Biogas und Biodiesel betrachtet.

Um Berechnungen anstellen zu können, müssen für die Treibstoffe **Preise** festgelegt werden. Für die zukünftige Preisentwicklung müssen Annahmen getroffen werden, da Preisentwicklungen für zehn Jahre nicht vorhersehbar sind. Der Preis des fossilen Diesels hat sich im Laufe der Arbeit der Ein-Euro-Grenze genähert und bei diesem Stand gehalten. Für die Arbeit wird ein Wert von **0,986 €/l**, der laut OEAMTC den Durchschnitt der Periode von 15.11.05 bis 07.03.06 angibt, herangezogen (vgl. OEAMTC, 2006). Dieser Wert inkludiert die Mineralölsteuer³⁰. Es wird damit gerechnet, dass dieser Dieselpreis auch in den kommenden Jahren zum Vergleich herangezogen werden kann. Für CNG-Erdgas wird ein Vergleichspreis von **0,62 €/l** angenommen.³¹ Laut JOZIC (2006) ist Biodiesel seit November 2005 an allen Tankstellen in Wien um **0,999 €/l** erhältlich. Dieser Preis wird für die Arbeit herangezogen und inkludiert keine Mineralölsteuer. Biodiesel ist ein Kraftstoff aus biogenen Stoffen und daher von der Mineralölsteuer befreit (vgl. BGBl. 630 § 4 Abs. 1 Punkt 7). Auch dieser Biodieselpreis wird als gültiger Vergleichswert für die kommenden Jahre angenommen. Für CNG-Biogas wird in 5 bis 10 Jahren als Vergleichswert zu fossilem Diesel ein Preis von **0,7 €/l** CNG-Biogas herangezogen (vgl. PÖLZ und SCHALCHENEGGER, 2005b, 6). Dem entsprechend wird bei Biogas als Treibstoff von einer **Verfügbarkeit** in 5 bis 10 Jahren ausgegangen.

Es wird angenommen, dass der gesamte Fuhrpark **in 2 bis 5 Jahren auf monovalente CNG-Fahrzeuge** umgestellt wird. Bei Kauf von Erdgasfahrzeugen

³⁰ Laut § 1 Z 1 und 2 Mineralölsteuergesetz 1995 (BGBl. 630) unterliegt „Mineralöl, das im Steuergebiet hergestellt oder in das Steuergebiet eingebracht wird, sowie Kraftstoffe und Heizstoffe, die im Steuergebiet verwendet werden, einer Verbrauchsteuer (Mineralölsteuer). Steuergebiet im Sinne dieses Bundesgesetzes ist das Bundesgebiet, ausgenommen das Gebiet der Ortsgemeinden Jungholz (Tirol) und Mittelberg (Vorarlberg)“ (BGBl. 630 § 1 Z 1 und 2).

³¹ Siehe Kapitel 4.2.3.

kommen verschiedene **Förderungen** in Betracht. Als Beispiel sei der Startbonus von 500,- €/Fahrzeug bei Anschaffung eines VW EcoFuel genannt. Dieser Startbonus gilt für alle im Jahr 2006 angeschafften Fahrzeuge und wird von VW gewährt (vgl. VW, 2006, 12). Die vom Unternehmen Hel-Wacht Holding GmbH überwiegend geleasten Fahrzeuge der Marke Skoda sind derzeit nicht in CNG-Version erhältlich. Es werden daher laut SCHNEEWEIß (2005) von Leasplan die Leasingraten der vergleichbaren Fahrzeuge Opel Zafira 1,6 CNG (71 kW) mit einer Leasingrate von 294,- € für 48 Monate und 120.000 km sowie VW Golf Var. 2,0 Bifuel (85 kW) mit einer Leasingrate von 370,- € ebenfalls für 48 Monate und 120.000 km berücksichtigt. Bei diesen Raten ist eine einmalige Förderung von 1.000,- € und eine Management Fee von 19,- € einkalkuliert (siehe Tabelle 5). Die CNG-Fahrzeuge haben eine durchschnittliche Leasingrate von 351,- € $((294 + 370)/2 + 19)$. Diese Rate ergibt, verglichen mit der durchschnittlichen Leasingrate des Unternehmens, eine **Leasingratensteigerung von 31,30 €**. Dies entspricht auch in etwa dem von Leasplan errechneten Vergleichswert der folgenden Tabelle 5. **Alle weiteren Kosten** (z. B. Versicherungskosten) werden **wie bisher** angenommen.

Tabelle 5: Vergleich der CNG- vs. Diesel-Kosten

Kosten	Opel Zafira 1,6 CNG (71 kW)	Zafira 2,0 DTI 16 V (74 kW)	Differenz
Leasingrate	294,-	259,-	+ 35,-
Service, Reifen	111,-	114,-	-3,-
Kraftstoff	108,-	186,-	- 78,-
Management Fee	19,-	19,-	
Versicherung	148,-	150,-	-2,-

Quelle: SCHNEEWEIß, 2005.

Die Voraussetzung den gesamten Fuhrpark (25 Fahrzeuge) auf CNG-Fahrzeuge umzustellen, macht es nötig, einen neuen Verwendungszweck für die zwei gekauften Fahrzeuge zu finden. Es wird davon ausgegangen, dass die Unternehmensführung **die zwei gekauften Fahrzeuge als „Mitarbeitermotivation“** einsetzt. Nach vollständiger Abschreibung der Fahrzeuge werden diese, um nicht mehr als Teil des Fuhrparks aufzuscheinen, an Mitarbeiter zur ausschließlichen Privatnutzung übergeben. Diese Mitarbeiter erhalten dadurch für außergewöhnliche Leistungen

oder innovative Ideen, die einen weiteren Schritt in Richtung nachhaltiges Wirtschaften ermöglichen, eine Prämie. Damit kann eine größere Akzeptanz für die Umstellung des Fuhrparks erreicht, und ein Anreiz geboten werden, die Mitarbeiter zu umweltbewusstem Handeln aufzufordern. Es wird angenommen, dass die zwei gekauften Fahrzeuge **innerhalb des nächsten Jahres aus dem Fuhrpark** ausscheiden. Bei den Jahreskosten für Diesel und Biodiesel können daher Leasingraten für 25 Fahrzeuge berechnet werden. Dies ermöglicht einen direkten Vergleich mit dem CNG-Fuhrpark.

Bei der Nutzung von Biodiesel muss ein **höherer Verbrauch** im Vergleich zum Einsatz von fossilem Diesel berücksichtigt werden. Laut IWR (2006) muss bei Biodieselnutzung in PKWs ein Mehrverbrauch von 10-15 % einkalkuliert werden. Dies wird durch die Angaben von AGQM (2006) relativiert: „In Flottenversuchen wurden Mehrverbräuche von 0-5 % gegenüber dem Einsatz von Dieselkraftstoff ermittelt. Mehrverbräuche von 10 % und mehr sind nicht bekannt und wären auch fachlich nicht gerechtfertigt.“ Für LKW gilt laut ADM (2006): „Der Biodieselbetrieb kann bei einzelnen Fahrzeugen einsatzbedingt zu einem geringen Mehrverbrauch oder zu einer geringen Minderleistung führen. Im schlechtesten Fall muss mit einem Verbrauchsanstieg von 6 % gerechnet werden.“ Für die Arbeit wird bei gleicher Fahrzeugleistung ein durchschnittlicher Mehrverbrauch bei der Biodieselnutzung von 5 % angenommen. Bei Biogas wird ebenfalls von einer gleichwertigen Fahrzeugleistung ausgegangen.

5.2.5 Kostenanalyse

Bei der Kostenanalyse werden die Treibstoffkosten, etwaige Förderungen und die Leasingraten berücksichtigt. Ziel ist es, Jahreskosten für den gesamten Fuhrpark (25 Fahrzeuge) zu ermitteln.

5.2.5.1 Fossiler Diesel

Bei einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 40.590 l des Fuhrparks fallen bei Dieselpreisen von 0,986 €/l jährliche **Treibstoffkosten von 40.021,- € (40.590 x**

0,986) an. Für die **25 geleasten Fahrzeuge**, fallen **jährliche Leasingraten im Wert von 95.910,- € (25 x 319,7 x 12)** an. Insgesamt ergeben sich für die Variante fossiler Diesel **Jahreskosten** von 135.931,- € (40.021 + 95.910).

5.2.5.2 CNG-Erdgas

Ein Fahrzeug, das der Unternehmenstochter in Linz, Hel-Wacht Sicherheits- & Kommunikationstechnik GmbH, angehört, kann von der Aktion „Mit Erdgas fahren – beim Tanken sparen!“ profitieren. Diese Aktion wurde von der Erdgas Oberösterreich GmbH & Co KG, der Oberösterreichischen Ferngas AG und dem Land Oberösterreich ins Leben gerufen. „Der Ankauf³² von 50³³ serienmäßigen mit Erdgasantrieb ausgestatteten Neufahrzeugen wird von den Aktionspartnern mit Erdgas-Tankgutscheinen im Wert von € 2.400,- unterstützt. Durch Abschluss eines Vertrages mit 4 Jahren Laufzeit und Anbringung einer entsprechenden Beschriftung am Fahrzeug erhält der Fahrzeugeigentümer **pro Jahr im Vorhinein Erdgas-Tankgutscheine im Wert von € 600,-**“ (ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & CO KG und OBERÖSTERREICHISCHE FERNGAS AG, 2005). Es ist darauf zu achten, dass sich die Aufkleber der Aktion „Mit Erdgas fahren – beim Tanken sparen!“ (siehe Abbildung 15) nicht mit den firmeneigenen Aufklebern überschneiden. Würde das für die in Linz situierte Unternehmenstochter neu angeschaffte Fahrzeug mit einer oberösterreichischen Zulassung geleast werden, könnten, auf vier Jahre verteilt, 2.400,- € eingespart werden.

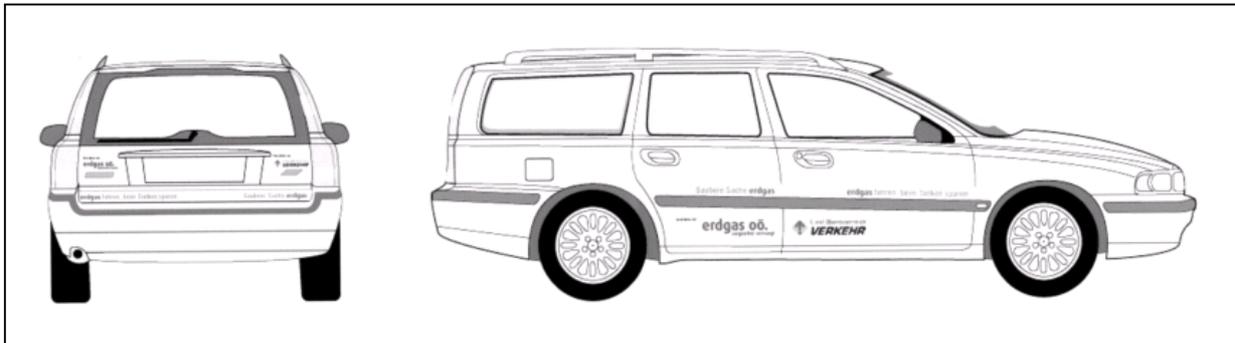
Laut FRÜHMANN (2005) gewährt die Kommunalkredit Public Consulting GmbH einen **Investitionszuschuss**, für die Vermeidung und Verringerung von Belastungen durch klimarelevante Gase. Jede natürliche oder juristische Person kann einen Investitionszuschuss zu 30 % der umweltrelevanten Investitionskosten beantragen. Förderungsfähig sind lediglich die Mehrkosten. Im Falle des Unternehmens Hel-Wacht Holding GmbH wären dies die Mehrkosten der neu angeschafften CNG-Fahrzeuge im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugmodellen, sowie die Kosten der von Wien

³² Wohnsitz/Zulassung in Oberösterreich, keine Barablöse möglich.

³³ Die Fördergrenze liegt bei maximal 50 angeschafften Fahrzeugen. Seit Aktionsbeginn (Sommer 05) wurden bis zum 10.03.2006 bereits 10 Fahrzeuge vertraglich gebunden (vgl. ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & CO KG und OBERÖSTERREICHISCHE FERNGAS AG, 2005).

Energie eingebauten optionalen **betriebseigenen CNG-Tankstelle** (vgl. KARNER, 2005 und siehe Abschnitt 3.3).

Abbildung 15: Beschriftung von CNG-Fahrzeugen bei Teilnahme an der Aktion



Quelle: ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & CO KG UND OBERÖSTERREICHISCHE FERGAS AG, 2005.

Bei erdgasbetriebenen Fahrzeugen bestehen von Seiten der Kommunalkredit Public Consulting GmbH Bedenken hinsichtlich des CO₂-Reduktionspotenzials. Um nicht unnütz für einen Zuschuss anzusuchen, sollte laut FRÜHMANN (2005) bei der Förderung der Fahrzeuge die Kostenamortisation berücksichtigt werden. Die erhöhten Anschaffungskosten könnten durch niedrigere Treibstoffkosten kompensiert werden, womit die Bedingungen für eine Förderung nicht erfüllt werden könnten. Es könnte lediglich für die optionale betriebseigene CNG-Tankstelle die Frage der Förderungsfähigkeit zu klären sein. Der Antrag auf Förderung ist vor Beginn des Baus der Tankstelle einzureichen und der Zuschuss wird erst nach der Investition gewährt. Die Investitionskosten müssen mindestens 10.000,- € betragen (vgl. FRÜHMANN, 2005). Die Errichtung einer betriebseigenen CNG-Tankstelle wird erst in Erwägung gezogen, wenn der Fuhrpark auf CNG-Fahrzeuge umgestellt ist.

Bei einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 40.590 l des Fuhrparks, fallen bei CNG-Erdgaspreisen von 0,62 €/l jährliche **Treibstoffkosten von 25.166,- € (40.590 x 0,62)** an. Da die ersetzten Dieselfahrzeuge nach Ablauf der Leasingfrist an das Leasingunternehmen zurückgegeben werden, und sonst keine vertraglichen Vereinbarungen zu berücksichtigen sind, stellt es keinen zusätzlichen Aufwand dar, für die neuen CNG-Fahrzeuge den Leasinganbieter zu wechseln. Bei Anschaffung von **25 CNG-Fahrzeugen** und unter einer angenommenen durchschnittlichen Leasingrate von 351,- €/Monat, wird mit **jährlichen Leasingraten von 105.300,- €**

(25 x 351 x 12) gerechnet. Bei Betrachtung **eines einzelnen Fahrzeuges**, steht die jährliche Leasingratensteigerung von 375,60 € ($31,3 \times 12$) einer durchschnittlichen Treibstoffkosteneinsparung von 594,24 € ($((0,986 - 0,62) \times 40590 / 25)$) gegenüber. Die Umstellung auf CNG-Fahrzeuge ergibt im Vergleich zu den derzeitigen Dieselfahrzeugen jährliche **Einsparungen von 218,64 €/Fahrzeug (594,24 – 375,60)**. Für die Alternative CNG-Erdgas ergeben sich **Jahreskosten** von 129.866,- € ($25.166 + 105.300 - 600$).

5.2.5.3 CNG-Biogas

Mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 40.590 l des Fuhrparks fallen (in 5 bis 10 Jahren) bei CNG-Biogaspreisen von 0,70 €/l jährliche **Treibstoffkosten von 28.413,- € ($40.590 \times 0,70$)** an. Es werden die **Leasingraten** wie bei der CNG-Erdgas-Alternative von **jährlich 105.300,- €** berücksichtigt. Bei der Alternative CNG-Biogas fallen **Jahreskosten** von 133.713,- € ($28.413 + 105.300$) an.

5.2.5.4 Biodiesel

Die **Umrüstung** der nicht biodieseltauglichen Fahrzeuge kommt nur für die zwei gekauften Fahrzeuge in Betracht. Die geleasten Fahrzeuge werden nach Ablauf der Leasingdauer an das Leasingunternehmen zurückgegeben, womit eine Umrüstung als unrentabel einzustufen ist. Da ein Wagen biodieseltauglich ist, wurde ausschließlich für ein Fahrzeug (Renault Kombi M1 Clio B) um Umrüstungsauskunft angesucht. Für den Fahrzeugtyp Renault Kombi M1 Clio B werden seitens Renault keine Umrüstungen vorgenommen, bis zu 5 % Biodiesel kann ohne Bedenken zum normalen Diesel beigemischt werden (vgl. BUCZOLITS, 2005).

Da alle 100%-biodieseltauglichen Fahrzeuge der Marke Skoda sind, muss auf Folgendes Rücksicht genommen werden: „Bei Betrieb des Fahrzeuges mit Biodiesel ist auf eine **Verkürzung des Serviceintervalles** zu achten. Die Überprüfung des Dieselfilters muss anstatt nach 60.000 km bereits nach 30.000 km erfolgen. Dies ergibt Zusatzkosten von 60,- €/Fahrzeug“ (STYSLO, 2006). Da nicht alle biodieseltauglichen Fahrzeuge weitere 30.000 km genutzt werden und diese Zusatzkosten

von 60,- €/Fahrzeug nicht jährlich anfallen, wird für den gesamten Fuhrpark pro Jahr bei Biodieselnutzung mit Zusatzkosten von **180,- €** durch Verkürzung des Serviceintervalles gerechnet.

Mit einem durchschnittlichen Jahresverbrauch von 40.590 l, reduziert um die Verbräuche der nicht biodieseltauglichen Fahrzeuge von 6.858 l/a und erhöht um 5 % Mehrverbrauch, fallen bei Biodieselpreisen von 0,999 €/l jährliche **Treibstoffkosten von 35.383,- €** ($((40.590 - 6.858) + 5\%) \times 0,999$) an. Für die 6.858 l/a müssen die 0,986 €/l des fossilen Diesels einkalkuliert werden. Dies ergibt **Kosten von 6.762,- €** Für das Leasing der Fahrzeuge müssen wie beim fossilen Diesel **jährliche Raten im Wert von 95.910,- €** hinzugezählt werden. Durch Einsatz der Alternative Biodiesel ergeben sich **Jahreskosten** von 138.235,- € (35.383 + 6.762 + 95.910 + 180).

5.2.6 Wirksamkeitsanalyse

Als Wirksamkeiten werden die Verfügbarkeit der Treibstoffe, die Fuhrparktauglichkeit, die Fahrzeugleistung und das Emissionsaufkommen herangezogen.

5.2.6.1 Fossiler Diesel

Fossiler Diesel ist derzeit und auch in 5 bis 10 Jahren ausreichend verfügbar. Der gegenwärtige Fuhrpark wird mit fossilem Diesel betrieben und dient als Vergleichswert zur Überprüfung der Fahrzeugleistung. An Emissionen werden **jährlich 66.748 kg CO₂, 69,454 kg CO, 53,699 kg HC, 5,41 kg Partikel und 206,107 kg NO_x** ausgeschieden (siehe Abschnitt 5.1).

5.2.6.2 CNG-Erdgas

CNG-Erdgas kann nicht in den vorhandenen Fahrzeugen verwendet werden. Sobald der Fuhrpark zur Gänze auf CNG-Fahrzeuge umgestellt ist, ist der Fuhrpark als erdgastauglich einzustufen (in 2 bis 5 Jahren). Die Fahrzeugleistung der CNG-Fahrzeuge ist der Fahrzeugleistung von Dieselfahrzeugen gleichwertig (vgl.

SCHNEEWEIß, 2005). Lokal ist eine ausreichende Verfügbarkeit von CNG-Erdgas gegeben, auch in 5 bis 10 Jahren. In Tabelle 6 sind speziell für den Großraum Wien und Linz die für das Unternehmen erreichbaren CNG-Tankstellen angeführt. Diese Tankstellen befinden sich im vergleichbaren Entfernungsraum zu den bisher genutzten herkömmlichen Diesel-Tankstellen. Bei steigender Nutzung von CNG-Erdgas als Treibstoff wird ein Ausbau des CNG-Tankstellennetzes erwartet.

Tabelle 6: Adressen der CNG-Tankstellen in Wien und Linz

Tankstellen	Adressen
OMV	1110 Wien, 7. Haidequerstr. 2
OMV	1200 Wien, Adalbert Stifter Str. 67
OMV	1210 Wien, Brünner Str. 172
OMV	1220 Wien, Hirschstettner Str. 34
OMV	1230 Wien, Brunner Str. 77-79
Avanti	4020 Linz, Industriezeile 61
OMV	4020 Linz, Hafenstr. 8
OMV	4020 Linz, Luzerstr. 33

Quelle: OEAMTC, 2005.

Der Einsatz der Fahrzeuge erfolgt überwiegend im innerstädtischen Verkehr, es gilt daher der Hinweis von ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & CO KG und OBERÖSTERREICHISCHE FERN GAS AG (2005): „Gerade im dichten innerstädtischen Betrieb sind Erdgasfahrzeuge von großem Vorteil, da nicht nur eine deutliche Emissionsreduktion vorhanden ist, sondern auch eine merkliche Lärminderung durch den ruhiger laufenden Erdgas-Motor zum Tragen kommt.“

Es können bis zu 98 % HC-, 90 % NO_x- und 98 % Partikelemissionen eingespart werden. Die CO₂-Emissionen fallen ca. um die Hälfte und die CO-Emissionen um etwa $\frac{3}{4}$ geringer aus. Damit können im Vergleich zur Nutzung von fossilem Diesel (vorhergehender Punkt 5.2.6.1), jährlich Emissionen von 33.374 kg CO₂ (66.748/2) 52,090 kg CO (69,454 x $\frac{3}{4}$), 52,63 kg HC (53,699 x 98 %), 5,30 kg Partikel (5,41 x 98 %) und 185,50 kg NO_x (206,107 x 90 %) vermieden werden. **Jährlich fallen bei Einsatz von CNG-Erdgas folgende Emissionen an: 33.374 kg CO₂, 17,364 kg CO (69,454 – 52,090), 1,069 kg HC (53,699 – 52,63), 0,11 kg Partikel (5,41 – 5,30) und 20,607 kg NO_x (206,107 – 185,50).**

5.2.6.3 CNG-Biogas

Für die CNG-Biogasnutzung müssen ebenfalls neue Fahrzeuge angeschafft werden. Diese sind den CNG-Fahrzeugen zur Erdgasnutzung gleich. Daher wird hinsichtlich Fuhrparktauglichkeit im Vergleich zu den derzeitigen Dieselfahrzeugen auf die Angaben unter CNG-Erdgas verwiesen (vorhergehender Abschnitt). Die Fahrzeugleistung wird als gleichwertig angenommen. Die Verfügbarkeit des Treibstoffes Biogas ist derzeit sowohl global als auch lokal nicht gegeben, allerdings wird erwartet, dass in 5 bis 10 Jahren Biogas als Treibstoff ausreichend vorhanden sein wird. Durch Biogasnutzung kann bis auf die Kohlendioxidemissionen mit gleichen Einsparungsergebnissen wie bei Erdgas gerechnet werden. Bei Kohlendioxid wird, ohne die Emissionen des gesamten Treibstoffproduktionsprozesses einzurechnen, von einer 100%igen Einsparung ausgegangen. **Jährlich fallen bei Einsatz von CNG-Biogas folgende Emissionen an: keine CO₂, 17,364 kg CO, 1,069 kg HC, 0,11 kg Partikel und 20,607 kg NO_x.**

5.2.6.4 Biodiesel

Biodiesel kann in einem Großteil der Fuhrparkflotte genutzt werden. Nach Umstellung des Fuhrparks auf CNG-Fahrzeuge ist keine Biodieseltauglichkeit gegeben (in 2 bis 5 Jahren). Die Fahrzeugleistung des Dieselfahrzeuges, unter Gebrauch von Biodiesel, ist geringer als bei Nutzung von fossilem Diesel. Dies wird durch einen Mehrverbrauch von 5 % berücksichtigt. Im Großraum Wien und Linz sind 10 Biodiesel-Tankstellen vorzufinden (siehe Tabelle 7). Diese Tankstellen befinden sich in vergleichbarer Entfernung zu den bisher genutzten herkömmlichen Diesel-Tankstellen. Bei der Herkunft des Ausgangsmaterials ist das begrenzende Problem der Anbaufläche zu berücksichtigen. Biodiesel aus österreichischem Ausgangsmaterial wird nicht uneingeschränkt verfügbar sein. Ansonsten kann derzeit sowie voraussichtlich in 5 bis 10 Jahren von ausreichender Verfügbarkeit gesprochen werden.

Tabelle 7: Adressen der Biodiesel-Tankstellen in Wien und Linz

Tankstelle	Adresse
Autohansa	1020 Wien, Franzensbrückenstr. 20
AWI Diskonttankstelle	1040 Wien, Margaretenstraße 28
AWI Diskonttankstelle	1050 Wien, Rechte Wienzeile 43
AWI Diskonttankstelle	1080 Wien, Bennoplatz 4
AWI Diskonttankstelle	1110 Wien, Simmeringer Hauptstr. 153
AWI Diskonttankstelle	1120 Wien, Tivoligasse 53
Höhle & Maskov	1160 Wien, Maroltingergasse 66
AWI Diskonttankstelle	1180 Wien, Sternwartestraße 23
AWI Diskonttankstelle	1210 Wien, Pragerstraße 136 – 140
AVIA Hoffellner	4040 Linz, Freistädterstrasse 231

Quelle: BLT WIESELBURG, 2005.

Bei Betrieb des Fuhrparks mit Biodiesel müssen für die nicht biodieseltauglichen Fahrzeuge Emissionen durch Gebrauch von fossilem Diesel berücksichtigt werden. Dies sind Emissionen, die auf einer Strecke von 76.200 km, der jährlich durchschnittlich zurückgelegten Strecke des Fuhrparks, anfallen. Um auf die Emissionen der biodieseltauglichen Fahrzeuge zu kommen, werden die Emissionen der nicht biodieseltauglichen Fahrzeuge von den Emissionen des Fuhrparks bei 100%iger Nutzung von fossilem Diesel abgezogen (siehe Abschnitt 5.1). Der Mehrverbrauch von 5 % und die entsprechenden Emissionsreduktionen oder -erhöhungen sind einkalkuliert (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8: Emissionen bei Biodieselnutzung in kg/a

Emissionen	Einsatz von fossilem Diesel	Mehrverbrauch gegenüber fossilem Diesel	Reduktion bzw. Erhöhung durch Biodiesel	Gesamte Änderungen der Emissionen
CO ₂	11.278	-	- 55.470	11.278
CO	11,73	2,89	- 50,31	22,03
HC	9,07	2,23	- 25,30	30,63
NOx	35,81	8,51	+ 53,64	268,30
Partikel	0,76	0,23	-	5,64

Ohne Beachtung der Emissionen im Zuge des gesamten Treibstoffproduktionsprozesses beträgt die Kohlendioxideinsparung 100 %. Der Mehrverbrauch führt daher zu keinem erhöhten Kohlendioxidaufkommen. Es fallen lediglich die durch Gebrauch von fossilem Diesel erwirkten Emissionen von **11.278 kg CO₂/a** (76.200 x 148/1.000) an. Es sind Reduktionspotenziale von ca. 83 % CO und 54 % HC, bei denen auch die Emissionen der nicht biodieseltauglichen Fahrzeuge sowie 5 %

Mehrverbrauch eingerechnet sind, möglich. Bei CO fallen für die Fahrzeuge, die mit fossilem Diesel betrieben werden müssen, 11,73 kg CO/a ($76.200 \times 0,154/1.000$) an. Die Fahrzeuge, die mit Biodiesel betrieben werden, emittieren 57,724 kg CO/a ($69,454 - 11,73$), erhöht um 5 % Mehrverbrauch und reduziert um das Einsparungspotenzial von 83 %, ergibt dies **CO-Emissionen** durch Biodieselnutzung von **22,03 kg/a** ($57,724 + 5 \% - 83 \% + 11,73$). Bei HC fallen durch die mit fossilem Diesel betriebenen Fahrzeuge 9,07 kg/a ($76.200 \times 0,119/1.000$) an. Durch Biodieselbetrieb werden daher 44,629 kg HC/a ($53,699 - 9,07$) emittiert, wobei unter Berücksichtigung von 5 % Mehrverbrauch und 54 % Einsparungspotenzial, sich jährliche **HC-Emissionen von 30,63 kg/a** ($53,699 + 5 \% - 54 \% + 9,07$) ergeben.

Bei Stickoxid werden durch Gebrauch von fossilem Diesel von den nicht biodieseltauglichen Fahrzeugen 35,81 kg NO_x/a ($76.200 \times 0,47/1.000$) emittiert. Die Emissionen, die bei 100%iger Nutzung von fossilem Diesel anfallen, reduziert um die 35,81 kg NO_x/a, ergeben 170,3 kg NO_x/a ($206,107 - 35,81$). Da Stickoxidemissionen um ca. 30 % höher sind und 5 % Mehrverbrauch erwartet wird, fallen **NO_x-Emissionen von 268,3 kg/a** ($170,3 + 5 \% + 30 \% + 35,81$) an. Die Partikelemissionen sind in etwa gleich. Die Fahrzeuge, die nicht biodieseltauglich sind, emittieren 0,762 kg Partikel/a ($76.200 \times 0,01/1.000$). Bei den verbleibenden 4,65 kg Partikel/a ($5,41 - 0,762$) muss nur der Mehrverbrauch von 5 % berücksichtigt werden. Es ergeben sich bei Gebrauch von Biodiesel **jährliche Partikelemissionen von 5,64 kg** ($4,65 + 5 \% + 0,762$). Gesamt betragen die **jährlichen Emissionen bei Biodieselnutzung 11.278 kg CO₂, 22,03 kg CO, 30,63 kg HC, 5,64 kg Partikel und 268,3 kg NO_x**.

5.2.7 Zeitliche Homogenisierung

Ein Vergleich aller betrachteten Alternativen ist nur möglich, wenn für den Umstieg ein Zeitraum von mehreren Jahren ins Auge gefasst wird. Dies beruht einerseits auf der Notwendigkeit für die Erd- und Biogasnutzung neue Fahrzeuge anschaffen zu müssen und andererseits auf der Tatsache, dass Biogas derzeit nicht verfügbar ist. Für Biogas wurde mit einer Verfügbarkeit in fünf Jahren gerechnet. Sollten in Österreich Förderungen für Biogas als Treibstoff gezielt eingesetzt werden, ist es realistisch, in fünf Jahren mit Biogas an Tankstellen zu rechnen (vgl. PÖLZ und

SCHALCHENEGGER, 2005a, 45). Für den Kostenvergleich wurden die Jahreskosten mit den derzeitigen Preisen herangezogen.

5.2.8 Risiken und Unsicherheiten

Alle getroffenen Annahmen sind mit Risiko und Unsicherheit behaftet. Es ist nötig, konkrete Treibstoffpreise zu fixieren, um auf vorhandene Differenzen hinweisen zu können. Biogas ist derzeit als Treibstoff nicht verfügbar. Es sind auch keine konkreten Kosten/Preise zur/der tatsächlichen Bereitstellung von Biogas als Treibstoff vorhanden. Da in 2 bis 5 Jahren bereits ein CNG-Fuhrpark vorhanden sein könnte, ist ein Vergleich mit dem derzeitigen Fuhrpark möglich. Die Annahme auf monovalente (anstatt auf bivalente) CNG-Fahrzeuge umzustellen, beugt der Gefahr vor, bei Einsatz der CNG-Fahrzeuge auf die tatsächliche Betankung von Erd- bzw. Biogas achten zu müssen. Die angegebenen Kosteneinsparungen sind nur realisierbar, wenn CNG-Erdgas bzw. -Biogas zu 100% genutzt wird und die Preiserwartungen zutrifft. Die Möglichkeit, eine Förderung bei der Anschaffung von CNG-Fahrzeugen auszuschöpfen, wird durch eine einmalige fiktive Förderung von 1.000,- € in den Leasingraten der CNG-Fahrzeuge berücksichtigt. Es muss auf einen Pauschalwert zurückgegriffen werden, der das Risiko in sich birgt, zu niedrig oder zu hoch festgelegt zu sein.

Zum Kostenvergleich werden nur Leasingraten, Treibstoffkosten und etwaige Förderungen herangezogen. Alle weiteren Kosten, z. B. Versicherungskosten, werden den bisherigen Kosten gleichgesetzt. Diese Gleichsetzung trägt das Risiko, mögliche Mehrkosten unberücksichtigt zu lassen. Damit von einer Umstellung des gesamten Fuhrparks gesprochen werden kann und die Jahreskosten für den Vergleich herangezogen werden können, müssen die zwei gekauften Fahrzeuge aus dem Fuhrpark ausscheiden. Bei Biodieseleinsatz muss ein Mehrverbrauch einkalkuliert werden.

5.2.9 Untersuchungsergebnisse

5.2.9.1 Kosten-Wirksamkeits-Matrix und Umstiegsmöglichkeit

Die errechneten Jahreskosten und Emissionen der Alternativen sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Durch die Berücksichtigung eines Mehrverbrauchs bei Biodieselnutzung weisen alle Fahrzeuge bei Einsatz der untersuchten Treibstoffe die gleiche Leistung auf. Der Fuhrpark ist gegenwärtig dieseltauglich, größtenteils auch biodieseltauglich. Mit sukzessiver Umstellung auf CNG-Fahrzeuge wird der Fuhrpark erd-/biogastauglich. Bis auf Biogas sind derzeit alle Treibstoffe verfügbar. Die Wirksamkeiten Verfügbarkeit und Fuhrparktauglichkeit sind in Abbildung 16 festgehalten.

Tabelle 9: Kosten-Wirksamkeits-Matrix: Fossiler Diesel und drei alternative Treibstoffe

Bezeichnung		Fossiler Diesel	Alternative Treibstoffe		
			Biodiesel	CNG-Erdgas	CNG-Biogas
Kosten/a		135.931	138.235	129.866 ³⁴	133.713
Emissionen in kg/a	CO ₂	66.748	11.278	33.374	0
	CO	69,5	22,0	17,4	17,4
	HC	53,7	30,6	1,1	1,1
	Partikel	5,4	5,6	0,1	0,1
	NO _x	206,1	268,3	20,6	20,6

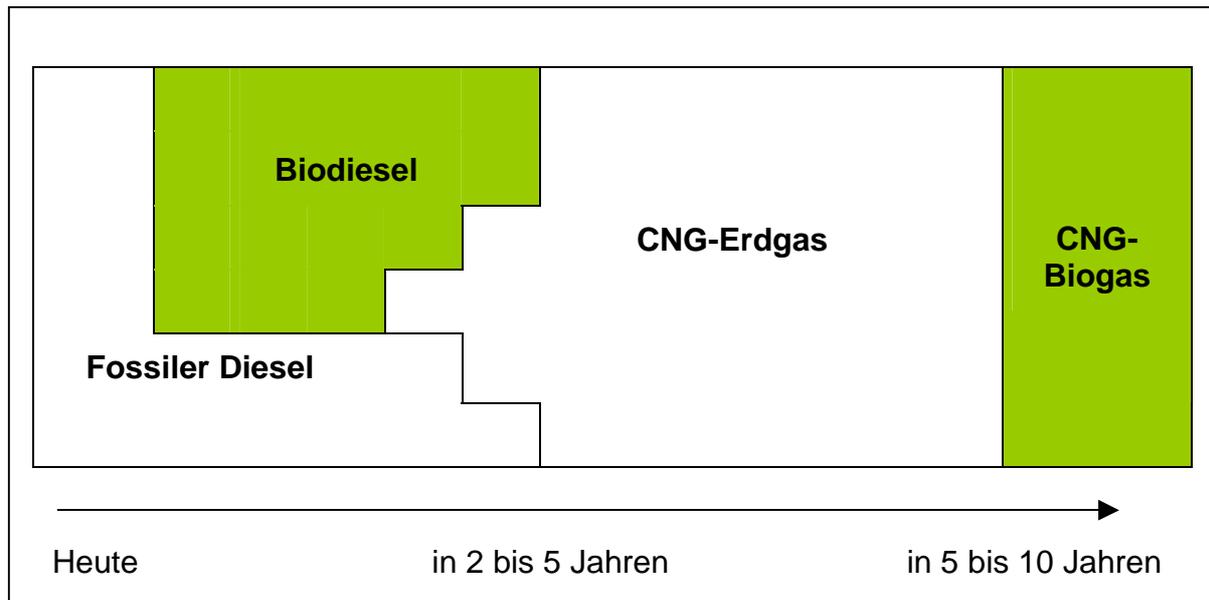
Bei ausschließlichem Einsatz der biogenen Treibstoffe Biogas und Biodiesel wird CO₂ ausgestoßen (vgl. PETERSON und HUSTRULID, 1998, 100). Es wird nicht der gesamte Treibstoffproduktionsprozess berücksichtigt und davon ausgegangen, dass nicht mehr Biomasse verwendet wird als nachwächst (vgl. KOPETZ, 2002, 36). Das ausgestoßene Kohlendioxid wird von der nachwachsenden Biomasse, die wieder zur Treibstoffproduktion verwendet wird, gebunden. Daher kann, bei Einsatz der biogenen Treibstoffe im Gegensatz zu fossilen Treibstoffen, mit einer 100%igen Kohlendioxideinsparung gerechnet werden.

³⁴ Unter Berücksichtigung der Aktion „Mit Erdgas Fahren – beim Tanken sparen!“.

Beim Vergleich von fossilem Diesel zu Biodiesel ist keine Kosten-, jedoch Emissionseinsparung (jährliche Emissionsreduktion von 55.470 kg CO₂, 47,5 kg CO und 23,1 kg HC) zu verzeichnen (Kostensteigerung von 2.304,- €/a). Bezüglich des Anstiegs der Partikel- sowie NO_x-Emissionen (Emissionssteigerung von 0,2 kg Partikel/a und 62,2 kg NO_x/a) ist auf die Wertigkeit der einzelnen Emissionen zu achten. Will der Fuhrparkbetreiber nur auf Treibstoffe umsteigen, die keine Emissionssteigerungen verursachen, oder sind für den Fuhrparkhalter die Partikelemissionen höherwertig als z. B. CO₂-Emissionen, scheidet Biodiesel im Vergleich zu den anderen Alternativen aus. Wird der Fuhrpark auf CNG-Erdgas umgestellt, sind sowohl Kosten- als auch Emissionseinsparungen (jährliche Emissionsreduktion von 33.374 kg CO₂, 52,1 kg CO, 52,6 kg HC, 5,3 kg Partikel und 185,5 kg NO_x) zu erwarten (Kosteneinsparung von 6.065,- €/a). Es gilt ein **Kosteneinsparungspotenzial von 218,64 €/Fahrzeug** (siehe Abschnitt 5.2.5.2). Sollte dann die Verfügbarkeit von CNG-Biogas als Treibstoff und der entsprechende Preis wie angenommen vorliegen, ist beim Umstieg von Erd- auf Biogas mit höheren Kosten bei etwas niedrigeren Kohlendioxidemissionen (Emissionsreduktion von 33.374 kg CO₂/a) zu rechnen. Nach den derzeitiger erwarteten Preisen kann eine Kostensteigerung von 3.847,- €/a erwartet werden. Die Rahmenbedingungen für CNG-Biogas sind allerdings noch nicht fixiert. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass mit **kontinuierlichem Umstieg auf monovalente CNG-Fahrzeuge** die angestrebten Ziele am besten erreicht werden könnten.

Liegt das Interesse auf der sofortigen Übernahme sozialer Verantwortung unter Ausschöpfung der jährlichen Emissionseinsparungen von 55.470 kg CO₂, 47,5 kg CO und 23,1 kg HC, sollte der Umstellung auf Biodiesel der Vorrang eingeräumt werden. Im Falle der Umstellung der biodieseltauglichen Fahrzeuge auf Biodieselnutzung sind Kostensteigerungen zu berücksichtigen. Mit Auslauf der Leasingverträge könnte dann, um Kosteneinsparungen und Emissionseinsparungen zu erzielen, kontinuierlich auf monovalente CNG-Fahrzeuge umgestellt werden. Sobald Biogas als Treibstoff verfügbar ist, wäre ein Umstieg zur Senkung der Emissionen ohne zusätzliche Umstellung im Fuhrpark denkbar. Abbildung 16 zeigt den möglichen zeitlichen Ablauf des Einsatzes der alternativen Treibstoffe Biodiesel, CNG-Erdgas und CNG-Biogas beim derzeitigen Informationsstand.

Abbildung 16: Umstiegsmöglichkeit entsprechend der Verfügbarkeit der Treibstoffe und der Fuhrparktauglichkeit



5.2.9.2 Begleitende Maßnahmen

Basierend auf den erhobenen Daten obliegt ausschließlich der Unternehmensführung eine Entscheidung hinsichtlich Umstieg auf alternative Treibstoffe und Umstiegszeitpunkt. Diese Bestimmung muss mit Überzeugung und Unterstützung des gesamten Unternehmens durchgeführt werden. Wird beschlossen auf Biodiesel bzw. CNG-Erdgas umzusteigen, ist von allen Beteiligten zielführendes Handeln abzuverlangen. Die **Übernahme von sozialer Verantwortung** ist nur effizient an die Öffentlichkeit zu vermitteln, wenn diese nicht nur eine Floskel ist, sondern wirklich gelebt wird.

Fällt also z. B. die Wahl auf die sofortige Umstellung der biodieseltauglichen Fahrzeuge auf Biodiesel, und in weiterer Folge, nach Ablauf der derzeitigen Leasingfristen, die Umstellung des gesamten Fuhrparks auf Erd- und Biogas, gilt es von Anfang an, die Mitarbeiter zu umweltbewusstem Handeln anzuregen. Nicht Aufgabe der Geschäftsführung oder eines dafür zuständigen Angestellten kann es sein, zu kontrollieren, ob tatsächlich der alternative Treibstoff getankt wird. Für die Vermarktung der sozialen Verantwortung ist vorweg die Schulung der Mitarbeiter in den Vordergrund zu stellen. Durch Informationsabende, Broschüren und diverse Gespräche muss Überzeugungsarbeit im Sinne der Umwelt geleistet werden. Gelingt

dies im Unternehmen, dann kann von einer „Bewegung der Masse im Kleinen“ gesprochen werden. Damit die „Bewegung der Masse im Großen“ unterstützt wird, ist es nach der Umstellung des Fuhrparks notwendig, an die Öffentlichkeit heranzutreten und in Flyern³⁵, über die Homepage oder andere Medien von der Umstellung sowie deren Vor- und Nachteile zu berichten. Die Stakeholder und andere Interessierte werden dadurch einen Einblick bekommen, mit welchen alternativen Treibstoffen die Hel-Wacht Holding GmbH zu Emissionsreduktionen beiträgt.

Abschließend ist festzuhalten, dass bei tatsächlichem Umstieg auf alternative Treibstoffe weitere Kosten, die durch Überzeugungsarbeit und Informationsbereitstellung anfallen, berücksichtigt werden müssen. Es wird erwartet, dass diesen Kosten aber auch ein entsprechender ökonomischer Nutzen (z. B. Umsatzsteigerungen bei Imagegewinn) gegenüber steht.

³⁵ Siehe beigelegtes Flyer-Muster.

6 Konklusion

Es gibt mehrere alternative Treibstoffe, die alle ihre spezifischen Vor- und Nachteile aufweisen. Für alle gilt, dass der Markt für alternative Treibstoffe mit Schwierigkeiten zu kämpfen hat. Als wohl bedeutendstes Problem sei die Abhängigkeit vom Markt der herkömmlichen Treibstoffe (Benzin und Diesel) genannt. Diese führt dazu, dass nur durch Preissteigerungen der fossilen Treibstoffe eine signifikante Bereitschaft zum Umstieg auf Alternativen erkennbar sein wird.

Ein Unternehmer wird den Umstieg von der Kostenfrage abhängig machen. Zusätzlich ist die soziale Verantwortung der Unternehmer zu betonen. Je nach Größe und Bedeutung des Unternehmens ist es notwendig, sich mit den ökologischen und auch sozialen Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivität zu beschäftigen. Für KMUs bietet die Umstellung des Fuhrparks einen idealen Ansatzpunkt, auf Projektbasis einen ersten Schritt in Richtung nachhaltige Entwicklung zu setzen.

Anhand des Fuhrparks des Dienstleistungsunternehmens **Hel-Wacht Holding GmbH** wurde im Zuge einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse festgestellt, dass, unter der Zielsetzung einen ökonomischeren und ökologischeren Treibstoff im Vergleich zu fossilem Diesel zu finden, derzeit CNG-Erdgas die realistischste Alternative darstellt. Will das Unternehmen sofort zur CO₂-, CO- und HC-Reduktion beitragen, wäre es **empfehlenswert**, bereits jetzt die biodieseltauglichen Fahrzeuge auf den Gebrauch von Biodiesel umzustellen. Mit Auslauf der Leasingverträge sollten CNG-Fahrzeuge zur Erdgasnutzung bezogen werden. Sobald genügend CNG-Fahrzeuge im Unternehmen genutzt werden, sollte die Möglichkeit, eine betriebseigene CNG-Tankstelle zu installieren, erwogen werden. Der Umstieg auf Biogas ist voraussichtlich in den nächsten fünf Jahren nicht realistisch. Sobald ein Angebot an CNG-Biogas vorhanden ist, könnte die Infrastruktur und Technologie von CNG-Erdgas genutzt werden. Die Entwicklung des Biogasmarktes ist daher zu beobachten, um die Umstellung von Erd- auf Biogas im Auge zu behalten. Nicht nur als Unternehmer, sondern generell als Fahrzeughalter sollte, im Sinne der nächsten Generation, in Erwägung gezogen werden, auf alternative Treibstoffe umzusteigen. Dieser Einsicht folgend stellt sich hinsichtlich des Umstiegs daher nicht die Frage des „ob“, sondern lediglich des „wie und wann“.

7 Quellen- und Literaturverzeichnis

- ADM ARCHER DANIELS MIDLAND COMPANY BIODIESEL (2006): Praktische Tipps für den biodieseleinsatz. Unter: <http://www.biodiesel.de/index.php3?hid=0029> (10.03.2006).
- AGQM ARBEITSGEMEINSCHAFT QUALITÄTSMANAGEMENT BIODIESEL E.V. (2006): Fakten Biodiesel. Unter: <http://www.agqm-biodiesel.de/3.html> (10.03.2006).
- ASAFU-ADJAYE, J. (2005): Environmental economics for non-economists. New Jersey, London, Singapore, Beijing, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific.
- AUERBACH, A. (1992): Nachwachsende Rohstoffe als regenerative Energieträger am Beispiel Raps. Münster, Hamburg: Lit-Verlag.
- AUTO TOURING (2003): Euro-Normen für Diesel-PKW. Auto Touring, unter: www.autotouring.at/archiv/2003/10/25748.html (20.07.2005).
- BAUMAST, A. und PAPE, J. (2003): Betriebliches Umweltmanagement. Ulm: Ulmer.
- BERTELSMANN (1973): Das Bertelsmann Lexikon. Gütersloh: Lexikothek Verlag.
- BICHLER, S.: Mündliche Mitteilung. Porsche Bank Salzburg, 02.09.2005.
- BLT WIESELBURG (2005): Was ist Biodiesel? Unter: <http://www.blt.bmlf.gv.at/menu/index.htm> (31.08.2005). Und: Biodiesel-Tankstellen. Unter: <http://www.blt.bmlf.gv.at/menu/index.htm> (24.08.2005).
- BMLFUW (2006): Biomasseaktionsplan fördert Einsatz von Biokraftstoffen. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, unter: <http://www.lebensministerium.at/article/articleview/42191/1/12512> (03.01.2006).
- BMLFUW (2005): Die österreichische Strategie zur Nachhaltigen Entwicklung. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, unter: <http://www.nachhaltigkeit.at/strategie.php3> (03.08.05).
- BMLFUW (2004): Kyoto-Protokoll tritt am 16. Februar 2005 in Kraft. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, unter: <http://umwelt.lebensministerium.at/article/articleview/26333/1/7074/> (25.11.2004).
- BMLFUW (2004): Grüner Bericht 2004. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft Wien: Selbstverlag.

- BMLFUW (2002): Strategie Österreichs zur Erreichung des Kyoto-Ziels – Klimastrategie 2008/2012. Bundesministerium für Land- und Fortwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft Wien: Selbstverlag.
- BMVIT (2002): Verkehr in Zahlen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, unter: <http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/zahlen/> (23.02.2006).
- BMWA (2005): Stand und Entwicklung der Energieversorgung in Österreich – Ergänzungspapier zum Energiebericht 2003 der österreichischen Bundesregierung. Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, unter: <http://www.bmwa.gv.at> (30.01.2006).
- BOCKHORST, M. (2002): ABC Energie. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- BRITISH PETROL (2005): BP Ultimate Diesel. Unter: http://www.bpaustria.at/content/pages/BPTankstellen_Ultimate.php (28.07.2005).
- BROCKHAUS (1991): Enzyklopädie in 24 Bänden, neunzehnte Auflage. Mannheim: Brockhaus.
- BUCZOLITS, E.: Schriftliche Mitteilung. Renault Wien, 27.08.2005.
- BUNDESGESETZBLATT 417 (2004): Änderung der Kraftstoffverordnung 1999. Wien.
- BUNDESGESETZBLATT III 60 (1999): Grenzüberschreitende Luftverunreinigung – Protokoll 5. Wien.
- BUNDESGESETZBLATT II 418 (1999): Kraftstoffverordnung 1999. Wien.
- BUNDESGESETZBLATT 201 (1996): Erdgasabgabegesetz (Strukturanpassungsgesetz 1996). Wien.
- BUNDESGESETZBLATT 630 (1995): Mineralölsteuergesetz 1995. Wien.
- BUNDESGESETZBLATT 625 (1991): Kapitalmarktgesetz. Wien.
- CAMPBELL, C. J.; LIESENBORGH, F.; SCHINDLER, J. und ZITTEL, W. (2002): Ölwechsel! Das Ende des Erdölzeitalters und die Weichenstellung für die Zukunft. München: Deutscher Taschenbuch Verlag.
- CHOREN INDUSTRIES (2005): SunDiesel made by Choren. Unter: www.choren.com/de (31.08.2005).
- CRAMER, N. (1990): Raps, Züchtung, Anbau und Vermarktung von Körnerraps. Stuttgart: Ulmer.
- DIEKMANN, A. und PREISENDÖRFER, P. (2001): Umweltsoziologie. Reinbek: Rowohlt.
- DIERSCHKE, G. (2006): Tankstellenpreise für Mineral- und Biodiesel. Unter: <http://www.rapsbiodiesel.de/agardiesel-redaktionell.htm> (10.03.2006).

- EDER, M.; SCHNEEBERGER, W. und WALLA, C. (2005): Efforts to increase energy from biomass in Austria. In M. Svatos (Hrsg.): Bioenergy in Agriculture. Czech University of Agriculture, Prag.
- ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & Co KG (2005): Mit Biogas sorgenfrei versorgt. Linz: Selbstverlag.
- ERDGAS OBERÖSTERREICH GMBH & Co KG und OBERÖSTERREICHISCHE FERGAS AG (2005): Mit Erdgas fahren – beim Tanken sparen! Linz: Selbstverlag.
- ESTERMANN, S. und SCHMIDT-LEUHUSEN, G.: Mündliche Mitteilung. Biolux, 06.09.2005.
- FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE (2005): Biokraftstoffe. Gülzow: Selbstverlag.
- FACHVERBAND GAS WÄRME (2005): Erdgasautos. Unter: www.erdgasautos.at (26.07.2005).
- FREIMANN, J. und WALTHER, M. (2001): The Impacts of corporate environmental management Systems. Greener Management International, Issue 36.
- FRÜHMANN, K.: Mündliche Mitteilung. Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 12.09.2005. Unter: <http://www.kommunalkredit.at/kpc/de/portal/umweltfrderungen/bundesfrderungen/betrieblicheumweltfrderungiminland/betrieblicheverkehrsmanahmen/> (12.09.2005).
- GRUNERT, M. (2003): Biokraftstoffe: den Sprit von morgen auf dem Acker erzeugen. In: Neue Energie vom Bauernhof. Münster: top agrar.
- HAGEDORN, H. (2005): Rundgespräch der Kommission für Ökologie 28, Klimawandel im 20. und 21. Jahrhundert: Welche Rolle spielen Kohlendioxid, Wasser und Treibhausgase wirklich? München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- HANDLER, F.; WÖRGETTER, M.; RATHBAUER, J. und PRANKL, H. (2002): Nachwachsende Rohstoffe in Österreich. BLT Wieselburg: Selbstverlag.
- HANUSCH, H.; KUHN, T. und CANTNER, U. (1994): Nutzen-Kosten-Analyse. München: Franz Vahlen.
- HARTMANN, U. (2005): Biogene Kraftstoffe und deren Beiträge für eine umweltverträgliche Mobilität, Tagungsbeitrag. Daimler Chrysler Stuttgart: Kraftstoff aus Biomasse – Sprit der Zukunft 16.06.2005.
- HEIDINGER, H.; MARSCHLER, F. und NADER, M. (2002): Erdgas als Kraftstoff – eine interaktive Informations-CD. OMV Wien: Selbstverlag.

- HEL-WACHT HOLDING GMBH (2005): Firmeninterne Unterlagen. Wien. Unter:
www.helwacht.at (31.08.2005).
- IPCC (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report – Summary for Policymakers.
Published by Intergovernmental Panel on Climate Change, at:
www.ipcc.ch/pub/un/syrenq/spm.pdf (08.07.2005).
- IWR (2006): Biodiesel & Autos. Int. Wirtschaftsforum Regenerative Energien, unter:
<http://www.iwr.de/biodiesel/> (10.03.2006).
- JOZIC, S.: Mündliche Mitteilung. AWI Diskonttankstelle, 09.03.2006.
- KALTSCHMITT, M. (2003): Erneuerbare Energie – Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit,
Umweltaspekte, 3. Auflage. Berlin: Springer Verlag.
- KALTSCHMITT, M.; MERTEN, D.; WEILAND, P. und SCHULTE-SCHULZE BERNDT, A. (2001):
Biogas als regenerative Energie – Stand und Perspektiven, VDI-Bericht 1620.
Düsseldorf: VDI Verlag.
- KARNER, M.: Mündliche Mitteilung. Wien Energie, 12.09.2005.
- KNOFLACHER, M.; TUSCHL, P. und SCHNEEBERGER, W. (1991): Ökonomische und
ökologische Bewertung von alternativen Treibstoffen. Österreichisches
Forschungszentrum. Seibersdorf.
- KOPETZ, H. (2002): Das Jahrhundertprojekt – Solare Energiewirtschaft statt
Naturkatastrophen. Wien: Ökosoziales Forum Österreich.
- KOPETZ, H. (1991): Nachhaltigkeit als Wirtschaftsprinzip. Wien: Österreichischer
Agrarverlag.
- KÖPPL, P. und NEUREITER, M. (2004): Corporate Social Responsibility – Leitlinien und
Konzepte im Management der gesellschaftlichen Verantwortung von
Unternehmen. Wien: Linde Verlag.
- KÖTTNER, M. und SCHNELL, R. (2003): Biogas: Strom und Wärme aus Gülle und
Biomasse. In: Neue Energie vom Bauernhof. Münster: top agrar.
- KOTTMANN, H. (2000): Umweltmanagementsysteme in kleinen und mittleren
Unternehmen. In STEGER, U.: Umweltmanagementsysteme – Fortschritt oder
heiße Luft? Frankfurt: Frankfurter Allgemeine Buch.
- KRAMMER, K. (2003): Freigabeliste für Biodiesel. BLT Wieselburg: Selbstverlag.
- KRIEGL, W.; SCHNEEBERGER, W. und WALLA, C. (2005): Fuel from agricultural biogas
plants – an economic alternative to power generation. In M. Svatos (Hrsg.):
Bioenergy in Agriculture. Czech University of Agriculture, Prag.

- KROMP-KOLB, H. und FORMAYER, H. (2005): Schwarzbuch Klimawandel – Wie viel Zeit bleibt uns noch? Salzburg: Ecowin Verlag der TopAkademie GmbH.
- KURZWEIL, A.; LICHTBLAU, G. und PÖLZ, W. (2003): Einsatz von Biokraftstoffen und deren Einfluss auf Treibhausgas-Emissionen in Österreich. Umweltbundesamt Wien: Selbstverlag.
- LEASEPLAN (2005): Liste der in Österreich lieferbaren Erdgasfahrzeuge (CNG). Unter: <http://www.leaseplan.at/de/suche/index.html> (25.08.2005).
- LESCH, K.-H.; CERVENY M.; LEITNER A. und BERGER B. (1990): Treibhauseffekt – Ursachen, Konsequenzen, Strategien. Umweltbundesamt Wien: Selbstverlag.
- MÜLLER, M. und KOPLIN, J. (2003): Unternehmen und nachhaltige Entwicklung. In: BAUMAST, A. und PAPE, J. (2003): Betriebliches Umweltmanagement. Ulm: Ulmer.
- MÜLLER, M.; KUPP, M. und BÜLTMANN, A. (2003): Standardisierungs- und Zertifizierungsansätze vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Entwicklung. In: BAUMAST, A. und PAPE, J. (2003): Betriebliches Umweltmanagement. Ulm: Ulmer.
- NEUMANN, H. (2003): Neue Energie: heute Zubrot, morgen Betriebszweig? In: Neue Energie vom Bauernhof. Münster: top agrar.
- NOWOTNY, E. (1999): Der öffentliche Sektor. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur und Tokio: Springer.
- OEAMTC (2006): Entwicklung der Treibstoffpreise. Unter: http://www.oeamtc.at/netautor/download/document/DIESEL_Mail.pdf (10.03.2006).
- OEAMTC (2005): CNG-Tankstellen in Österreich. Unter: <http://www.oeamtc.at/netautor/pages/resshp/anwendg/1098020.html> (02.02.2005).
- OECD (1999): Automotive fuels for the future. Paris: Selbstverlag.
- OMV (2006): Produkte und Verfahren. Unter http://www.omv.com/smgr/portal/jsp/index.jsp?p_site=AT&ref=redirect (28.01.2006).
- OMV (2004): Erdgas macht mobil. Wien: Selbstverlag.
- OPEC (2006) Unter: <http://www.opec.org/home/> (23.02.2006).
- PESTA, G.; MEYER-PITTRUFF, R.; ASCHMANN, V. und MITTERLEITNER, H. (2002): Biogas – Strom aus Gülle und Biomasse. Münster: top agrar.
- PETERSON, C. und HUSTRULID, T. (1998): Carbon Cycle For Rapeseed Oil Biodiesel Fuels. Biomass and Bioenergy 14, International: Elsevier.

- PERCL, O. und SCHUH, B. (2005): Energie und Umwelt. Unveröffentlichte Unterrichtsunterlagen (Vertiefungskurs IX, Kompetenzfeld Umweltmanagement, SS).
- PIMENTEL, D. und PATZEK, T. (2005): Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. International Association for Mathematical Geology, Natural Resources Research, Vol. 14, No.1.
- PÖLZ, W. und SCHALCHENEGGER, S. (2005a): Biogas im Verkehrssektor. Umweltbundesamt Wien: Selbstverlag. Unter: <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE283.pdf> (17.03.2006).
- PÖLZ, W. und SCHALCHENEGGER, S. (2005b): Biogas als Treibstoff. Ökosoziales Forum Österreich, Wien: Universitätsdruckerei Klampfer.
- PUSCH, G.; RISCHMÜLLER, H. und WEGGEN, K. (1994): Die Energierohstoffe Erdöl und Erdgas, Vorkommen – Erschließung – Förderung. Berlin: Ernst & Sohn Verlag.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2004): Richtlinie 2004/67/EG über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Erdgasversorgung. Brüssel: Selbstverlag.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2003): Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen oder anderen erneuerbaren Kraftstoffen im Verkehrssektor. Brüssel: Selbstverlag.
- SAATBAU LINZ (2005): RapsHits 2005. Linz: Selbstverlag.
- SCHALTEGGER, S. (2000): Studium der Umweltwissenschaften – Wirtschaftswissenschaften. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio: Springer Verlag.
- SCHLEICHER, S. (2001): Kein Klima für die österreichische Klimapolitik? Wien: Forum österreichischer Wissenschaftler für Umweltschutz.
- SCHNEEWEIß, P.: Schriftliche Mitteilung. Leaseplan, 05.09.2005.
- SCHRÖCK, T.; CLEMENT, W.; FARAR, D.; MAURER, C.; PREISL, M.; ROEDIGER-SCHLUGA, T. und SEUBERT, P. (1998): Bioenergie-Cluster Österreich. IWI Industriewissenschaftliches Institut Wien: Selbstverlag.
- SCHULTE-SCHULZE BERNDT, A. (2005): Stand der Technik zur Nutzung von aufbereitetem Bio- und Klärgas in Europa, Kongressbeitrag Rütgers Carbo Tech Engineering GmbH. Berlin: Kraftstoffe der Zukunft 2005.
- SKODA (2005): Betriebsanleitung Skoda Fabia Praktik. Wien: Selbstverlag.

- STEGER, U. (2000): Umweltmanagementsysteme – Fortschritt oder heiße Luft?
Frankfurt: Frankfurter Allgemeine Zeitung, Verl.-Bereich Buch.
- STYSLO, M.: Schriftliche Mitteilung. Skoda Österreich, 31.08.2005. Und Mündliche
Mitteilung. 31.03.2006.
- UFOP (2005): Biodiesel-Fahrzeug-Freigaben. Unter: http://ufop.de/2_2_1_4.php
(24.08.2005).
- ULMER, J.; HUHNE, R.; BELLMER, D. und CARTMELL, D. (2004): Acceptance of
ethanol-blended gasoline in Oklahoma. Biomass and Bioenergy 27, International:
Elsevier.
- UMWELTBUNDESAMT (2004): Umweltsituation in Österreich – Siebenter
Umweltkontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat. Wien:
Selbstverlag.
- UNITED NATIONS (1987): Brundtland-Report – Report of the World Commission on
Environment and Development – Our Common Future. New York: Selbstverlag.
- VERBAND DER DEUTSCHEN BIODIESELSTOFFINDUSTRIE (2005): Wie wird Biodiesel
hergestellt? Unter: www.biodieselveband.de (26.07.2005).
- VEREINTE NATIONEN (1997): Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der
Vereinten Nationen über Klimaänderungen. Genf: Selbstverlag.
- VW (2006): Auto. Porsche Austria GesmbH & Co. Salzburg.
- WIEN ENERGIE (2004): Mit Erdgas unterwegs – schnell, kostengünstig und
umweltschonend. Wien.
- WIENER STADTWERKE (2004): Geschäftsbericht der Wiener Stadtwerke 2004. Wien.
- WINTER, C. (1993): Energie von A-Z, Lexikon Rationeller Energieeinsatz –
Erneuerbare Energie – Solarer Wasserstoff. Köln: Deutscher Wirtschaftsdienst.
- WKO (2005): Biogasnutzung volkswirtschaftlich und technisch durchleuchten.
Wirtschaftskammer Österreich, unter:
http://portal.wko.at/dst_SZ_Details.asp?SNID=444913 (01.02.2006).
- WÖRGETTER, M.; LECHNER, M. und RATHBAUER, J. (1999): Ökobilanz Biodiesel. BLT
Wieselburg: Selbstverlag. Unter:
http://www.blt.bmlf.gv.at/vero/veroeff/0435_Oekobilanz_Biodiesel.pdf
(17.03.2006).