

Basispapier  
„F&E-Strategie für Biotreibstoffe“  
Anhänge

G. Jungmeier, J. Spitzer, H. Hofbauer,  
S. Fürnsinn, M. Wörgetter, D. Bacovsky,  
A. Lingitz, I. Kaltenecker, K. Könighofer

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**7b/2010**

## **Impressum:**

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:  
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie  
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:  
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien  
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit der Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

# Basispapier „F&E-Strategie für Biotreibstoffe“ Anhänge

G. Jungmeier, J. Spitzer, H. Hofbauer,  
S. Fürnsinn, M. Wörgetter, D. Bacovsky,  
A. Lingitz, I. Kaltenegger, K. Könighofer

Joanneum Research, Institut für Energieforschung  
FJ BLT Wieselburg  
TU Wien, Institute of Chemical Engineering

Graz, Juli 2009



## Vorbemerkung

Im Dezember 2008 verabschiedete das Europäische Parlament die EU-Richtlinie für Erneuerbare Energien. Bis 2020 hat sich Europa das Ziel gesetzt, 20% des Gesamtenergieverbrauchs aus erneuerbaren Quellen zu decken, sowie einen Zielwert von 10% für die Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen im Verkehrsbereich vorgegeben.

Vor dem Hintergrund dieser ambitionierten energie- und klimapolitischen Zielsetzungen sind wesentliche Anstrengungen in der Forschung und Technologieentwicklung zu setzen. Schlagworte wie „Food versus Fuel“, CO<sub>2</sub>-Relevanz und Gesamteffizienz bei der Nutzung und Produktion von Biotreibstoffen sind bis dato nicht zur Gänze geklärt.

Die Abteilung Energie- und Umwelttechnologien des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie beschäftigt sich schon seit vielen Jahren eingehend mit der Frage der Biotreibstoffherstellung und hat in Zusammenarbeit mit der Abteilung Mobilitäts- und Verkehrstechnologien im BMVIT und der Abteilung Forschung- und Entwicklung im BMLFUW diese Arbeit in Auftrag gegeben. Ziel war es den gegenwärtigen Stand der Technik zu identifizieren, um daraus Schlüsse für mögliche Entwicklungsperspektiven in den einzelnen Technologiebereichen der Biotreibstoffherstellung ziehen zu können. Diese Arbeit gibt einen Überblick über die österreichischen Akteure in diesem Fachbereich und ist eine gute Basis für eine österreichische FTI-Strategie für Biotreibstoffe.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

## Basispapier (Schriftenreihe Band 7a/2010)

Abstract (deutsch) .....	3
Abstract (english) .....	4
Zusammenfassung .....	5
1 Hintergrund und Einleitung.....	12
2 Aufgabenstellung.....	12
3 Übersicht Biotreibstoffe .....	15
4 Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven der Biotreibstoffe.....	16
5 Mittel- und langfristig verfügbare Rohstoffpotentiale .....	18
6 Umweltbewertung im Rahmen von Lebenszyklusanalysen .....	20
7 Kostenanalyse und notwendige Rahmenbedingungen .....	23
8 Szenarien für Biotreibstoffe bis 2020 und visionär bis 2050.....	24
9 F&E-Institutionen und Forschungsaktivitäten in Österreich.....	26
10 Auswahl der für Österreich zukünftig bedeutendsten Biotreibstoffe.....	27
11 Vorschlag für eine F&E-Struktur mit dazugehörigem Programm .....	33

## Anhänge (Schriftenreihe Band 7b/2010)

Anhang A: Übersicht Biotreibstoffe

Anhang B: Stand der Technik

Anhang C: Rohstoffpotentiale

Anhang D: Rohstoffpotentiale der östlichen Nachbarstaaten

Anhang E: Umweltbewertung

Anhang F: Szenarien

Anhang G: F&E-Institutionen in Österreich

Anhang H: Kostenanalysen

Anhang I: F&E-Bedarf

Anhang J: Fragen zu Biotreibstoffen





## Abstract (deutsch)

Der österreichische Transportsektor hatte 2006 einen Endenergiebedarf 353 PJ/a und emittierte mit 25 Mio. t CO<sub>2</sub>Äq etwa 25% der österreichischen Treibhausgase. Seit 1.10.2008 beträgt der energetische Anteil der Biotreibstoffe 5,75% des Kraftstoffmarktes in Österreich, der durch Beimischung von 5 vol.-% Bioethanol zu Benzin und 7 vol.-% Biodiesel zu Diesel erreicht wird. Nach der neuen EU-Direktive wird für 2020 ein Anteil von 10% an alternativen Treibstoffen angestrebt, der größtenteils von Biotreibstoffen kommen soll.

Ziel des Projekts war es, Grundlagen für eine österreichische F&E-Strategie zu Biotreibstoffen zu schaffen und Vorschläge für die Vernetzung der österreichischen Biotreibstoff-Aktivitäten auszuarbeiten. Hierzu wurden der Stand der Technik, die Entwicklungsperspektiven der einzelnen Biotreibstoffe, und die mittel- und langfristig verfügbare Rohstoffpotentiale untersucht. Es folgte eine Auswahl der für Österreich zukünftig bedeutendsten Biotreibstoffe, eine Umweltbewertung mit Lebenszyklusanalysen, eine Kostenanalyse sowie eine Darstellung der notwendigen Rahmenbedingungen und Szenarien für eine Einführung.

Es wurden 9 Biotreibstoff-Gruppen betrachtet: 1) Pflanzenöl, 2) Biodiesel, 3) Bioethanol, 4) Biobutanol, 5) Biogas, 6) synthetische Biotreibstoffe, insbesondere Fischer-Tropsch (FT)-Treibstoffe und Synthetisches Erdgas (SNG), 7) Biowasserstoff, 8) Pyrolyseöl und 9) Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung (z.B. katalytische Niederdruckverölung). Diese können aus den 6 Rohstoffgruppen erzeugt werden: 1) ölhältige Pflanzen (z.B. Raps), 2) stärkehaltige Pflanzen (z.B. Mais), 3) zuckerhaltige Pflanzen (z.B. Zuckerrüben), 4) lignozellulose Rohstoffe (z.B. Holz), 5) organische Reststoffe (z.B. Klärschlamm) sowie 6) „Sonstige“ (z.B. Tierfett). Die 4 grundsätzlichen Herstellungsprozesse sind: 1) biochemische Prozesse (z.B. Methan-Fermentation), 2) thermochemische Prozesse (z.B. Vergasung), 3) mechanisch-chemische Prozesse (z.B. Pressen) und 4) Hydrierung (z.B. Zugabe von Wasserstoff zur Entfernung von Sauerstoff). Aus diesen Biotreibstoffen, Rohstoffen und Verfahrensprozessen ergeben sich insgesamt 40 Kombinationen, die derzeit verfolgt werden.

Es wurden 78 F&E-Institutionen in einer „Landkarte der Biotreibstoff-Aktivitäten in Österreich“ beschrieben, wovon etwa 50% der Industrie, 25% den Forschungseinrichtungen und 25% anderen Organisationen (z.B. Energieagenturen) zuzurechnen sind. Die zukünftige Bedeutung der einzelnen Biotreibstoffe wird von der erfolgreichen technischen Weiterentwicklung und der Verfügbarkeit kostengünstiger Rohstoffe abhängen, wobei Trends für einzelne Biotreibstoffe abgeleitet werden:

- Mit Biodiesel aus der Veresterung von Pflanzenölen und Bioethanol aus Zucker und Stärke können die gegenwärtig angestrebten Biotreibstoffanteile über Beimengungen zu konventionellen Treibstoffen ohne wesentliche zusätzliche Infrastruktur erreicht werden. Eine Erhöhung der Anteile dieser Treibstoffe stößt jedoch derzeit an technische und gesetzliche Grenzen.
- Biogas wird Bedeutung erlangen, wenn Erdgas als Treibstoff verstärkt eingeführt wird und die Reinigung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz günstiger ist als die stationäre Nutzung für Strom und Wärme.
- Da Pflanzenöl nicht mit konventionellen Treibstoffen gemischt werden kann und angepasste Motoren benötigt, kann Pflanzenöl vor allem in forst- und landwirtschaftlichen Fahrzeugen Bedeutung erlangen.
- Biodiesel aus der Hydrierung von Pflanzenölen benötigt bei der Herstellung Wasserstoff und kann dann interessant werden, wenn die Produktion in die österreichische Raffinerieinfrastruktur eingebunden wird.
- Synthetische flüssige und gasförmige Biotreibstoffe (z.B. FT-Treibstoffe, SNG) haben eine große österreichische Rohstoffbasis, sind gut mit konventionellen Treibstoffen mischbar und können mittelfristig signifikante Beiträge leisten. Für SNG ist wie für Biogas der weitere Aufbau der Erdgasinfrastruktur im Verkehrssektor die wesentlichste Voraussetzung.
- Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen (vor allem Holz und Stroh) kann mittelfristig dann Bedeutung haben, wenn das bei der Herstellung (Hydrierung, Fermentation) anfallende Lignin als Energieträger bzw. als hochwertige Chemikalie genutzt werden kann.
- Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung und Biotreibstoffe aus Pyrolyseöl könnten langfristig Beiträge liefern.
- Wasserstoff benötigt eine ganz neue Infrastruktur, die erst nach entsprechenden Entwicklungserfolgen langfristig möglich erscheint.
- Für die anderen Biotreibstoffe wie z.B. Butanol ist es derzeit unklar, unter welchen Randbedingungen diese zukünftig Bedeutung erlangen könnten.

Bei der Ermittlung des Forschungsbedarfes wurde der mögliche mengenmäßige Beitrag einer Treibstoff-Gruppe berücksichtigt. Für „konventionelles“ Bioethanol und „konventionellen“ Biodiesel ist weitere Forschung zur Verbreiterung der Rohstoffbasis, zur Optimierung der Treibhausgasbilanz, zur Verringerung der Kosten, zur Nutzung von Nebenprodukten erforderlich. Aufgrund der in Österreich gegebenen Rohstoffbasis erscheint die Weiterentwicklung der Prozesse für die Herstellung synthetischer Treibstoffe und Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen besonders vielversprechend. Bei Bioethanol aus Lignozellulose sollten die erforderlichen Entwicklungsschritte hin zu einer Demonstrationsanlage eingeleitet werden, bei synthetischen Biotreibstoffen sollen die erfolgreich angelaufenen Arbeiten mit weiteren Demonstrationsanlagen fortgesetzt werden.

Das in den letzten Jahren erfolgreich etablierte Biotreibstoff-bezogene Netzwerk soll in einem „Biofuels Production Network Austria“ im bestehenden Rahmen von IEA Bioenergy verstärkt werden, um die von A3PS – Austrian Agency for Alternative Propulsion System – auf der Seite der Antriebe und Fahrzeuge erfolgreich angelaufenen Aktivitäten durch eine Initiative auf der Seite der Biotreibstoffbereitstellung zu ergänzen.

## Abstract (englisch)

In 2006 The Austrian transportation sector had an energy demand of 353 PJ/a and emitted with 25 Mio. t CO<sub>2</sub>-eq about 25% of the total Austrian greenhouse gas emissions. Since 1.10.2008 the share of transportation biofuels is 5.75% on the Austrian market, which is realised by blending 5 vol.-% bioethanol to gasoline and 7 vol.-% biodiesel to diesel. According to the new EU Directive on Renewable energy a share of 10% alternative fuels is aimed at in 2020, which mainly will be fulfilled by transportation biofuels.

The aim of this project was to identify the basics for an Austrian R&D-strategy on transportation biofuels and to suggest a structure to interlink the Austrian activities on transportation biofuels. For this the state of technology and the future challenges of the different transportation biofuels and the medium to long term biomass feedstock potentials were analysed. A selection of the most important transportation biofuels in the future Austrian context, an environmental assessment based on life cycle analyses, a cost analyses, the description of the necessary framework conditions and future scenarios for market introduction were done.

There are 9 groups of transportation biofuels: 1) plant oil, 2) biodiesel, 3) bioethanol, 4) biobutanol, 5) biogas, 6) synthetic biofuels, mainly Fischer-Tropsch (FT)-Biofuels and synthetic natural gas (SNG), 7) biohydrogen, 8) pyrolyses oil, 9) biofuels from direct liquefaction (e.g. catalytic low temperature conversion). These biofuels may be produced from the 6 biomass feedstock groups: 1) oil crops (e.g. rape), 2) starch crops (e.g. maize), 3) sugar crops (e.g. sugar beet), 4) lingo-cellulosic materials (e.g. wood), 5) organic residues (e.g. sewage sludge) as well as 6) „others“ (e.g. animal fat). The 4 main production processes are: 1) biochemical processes (e.g. methane fermentation), 2) thermo-chemical processes (e.g. gasification), 3) mechanical-chemical processes (e.g. pressing) and 4) hydro-treatment (e.g. adding hydrogen to eliminate oxygen). With these transportation biofuels, feedstocks and processes about 40 different combinations are currently of interest and analysed.

The 78 Austrian R&D-Institutions working on transportation biofuels were described in an “Austrian Map of Transportation Biofuel Activities”; about 50% are allocated to industry, 25% to research organisations and 25% to other organisations e.g. energy agencies.

The future role of the different transportation biofuels will depend on the successful technological development and the availability of low cost feedstocks. The following trends are concluded:

- Today biodiesel from the esterification of plant oils and bioethanol from sugar and starch are most important to reach the current biofuels targets, because they are easily blended with conventional fossil fuels and need therefore no substantial new infrastructure. The increase of the share of these biofuels is currently limited by technical and legal limits.
- Biogas will gain importance, if natural gas (CNG) will be widely introduced in the transportation sector and the upgrading and injection of biogas in the natural gas grid will become cost competitive compared to the stationary heat and power production.
- As plant oil cannot be blended with conventional fuels and requires adapted internal combustion engines, plant oils might mainly become important for agricultural and forestry machines.
- Biodiesel production via hydro treatment of plant oils needs hydrogen as a process medium and might therefore become of interest, if the production will be integrated in the Austrian oil refining infrastructure.
- Synthetic liquid and gaseous transportation biofuels (e.g. FT-biofuels, SNG) have a significant Austrian feedstock base; they can easily be blended with conventional fuels and might therefore contribute significantly in the medium term perspective. For SNG – like for biogas – the further building up of a CNG infrastructure in the transportation sector is an important requirement.
- Bioethanol from lingo-cellulosic feedstocks (mainly wood and straw) might become importance in a medium term perspective, if the lignin will be used as energy carrier or high value chemical.
- Biofuels from the direct liquefaction and the pyrolysis might bring contributions in a long term perspective.
- Hydrogen needs a complete new infrastructure, which seems possible in a long term perspective after the successful technology development for market introduction.
- For all other transportation biofuels e.g. butanol, it is unclear today, under which conditions the will gain importance in the future.

For the assessment of the R&D-demand the possible quantitative contribution of the different transportation biofuels was taken into consideration. For “conventional” bioethanol and biodiesel the future research must focus on the broadening of the feedstock bases, the optimization of the greenhouse gas balance, and the reduction of production costs and the advanced use of the by-products. Based on the Austrian lingo-cellulosic biomass feedstock potential the further development of processes for synthetic biofuels and bioethanol are the most promising options. For lignocellulosic bioethanol the focus should be on the necessary development towards a demonstration plant. For synthetic biofuels the ongoing activities should be continued with further demonstration plants.

The transportation biofuels oriented network successfully established in recent years should be further strengthened in a „Biofuels Production Network Austria“ in the existing framework of the Austrian participation in IEA Bioenergy, to complement the existing A3PS – Austrian Agency for Alternative Propulsion System – focusing on propulsion systems and vehicle, with the transportation biofuels production.

# Anhang A: Übersicht Biotreibstoffe

## Inhalt

A-1	Rohstoffe .....	2
A-2	Biotreibstoffe .....	2
A-3	Prozesstechnologien.....	7
A-4	Fahrzeugantriebe.....	9
A-5	Kombination Rohstoffe- und Biotreibstoffe.....	9
A-6	Kombination Biotreibstoffe und Antriebssystem.....	11
A-7	Zusammenfassung Biotreibstoffe .....	13
A-8	Literatur.....	17

Es wird eine systematische Übersicht über die unterschiedlichen Biobrennstoffe angeführt.

## A-1 Rohstoffe

Die folgenden Rohstoffe können zur Erzeugung von Biotreibstoffen herangezogen werden:

- ölhältige Pflanzen: z.B. Raps, Sonnenblume
- stärkehaltige Pflanzen: z.B. Mais, Weizen
- zuckerhaltige Pflanzen: Zuckerrüben
- lignozellulose Rohstoffe: z.B. Holz, Stroh und Miscanthus
- organische Reststoff: z.B. Klärschlamm, Gülle, Biomüll, Tierfett, Altspeiseöl
- Sonstige: z.B. andere Biotreibstoffe, Silage Mais

## A-2 Biotreibstoffe

Die folgenden Biotreibstoffe werden derzeit international als Ersatz von Benzin, Diesel und Erdgas für mobile Anwendungen erforscht bzw. erzeugt:

- (Reines) Pflanzenöl
- Biodiesel
  - o Konventioneller Biodiesel (aus der Veresterung von Fetten und Ölen)
  - o Hydrierter Biodiesel (z.B. „Next BtL“ aus Fetten und Pflanzenölen durch hydrierende Verfahren gewonnener Dieselkraftstoff),
- Bioethanol
  - o Konventionelles Bioethanol (aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen)
  - o (Ligno)Zellulose Bioethanol (aus lignozellulosen Rohstoffen)
  - o Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)
- Biobutanol
  - o Konventionelles Biobutanol (aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen)
  - o (Ligno)Zellulose Biobutanol (aus lignozellulosen Rohstoffen)
- Biogas: zu Erdgasqualität aufbereitetes Biogas
- Synthetische Biotreibstoffe
  - o Fischer-Tropsch (FT-)Treibstoff
  - o Synthetisches Erdgas (SNG)

- Biomethanol
- Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)
- MTG-Benzin (Methanol to gasoline)
- Biodimethylether (Bio-DME)
- Wasserstoff (aus der Biomasse-Vergasung)
- Biowasserstoff (aus der biochemischen Umwandlung)
- Pyrolyseöl
  - Pyrolyseöl
  - Aufbereitetes Pyrolyseöl
- Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung
  - HTU-Biotreibstoff,
  - KNV-Biotreibstoff

In Tabelle A- 1 sind Energieinhalte und Dichte der Biotreibstoffe und der fossilen Treibstoffe und in Tabelle A- 2 die Nomenklatur der Biotreibstoffe dargestellt. In Tabelle A- 3 werden die Biotreibstoffe der 1. bzw. 2. Generation an Biotreibstoffen zugeordnet, wobei die 1. Generation von Biotreibstoffen jene sind, die derzeit bereits in kommerziellen Anlagen erzeugt werden. Ergänzend werden noch andere gängige Bezeichnungen für diese Biotreibstoffe angeführt.

Tabelle A- 1: Energieinhalt und Dichte der Biotreibstoffe

<b>Flüssige Treibstoffe</b>	<b>Energieinhalt [MJ/kg]</b>	<b>Dichte [kg/l]</b>	<b>Energiedichte [MJ/l]</b>	<b>Quelle</b>
Pflanzenöl	35,2	0,920	32,4	[1.]
Konventioneller Biodiesel	36,9	0,883	32,6	[1.]
Hydrierter Biodiesel	44,0	0,775 – 0,785	34,1 – 34,5	[2.]
Bioethanol	26,7	0,794	21,2	[1.]
Bio-ETBE	36,3	0,745	27,0	[1.]
Biobutanol	32,6 – 33,3	0,81	26,4 – 27,0	[3.]
Fischer-Tropsch-Benzin	41,7	0,742	30,9	Annahme wie Benzin
Fischer-Tropsch-Diesel	42,4 - 42,9	0,832	35,3 – 35,7	[4.]
Biomethanol	19,5	0,797	15,5	[1.]
Bio-MTBE	34,9	0,744	26,0	[1.]
Bio-DME	28,2	0,665	18,8	[4.]
Pyrolyseöl	15,3	1,110 – 1,250	17,0 – 19,1	[4.]
Aufbereitetes Pyrolyseöl	42,4	0,832	35,3	Annahme wie Diesel
HTU-Biotreibstoff	30,0 – 35,0	k.A.	k.A.	[4.]
KNV-Biotreibstoff	32,0 – 38,0	0,850	27,2 – 32,3	[5.]
Diesel	42,4	0,832	35,3	[1.]
Benzin	41,7	0,742	30,9	[1.]
<b>Gasförmige Treibstoffe</b>	<b>Energieinhalt [MJ/Nm³]</b>	<b>Dichte [kg/Nm³]</b>	<b>Energiedichte [MJ/kg]</b>	<b>Quelle</b>
Biogas (gereinigt)	34,3	0,730	46,9	[1.]
Synthetisches Erdgas	48,0 - 50,1	0,658 - 0,760	65,9 - 72,9	[4.]
Erdgas (CNG)	35,8	0,730	49,0	[1.]
(Bio)Wasserstoff	10,8	0,090	120,0	[6.]

Tabelle A-2: Nomenklatur der Biotreibstoffe

Nr.	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Namen	
			Eigenname	Andere Bezeichnungen
1)	<b>Pflanzenöl</b>			Pure plant oil (PPO)
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel	Rapsmethylester (RME); Sonnenblumenmethylester (SME), Fettsäuremethylester (FAME); Fettsäureethylester (FAEE)
		2b)	Hydro-treated Biodiesel	NExBTL (Neste Oil)
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol	E-Diesel
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol	
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)	
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol	
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol	
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	Biomethan
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin	Biomass-to-liquids (BTL); Synthetischer (Bio)Diesel; heavier (mixed) alcohols; FT-Kraftstoff
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel	SunFuel (VW), SynFuel (COREN); BIOFIT (TU Wien); FT-Kraftstoff
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)	Bio-SNG (TU Wien), Biomethan
		6d)	Biomethanol	
		6e)	Bioethanol	
		6f)	MTG-Benzin	Methanol-To-Gasoline (MTG), Metanol-To-Synfuel (MTS)
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)	
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff	
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff	
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl	Bioöl, Biocrude, BCO (Bio-Crude-Öl), Holzöl
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl	
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff	HTU-Biodiesel, Biocrude oil, TCP-Biocrude oil (Thermal Conversion Process)
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff	Katalytisch erzeugter Biotreibstoff; DoS (Direktverflüssigung organ. Substanzen); KDV (Katalytische Direktverflüssigung)

Tabelle A- 3: Zuordnung der Biotreibstoffe zur 1. und 2. Biotreibstoff-Generation

Nr.	Namen		Biotreibstoff Generation		
	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname	1.	2.
1)	<b>Pflanzenöl</b>			x	
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel	x	
		2b)	Hydro-treated Biodiesel		x
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol	x	
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol		x
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)	x	
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol	x	
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol		x
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	x	
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin		x
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel		x
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)		x
		6d)	Biomethanol		x
		6e)	Bioethanol		x
		6f)	MTG-Benzin		x
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)		x
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)		x
		6i)	Synthetischer Wasserstoff		x
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff		x
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff		x
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl		x
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl		x
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff		x
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff		x



## A-3 Prozesstechnologien

Folgende grundlegende Prozesse zur Erzeugung von Biotreibstoffen gibt es:

- Biochemische Prozesse: Alkohol- und Methan-Fermentation
- Thermo-Chemische Prozesse: Vergasung, Pyrolyse, Synthese
- Mechanisch-chemische Prozesse: Pressen, Veresterung
- Hydrierung („hydro-treated“): Entfernung von Sauerstoff mit Hilfe von Wasserstoff

Grundsätzlich stehen zur Umwandlung von Biomasse in Biotreibstoffe die physikalisch-chemische, die biochemische und die thermo-chemische Umwandlung zur Verfügung.

Bei der physikalisch-chemischen Umwandlung, die typischerweise bei Pflanzenölen Anwendung findet, erfolgt zunächst eine Abtrennung des flüssigen Brennstoffanteils von den nicht nutzbaren Rückständen, der dann direkt oder nach einer Umwandlung (zum Beispiel Umesterung) und Reinigung energetisch verwertet werden kann.

Die biochemische Umwandlung setzt Mikroorganismen zur Umwandlung der Biomasse in flüssige (z.B. Ethanol) oder gasförmige (v.a. Biogas) Brennstoffe ein, wobei gewöhnlich Bakterien, Pilze oder Hefen eingesetzt werden.

Bei der thermo-chemischen Umwandlung hingegen wird feste Biomasse vor allem durch den Einfluss von Wärme in andere feste, vor allem aber in flüssige und gasförmige Brennstoffe umgewandelt. Möglich sind hierbei wieder mehrere Grundverfahren, bei denen Produkte in unterschiedlichen Aggregatzuständen anfallen:

Die Pyrolyse, bei der die feste Biomasse in einen möglichst großen flüssigen Anteil umgewandelt wird, basiert auf thermischer Zersetzung bei hohen Temperaturen unter Ausschluss von Sauerstoff. Vorteil ist, dass bereits ein flüssiges Produkt erhalten wird, das dann noch entsprechend aufgearbeitet werden muss, um in KFZ einsetzbare Treibstoffe zu erhalten.

Bei der Verkohlung, bei der eine möglichst hohe Ausbeute an veredeltem Festbrennstoff (Holzkohle) erzielt werden soll, wird die Biomasse ebenfalls durch hohe Temperaturen umgewandelt, wobei die dafür notwendige Prozesswärme oft durch eine gekoppelte Teilverbrennung des Rohstoffs bereitgestellt wird. Für die Gewinnung flüssiger Brennstoffe hat die Verkohlung eine nachgestellte Bedeutung, da die Produkte erst durch Vergasung in ein weiterverarbeitbares Synthesegas umgewandelt werden müssten.

Ist schließlich die Gewinnung eines gasförmigen Produkts erwünscht, kommt die Vergasung der Biomasse zum Einsatz. Hierbei erfolgt eine Umwandlung des Brennstoffs in ein niederkalorisches Gas. Vorteil gegenüber der biochemischen Vergasung ist, dass alle Arten von Biomasse umgewandelt werden können, während Mikroorganismen nicht alle Bestandteile (z.B. Lignin) abbauen können. Bei den in der Folge untersuchten Verfahrensinnovationen handelt es sich ausschließlich um Vergasungsverfahren, weshalb deren technisch-naturwissenschaftliche Hintergründe und die notwendigen Prozessschritte vom Rohstoff bis zum Produkt (dem elektrischen Strom) ausführlicher dargestellt werden.

Zur Aufarbeitung von Biotreibstoffen, insbesondere von Pflanzenölen zu hydrierten Biodiesel und Pyrolyseölen, kommt der Hydrierung große Bedeutung zu. Ziel ist es dabei, den Sauerstoffgehalt zu senken und langkettige Komponenten in die gewünschten Produkte überzuführen. Da die Hydrierung ein Standardverfahren der Raffinerietechnik darstellt, gilt der Fokus in der Entwicklung derartiger Upgrading-Technologien der möglichst kosteneffizienten Adaptierung der Prozesse auf die Bio-Rohstoffe.

Tabelle A- 4: Biotreibstoffe und deren Produktionsprozesse

Nr.	Namen			Produktionsprozess			
	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname	Biochemisch <sup>*)</sup>	Thermo-chemisch <sup>**)</sup>	Mechanisch-chemisch <sup>***)</sup>	Hydrierung
1)	<b>Pflanzenöl</b>					Kaltpressverfahren/ Extraktion	
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel			Kaltpressverfahren/ Extraktion & Umesterung	
		2b)	Hydro-treated Biodiesel				x
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol	x			
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol	x			
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)			Katalytische Umsetzung mit Isobuten	
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol	aus ABE (Aceton/Butanol/Ethanol) Prozess			
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol	x			
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	Anaerobe Vergärung und Aufarbeitung zu reinem Methan			
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin		x		x
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel		x		x
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)		x		
		6d)	Biomethanol		x		
		6e)	Bioethanol		x		
		6f)	MTG-Benzin		Umsetzung an Zeolith-Katalysatoren (Mobil-Prozeß)		
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)		Katalytische Umsetzung mit Isobuten		
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)		x		
		6i)	Synthetischer Wasserstoff		x		
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff	Photosynthese oder Fermentation			
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff		Katalytische Umwandlungsreaktion von Kohlenwasserstoffen		x
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl		Schnellpyrolyse		
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl		Schnellpyrolyse und Aufarbeitung über Hydroprocessing oder katalytisches Cracken mit Zeolithe		x
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff		Hydrothermale Umwandlung ohne Katalysator		x
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff		Katalytische Umwandlung		

\*) Alkohol- und Methan Fermentation  
 \*\*) Vergasung, Pyrolyse, Synthese  
 \*\*\*) Pressen, Veresterung

## A-4 Fahrzeugantriebe

Bei den Fahrzeugantrieben werden folgende Unterscheidungen getroffen

- Verbrennungsmotor: Otto- und Dieselprinzip
- Brennstoffzelle: Nieder- und Hoch-Temperatur-Brennstoffzelle

## A-5 Kombination Rohstoffe- und Biotreibstoffe

Die folgenden Rohstoffe können zur Erzeugung von Biotreibstoffen herangezogen werden:

- ölhältige Pflanzen
- stärkehaltige Pflanzen
- zuckerhaltige Pflanzen
- lignozellulose Rohstoffe
- organische Reststoff
- Sonstige

Die Kombination Rohstoffe und Biotreibstoffe ist in Tabelle A- 5 dargestellt.

Tabelle A- 5: Kombination Rohstoffe und Biotreibstoffe

Nr.	Namen		Biomasse Rohstoff							
	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname	Ölhaltige Pflanzen	Stärkehaltige Pflanzen	Zuckerhaltige Pflanzen	Lignozellulose Rohstoffe <sup>1)</sup>	Organische Reststoffe	Sonstige	
1)	<b>Pflanzenöl</b>			x				Altspeiseöl		
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel	x				Tierische Fette, Altspeiseöl	Pflanzenöl	
		2b)	Hydro-treated Biodiesel	x				Tierische Fette, Altspeiseöl	Pflanzenöl	
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol		x	x				
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol				x			
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)							Bioethanol
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol		x	x				
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol				x			
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	x				Gülle, Mist, Klärschlamm, Biomüll	Silage Mais	
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin				x			
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel				x			
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)				x			
		6d)	Biomethanol				x			
		6e)	Bioethanol				x			
		6f)	MTG-Benzin				x			Biomethanol
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)							Biomethanol
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)				x			
		6i)	Synthetischer Wasserstoff					x		Reformierung anderer Biotreibstoffe
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff		x	x				
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff			x				
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl		x		x	x	jegliche lignozellulose oder landwirtschaftliche Reststoffe	
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl				x			
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff				x	x		
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff	x	x	x	x	Tierische Fette, Altspeiseöl, landwirtschaftliche Reststoffe	Pflanzenöl	

1) Holz, Stroh, Miscanthus

## A-6 Kombination Biotreibstoffe und Antriebssystem

In Tabelle A- 6 wird die Kombination Biotreibstoff und Antriebssystem, unterschieden nach Brennstoffzelle (BZ) und Verbrennungsmotor (VKM) dargestellt.

Es werden Niedertemperatur BZ (60° - 180°C) und Hochtemperatur BZ (600° - 850°C) unterschieden.

Niedertemperatur BZ sind:

- PEM (Proton Exchange Membrane)
- AFC (Alkaline Fuel Cell)
- DMFC (Direct Methanol Fuel Cell)
- PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)

Hochtemperatur BZ sind:

- MCFC (Molten Carbonat Fuel Cell)
- Schmelzkarbonat BZ
- SOFC (Solid Oxid Fuel Cell)
- Oxidkeramik BZ

Der Verbrennungsmotor wird nach dem Otto- und Diesel-Verbrennungsprinzip unterschieden.

**Tabelle A- 6: Kombination Biotreibstoff und Antriebssystem**

Nr.	Namen		Antriebssysteme				Anmerkung		
			Brennstoffzelle (BZ)		Verbrennungsmotor (VKM)				
			NT-BZ <sup>+</sup>	HT-BZ <sup>++</sup>	Otto	Diesel			
Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname							
1)	<b>Pflanzenöl</b>						x	Anpassung des Motors (Elsbett-Prinzip); nicht mischbar	
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel		x		x	Rein (Anpassung) oder Beimischung	
		2b)	Hydro-treated Biodiesel		x		x		
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol		x	x	x	Otto: Rein (Anpassung) oder Beimischung Diesel: Beimischung mit Additiven	
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol		x	x	x		
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)		x	x			Treibstoffadditiv
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol		x	x	x	Rein (Anpassung des Motors), Beimischung	
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol		x	x	x		
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas		x	x		Rein oder gemischt mit Erdgas;	
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin		x	x		Rein oder Beimischung	
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel		x		x	Rein oder Beimischung	
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)		x	x		Rein oder gemischt mit Erdgas	
		6d)	Biomethanol	x	x	x		Rein (Anpassung am Motor) oder Beimischung	
		6e)	Bioethanol		x	x	x	Rein (Benzin, Anpassung) oder Beimischung	
		6f)	MTG-Benzin		x	x		Rein oder Beimischung	
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)		x	x		Treibstoffadditiv	
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)		x			x	Anpassung am Motor, nicht mischbar, ähnlich Flüssiggas (LPG)
		6i)	Synthetischer Wasserstoff	x	x	x			Rein oder bivalent mit Benzin
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff	x		x		Rein oder bivalent mit Benzin	
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff	x		x		Rein oder bivalent mit Benzin	
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl				x	Beimischung	
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl		x		x	Rein oder Beimischung	
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff		x	x	x	Rein oder Bemischung	
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff					x	fehlende Information

+) Niedertemperatur BZ: PEM - Proton Exchange Membrane, AFC - Alkaline Fuel Cell; DMFC - Direct Methanol Fuel Cell; PAFC - Phosphoric Acid Fuel Cell  
 ++) Hochtemperatur BZ: MCFC - Molten Carbonat Fuel Cell, Schmelzkarbonat Brennstoffzelle; SOFC - Solid Oxide Fuel Cell, Oxidkeramik Brennstoffzelle

## A-7 Zusammenfassung Biotreibstoffe

Es gibt eine ganze Reihe unterschiedlicher gasförmiger und flüssiger Biotreibstoffe, die aus unterschiedlichen Rohstoffen und mittels unterschiedlicher Verfahrensprozesse hergestellt werden.

Die 9 wichtigsten Biotreibstoffe sind:

- (Reines) Pflanzenöl,
- Biodiesel,
- Bioethanol,
- Biobutanol,
- Biogas,
- synthetische Biotreibstoffe,
- Biowasserstoff,
- Pyrolyseöl und
- Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung.

Die 6 wichtigsten Gruppen an Rohstoffen sind:

- ölhältige Pflanzen: z.B. Raps, Sonnenblume,
- stärkehaltige Pflanzen: z.B. Mais, Weizen,
- zuckerhaltige Pflanzen: z.B. Zuckerrüben,
- lignozellulose Rohstoffe: z.B. Holz, Stroh und Miscanthus,
- organische Reststoff: z.B. Klärschlamm, Gülle, Biomüll sowie
- „Sonstige“ z.B. Tierfett.

Die 4 wesentlichsten Verfahrensprozesse zur Herstellung von Biotreibstoffen sind

- Biochemische Prozesse: Alkohol- und Methan-Fermentation,
- thermo-chemische Prozesse: Vergasung, Pyrolyse, Synthese,
- mechanisch-chemische Prozesse: Pressen, Veresterung,
- Hydrierung („hydro-treated“): Entfernung von Sauerstoff mit Hilfe von Wasserstoff.

Die Biotreibstoffe haben sehr unterschiedliche chemische und physikalische Eigenschaften und können in reiner Form oder als Beimischung zu Benzin, Diesel und Erdgas in Verbrennungsmotoren und zukünftig auch in Brennstoffzellen eingesetzt werden. Die Biotreibstoffe werden oft auch in Biotreibstoffe der 1. und 2. Generation

eingeteilt, wobei die heute kommerziell erzeugten Biotreibstoffe Biodiesel durch Veresterung von Pflanzenölen und -fetten und Bioethanol aus Zucker und Stärke die Biotreibstoffe der 1. Generation sind, alle anderen Biotreibstoffe gehören der 2. Biotreibstoff-Generation an und werden heute noch nicht kommerziell erzeugt. Es ist daher wichtig, bei der Diskussion der unterschiedlichen Aspekte von Biotreibstoffen neben dem jeweiligen Biotreibstoff auch den Rohstoff sowie falls erforderlich auch den Verfahrensprozess anzugeben, so hat z.B. Biodiesel aus der Veresterung von Altspeiseöl gänzlich unterschiedliche Aspekte zu Biodiesel aus der Hydrierung von Palmöl.

Aus der Anzahl der möglichen Rohstoffe (ölhältige Pflanzen, stärkehaltige Pflanzen, zuckerhaltige Pflanzen, lignozellulose Rohstoffe, organische Reststoffe, sonstige) ergeben sich maximal 6 Kombinationen für Rohstoff und Biotreibstoff. Aus der Anzahl der möglichen Antriebssysteme (Niedertemperatur BZ, Hochtemperatur BZ, Otto VKM, Diesel VKM) ergeben sich maximal 4 Kombinationen für Antriebssystem und Biotreibstoff. Für die 9 wichtigsten Biotreibstoffe ergeben sich damit 90 Kombinationen für Biotreibstoff und Rohstoff und Antriebssystem (Tabelle A- 7).

Aufgrund der im Rahmen des Projektes durchgeführten Bewertung der einzelnen Kombinationen aus Rohstoff und Treibstoff wurden letztlich etwa 50 mögliche Kombinationen als besonders interessant eingestuft (Tabelle A- 8).



Tabelle A- 7: Anzahl der Kombinationen für Biotreibstoffe mit Rohstoff sowie Antriebssystem

Nr.	Namen		Kombination			
	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname	Biotreibstoff - Rohstoff	Biotreibstoff - Antriebssystem	Summe
1)	<b>Pflanzenöl</b>			2	1	2
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel	3	2	6
		2b)	Hydro-treated Biodiesel	3	2	6
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol	2	3	6
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol	1	3	3
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)	1	2	2
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol	2	3	6
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol	1	3	3
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	3	2	6
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin	1	2	2
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel	1	2	2
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)	1	2	2
		6d)	Biomethanol	1	3	3
		6e)	Bioethanol	1	3	3
		6f)	MTG-Benzin	2	2	4
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)	1	2	2
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)	1	2	2
		6i)	Synthetischer Wasserstoff	2	3	6
		7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff	2
7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff			1	2	2
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl	4	1	4
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl	1	2	2
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff	2	3	6
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff	6	1	6
						90

**Tabelle A- 8: Auswahl der 50 interessantesten Kombinationen für Biotreibstoffe mit Rohstoff sowie Antriebssystem**

Nr.	Namen		Kombination			
	Name des Biotreibstoffes	Sub-Nr.	Eigenname	Biotreibstoff - Rohstoff	Biotreibstoff - Antriebssystem	Summe
1)	<b>Pflanzenöl</b>			2	1	2
2)	<b>Biodiesel</b>	2a)	Konventioneller Biodiesel	3	1	3
		2b)	Hydro-treated Biodiesel	3	2	6
3)	<b>Bioethanol</b>	3a)	Konventionelles Bioethanol	2	2	4
		3b)	(Ligno)Zellulose Bioethanol	1	2	2
		3c)	Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)	1	0	0
4)	<b>Biobutanol</b>	4a)	Konventionelles Biobutanol	1	1	1
		4b)	(Ligno)Zellulose Biobutanol	1	1	1
5)	<b>Biogas</b>		Aufbereitetes Biogas	3	2	6
6)	<b>Synthetische Biotreibstoffe</b>	6a)	Fischer-Tropsch (FT)-Benzin	1	2	2
		6b)	Fischer-Tropsch (FT)-Diesel	1	2	2
		6c)	Synthetisches Erdgas (SNG)	1	2	2
		6d)	Biomethanol	1	2	2
		6e)	Bioethanol	1	1	1
		6f)	MTG-Benzin	2	0	0
		6g)	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)	1	0	0
		6h)	Biodimethylether (Bio-DME)	1	1	1
		6i)	Synthetischer Wasserstoff	2	2	4
7)	<b>Biowasserstoff</b>	7a)	Biowasserstoff	2	1	2
		7b)	Aqueous-Phase-Reforming (APR) - Wasserstoff	0	1	0
8)	<b>Pyrolyseöl</b>	8a)	Pyrolyseöl	2	1	2
		8b)	Aufbereitetes Pyrolyseöl	1	1	1
9)	<b>Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung</b>	9a)	Hydrothermal Upgrading (HTU) - Biotreibstoff	2	1	2
		9b)	Katalytische Niederdruckverölung (KNV) - Biotreibstoff	4	1	4
						50

## A-8 Literatur

- [1.] Treibstoffverordnung 2004: Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, Änderung der Kraftstoffverordnung 1999; Ausgegeben am 4. November 2004
- [2.] NExBTL – Biodiesel fuel of the second generation; Leena Rantanen et. al; Neste Oil Corporation; 2005-01-3771
- [3.] [www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ\\_NO\\_115=157704](http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm?SEQ_NO_115=157704);  
[www.aral.de/aral/sectiongenericarticle.do?categoryId=9011880&contentId=7022690](http://www.aral.de/aral/sectiongenericarticle.do?categoryId=9011880&contentId=7022690)
- [4.] Outlook for Advanced Biofuels; Carlo N. Hamelinck, Universität Utrecht; 2004; Appendix
- [5.] Kurzbericht Direktverflüssigung: Kurzbericht zu den Möglichkeiten der Direktverflüssigung von Biomasse zu Treibstoffen KDV/KNV/DoS; K. Giannakopoulou et. al; JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH; April 2007
- [6.] Wasserstoff als Energieträger; Technik.Systeme.Wirtschaft; Carl-Jochen Winter und Joachim Nitsch; 1986



## Anhang B:

# Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven der Biotreibstoffe

## Inhalt

B-1	Einleitung .....	2
B-2	Pflanzenöl .....	7
B-3	Biodiesel .....	9
B-3.1	Konventioneller Biodiesel .....	9
B-3.2	Hydro-treated Biodiesel .....	11
B-4	Bioethanol .....	12
B-4.1	Einleitung .....	12
B-4.2	Konventionelles Bioethanol .....	13
B-4.3	(Ligno)Zellulose Bioethanol .....	14
B-5	Biogas .....	14
B-6	Synthetische Biotreibstoffe .....	16
B-6.1	Einleitung .....	16
B-6.2	Fischer-Tropsch (FT-)Treibstoffe .....	18
B-6.3	Synthetisches Erdgas (SNG) .....	19
B-6.4	Biomethanol .....	19
B-6.5	Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether) .....	20
B-6.6	Biodimethylether (Bio-DME) .....	21
B-6.7	Wasserstoff .....	22
B-7	HTU-Biotreibstoffe .....	22
B-8	Biobutanol .....	23
B-9	Bioöl .....	23
B-10	Biowasserstoff .....	24
B-11	Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung .....	24
B-12	Zusammenfassung Stand der Technik .....	26

## B-1 Einleitung

Biotreibstoffe haben die Entwicklung von Motoren und Fahrzeugen seit den Anfangsphasen unseres Verkehrssystems begleitet. Ethanol und Pflanzenöl als Treibstoff wurde bereits von ihren Erfindern erwogen. Die Einführung biogener Treibstoff wurde besonders in Zeiten der Verknappung fossiler Treibstoffe angestrebt. Die Energiekrise 1973 und die nachfolgende gesellschaftliche Entwicklung haben den Anstoß zur Einführung nachhaltiger, auf erneuerbaren Quellen basierender Energie- und Verkehrssysteme gegeben.

Brasilien, die USA und europäische Länder wie Österreich, Frankreich und Italien haben in den 1970-iger und 80-er Jahren begonnen, biogene Treibstoffe marktfähig zu machen, wobei der Schwerpunkt auf diejenigen Biotreibstoffe gelegt wurde, bei denen dies, entsprechend dem Stand der Technik, mit vertretbaren Mitteln in absehbarer Zeit möglich war. Politischer Wille und die günstigen Produktionsbedingungen für Ethanol aus Zuckerrohr haben Brasilien zur Nummer 1 auf dem Bioethanolmarkt gemacht. Die USA hat mit Stärkeethanol nachgezogen. Europa hat etwas später mit Biodiesel einen neuen Weg beschritten und dabei auch eine europäische Eiweißfuttermittelproduktion gestartet.

Während zu Beginn der derzeitigen Entwicklung die Sicherung der Versorgung im Mittelpunkt stand, wurde in der letzten Dekade die Komplexität des Umstiegs auf erneuerbare Treibstoffe erkennbar. Im Rahmen von IEA Bioenergy Task 27 wurde im Jahr 2000 versucht, dies darzustellen. Die Abbildung B- 1 macht die Zusammenhänge ansatzweise erkennbar.

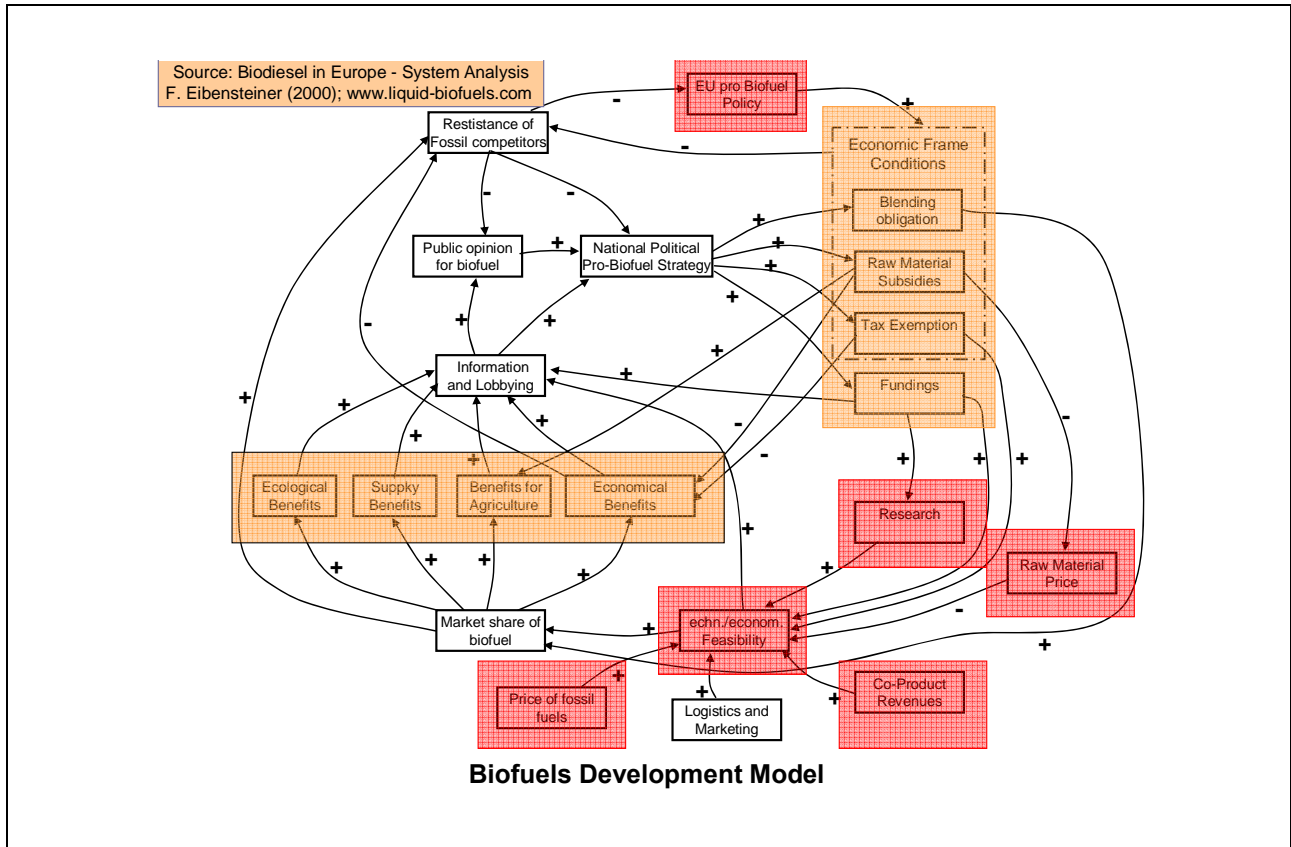


Abbildung B- 1: Aspekte der Entwicklung von Biotreibstoffen

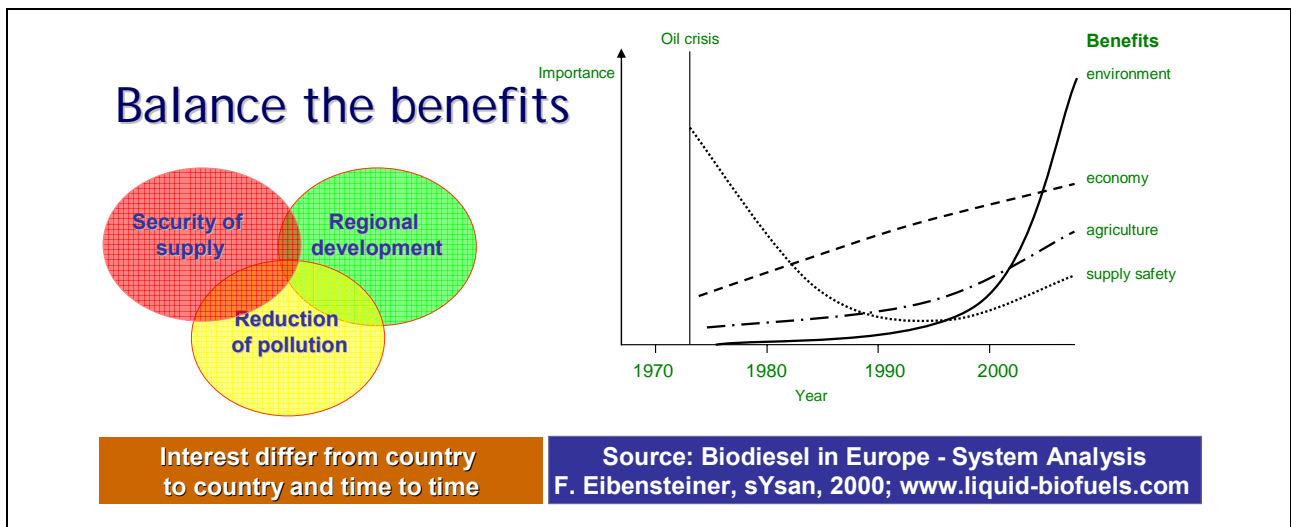


Abbildung B- 2: Aspekte zur Markteinführung von Biotreibstoffen

Eine gesamthafte Bewertung der externen Vorteile auf einer gesicherten, wissensbasierten Grundlage ist wegen der unterschiedlichen Effekte und mangels eines einheitlichen und allgemein anerkannten Wertmaßstabes schwierig. Die obige Grafik soll qualitativ zeigen, dass die Summe der externen Vorteile wächst. Die externen Vorteile der erneuerbaren Treibstoffe werden mittlerweile breit anerkannt. Die Politik ist bereit, Maßnahmen zur Markteinführung zu schaffen. Weltweit unterstützen Regierungen die Entwicklung durch Verbesserung der Rahmenbedingungen. Die EU fördert seit mehr als einem Jahrzehnt die Forschung im Bereich der Biotreibstoffe und hat mit der „Biotreibstoffdirektive“ einen starken Anstoß zur Marktüberführung gegeben.

Die folgende Grafik von der Web-Page des IEA Bioenergy Agreements zeigt, wie komplex die Etablierung von Bioenergiesystemen ist. Maßnahmen sind entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Produktion auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen über Aufbereitung, Transport und Lagerung im Bereich der Urproduktion, die Konversion in verfahrenstechnischen Anlagen sowie auf Seite der Endprodukte erforderlich.

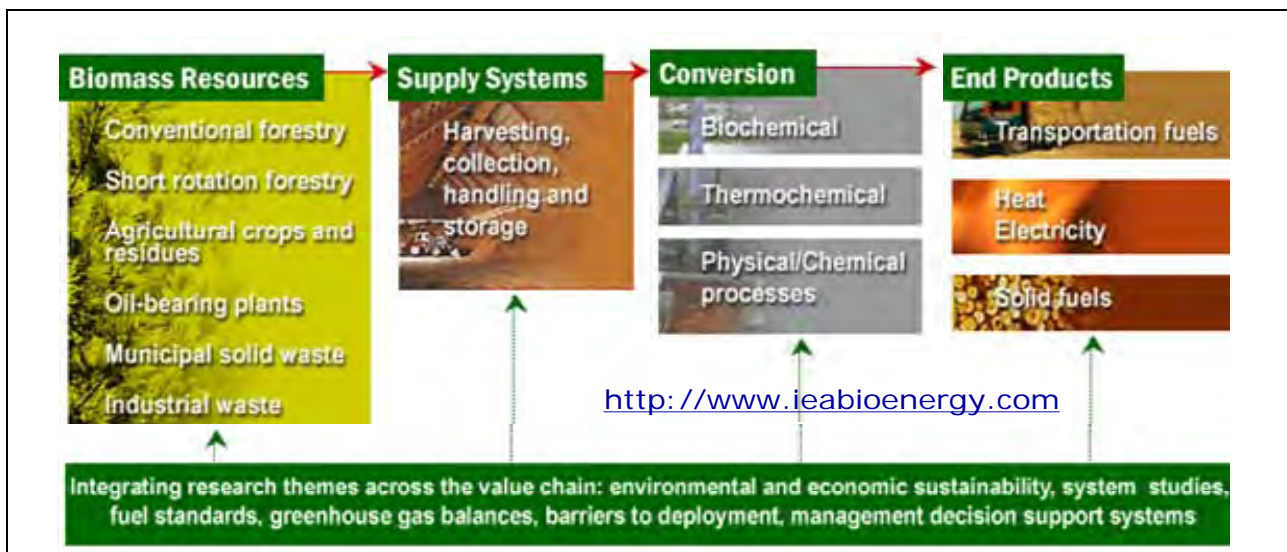


Abbildung B- 3: Markteinführung von Bioenergie als komplexe Aufgabe

Von besonderer Bedeutung bei der Biotreibstoffkette ist der Marktzugang. Die Eignung von Biotreibstoffen für bestehende Transport- und Verteilsysteme erleichtert die Einführung und verringert die Kosten für die Logistik.

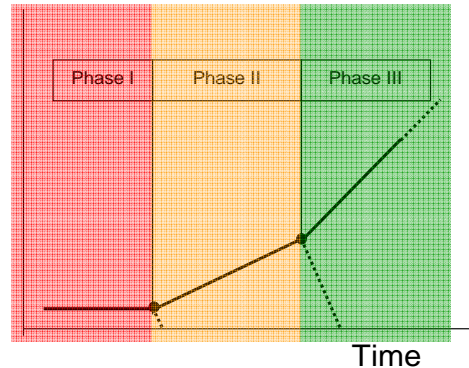
Die Entwicklung von Biotreibstoffen ist durch Pionierphasen, Vertiefung und Verbreitung der Anstrengung und bei positivem Verlauf durch industrielle Produktion und den Wettbewerb am Markt gekennzeichnet. Die folgende Grafik weist auch auf den Zeitfaktor für die Entwicklung hin. Nicht erkennbar ist der F&E-Aufwand, der exponentiell mit den Fortschritten in der Entwicklung steigt.



## Phases of development

- **Phase I** represents the beginning of activity from the intention till the transport of the idea to the decision makers which are driven to start first activity. The end of Phase I is the political decision to put money to this topic.
- **Phase II** is characterized through research efforts, pilot projects, setting of frame conditions and supported technical trials.
- Countries in **Phase III** show a biofuels economy based mainly on the economical feasible production, distribution and use and a self supported biofuels economy.

Production volumes



Source: Biodiesel in Europe - System Analysis  
F. Eibensteiner, 2000; www.liquid-biofuels.com

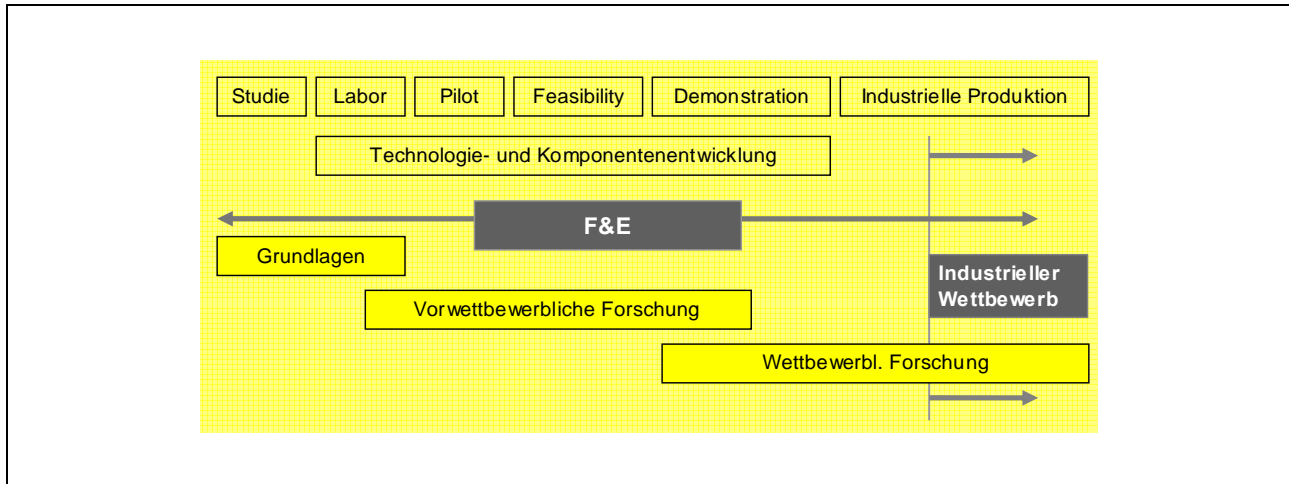
### Abbildung B- 4: Phasen der Entwicklung von Biotreibstoffen

Im Rahmen des Europäischen AFB-net wurden vor einigen Jahren die nicht-technischen Barrieren, die die Markteinführung von Bioenergiesystemen hemmen sowie Maßnahmen zu deren Überwindung diskutiert. Dabei wurden sieben wesentliche nicht-technische Hemmnisse identifiziert:

- Hemmnisse in der Landwirtschaft
- Ökonomische und finanzielle Hemmnisse
- Industrie
- Gesetzgebung
- Markt
- Umwelteinflüsse
- Öffentlichkeit

Der Mangel an Informationen und fehlendes Verständnis für die Notwendigkeit eines Stakeholder-Dialogs entlang der Kette vom Rohstoffe über die Erzeugung bis hin zu Vertretern von Behörden und NGOs sind weitere Barrieren.

Technologien werden Schritt für Schritt entwickelt, wobei die Kosten bei jedem Schritt exponentiell steigen. Erfolgversprechende Desktop-studies und Arbeiten im Labor können zur Erprobung von Technologien in Pilotanlagen führen. Mit steigendem Entwicklungsaufwand wächst das Know-how, das verbleibende Entwicklungsrisiko sinkt. Kritisch ist die Phase des Übergangs von der Pilotphase in die Demonstration. Um die hohen Kosten und das hohe Risiko einer Demonstration in Grenzen zu halten, sind Feasibility Studies auf Basis der Vorarbeiten unerlässlich.



*Abbildung B- 5: Schritte der Technologieentwicklung*

Um die politischen vorgegebenen Ziele zu erreichen, sind auch F&E- Maßnahmen in der Phase einer etablierten industriellen Produktion erforderlich. Gerade hier ist die Hebelwirkung der eingesetzten Mittel hoch, die Forschung trägt damit wesentlich zur Erreichung der gesellschaftspolitischen Ziele bei. Solange es nicht gelingt, die fossilen Treibstoffe direkt mit den externen Kosten zu belasten, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit unerlässlich. Da eine uneingeschränkte Wettbewerbsfähigkeit mittelfristig unwahrscheinlich ist, ist ein politischer Eingriff erforderlich, wobei diejenigen Biotreibstoffe vorzuziehen sind, die bei geringsten Kosten die höchstmöglichen Effekte bezüglich Umwelt und Gesellschaft bieten. Die Erforschung der externen Effekte und die Entwicklung nicht-technischer Maßnahmen ist ebenso notwendig wie technologische Forschung.

Für die Beurteilung des Standes der Entwicklung werden neben dem Stand der Technik folgende nicht-technischen Hemmnisse betrachtet:

1. Die Verfügbarkeit und die Kosten der Rohstoffe sowie die Bereitschaft der Landwirte, von der Nahrungsmittelerzeugung auf Bioenergie umzusteigen.
2. Die Integration der Biotreibstoffe in Systeme der Verteilung und Verwendung in Fahrzeugen.

Hemmnisse wie der Wettbewerb mit fossilen Energieträgern und der Nutzung von Biomasse für Wärme, Kraft und Treibstoff sowie die mangelnde Bereitschaft der Konsumenten, für die externen Vorteile der Biotreibstoffe mehr zu bezahlen, sind nicht berücksichtigt

In den letzten Jahren haben die Begriffe „Biotreibstoffe der 1. und 2. Generation“ in den Forschungsprogrammen in Europa, Amerika und Japan Eingang gefunden. Diese neuen Begriffe helfen, zwischen den Stadien der Entwicklung zu unterscheiden. Die Einteilung ist eine grobe Vereinfachung und reicht weder für die Beschreibung des Standes der Technik noch für die Abschätzung des F&E-Bedarfs aus.

Die folgende Grafik aus „Biofuels in the European Union – a vision for 2030 and beyond“ zeigt, mit welcher F&E-Arbeiten Ziele entlang der Zeitachse erreichbar sein können.

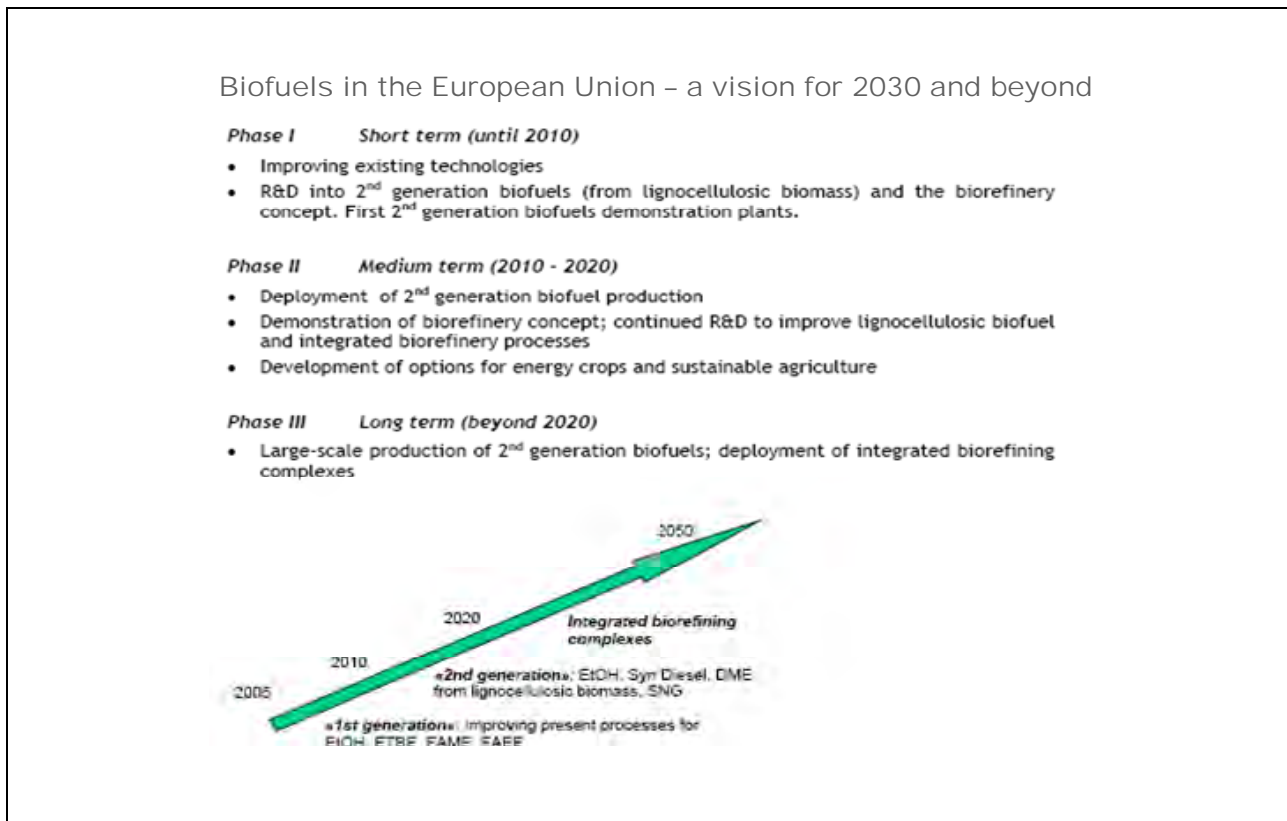


Abbildung B- 6: Biotreibstoffe in der EU – Eine Vision für 2030 und danach

In den folgenden Kapiteln 4.2 bis 4.4 wird der derzeitige Stand Entwicklung nach folgenden Gesichtspunkten beschrieben:

- Stand der (Verfahrens-) Technik zur Erzeugung von Biotreibstoffen: Entwicklung im Labor - Arbeiten an Pilotanlagen - Demonstration von Technologien - Technologien am Markt
- Nichttechnische Faktoren: Verfügbarkeit der Rohstoffe - Eignung für bestehende Systeme

## B-2 Pflanzenöl

### Herstellung und Rohstoffe

Pflanzenöl wird durch Auspressen von bzw. Extraktion aus Ölsaaten hergestellt, wobei dieses sowohl roh als auch raffiniert, jedoch chemisch unverändert, als Treibstoff eingesetzt werden kann.

Als Rohstoff werden vor allem Rapssamen, Sonnenblumenkerne und Leindotter eingesetzt. Für die Herstellung von einem Liter Pflanzenöl sind etwa 3 Kilogramm

Ölsamen erforderlich, wobei etwa 3 bis 4 Tonnen Ölsaaten pro Hektar und Jahr erzeugt werden können. Auf Versuchsflächen wurden schon bis zu 5 t/(ha\*a) erreicht. Bei der Herstellung von Pflanzenöl wird im Verhältnis von etwa 1:2 auch Presskuchen als Nebenprodukt erzeugt, der als Futter- bzw. Düngemittel verwendet wird. 1 Liter Pflanzenöl wiegt etwa 0,92 Kilogramm und hat den Energieinhalt von etwa 0,92 Liter Diesel.

### Verwendung

Pflanzenöl kann in Dieselmotoren genutzt werden, wobei eine motortechnische Anpassung z.B. nach dem »Elsbett-Prinzip« erforderlich ist. Obwohl die technische Funktionsfähigkeit solcher – mit relativ geringem Aufwand – umgerüsteter Dieselmotoren nachgewiesen wurde, müssen vor einem Großserieneinsatz noch die Zuverlässigkeit und Dauerhaltbarkeit derartiger »Pflanzenölmotoren« verbessert werden. Pflanzenöl ist weitgehend frei von Schwefel und Schwermetallen und ist biologisch gut abbaubar. Es kann allerdings nicht mit (Bio)Diesel gemischt werden.

Die Bereitstellung (Transport, Tankstelle, PKW-Tank) ist unkompliziert, jedoch ist die begrenzte Haltbarkeit von Pflanzenöl (Stabilität bestimmter Eigenschaften) zu beachten. Toxizität, Wassergefährdung und Explosionsgefährlichkeit sind bei Pflanzenöl vernachlässigbar. Da seine Viskosität sehr temperaturabhängig ist, muss Pflanzenöl bei tieferen Temperaturen durch technische Maßnahmen, z.B. Vorwärmung, konditioniert werden.

### Beispiele

Pflanzenöl wird derzeit in Traktoren und Personenkraftwagen getestet, es laufen z.B. Flottentests in der Steiermark und in Niederösterreich.

### Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Pflanzenöl wird in Großanlagen durch Lösungsmittelextraktion aus geflockten Ölsaaten oder in Kleinanlagen mit Schneckenpressen erzeugt. Beide Technologien sind seit Jahrzehnten bekannt und hoch entwickelt. In Forschungsarbeiten an der Landtechnik Weihenstephan in Bayern wurden die treibstofftechnischen Anforderungen an Rapsöl ermittelt und anschließend entsprechende Normen ausgearbeitet.

Knapp vor dem 2. Weltkrieg wurden F&E-Arbeiten mit Pflanzenöl begonnen. Die Verkokungsneigung von Pflanzenöl schränkt den Betrieb ein. In Abhängigkeit von der Bauart und dem Betriebszustand der Motoren wurde in früheren Arbeiten regelmäßig ein Totalausfall nach kürzerer oder längerer Laufzeit beobachtet.

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe in Deutschland startete vor drei Jahren ein breit angelegtes Untersuchungsprogramm. In diesem Demonstrationsvorhaben wurde die Praxistauglichkeit von 100 umgerüsteten Traktoren für den Betrieb mit reinem Rapsöl untersucht. Ein beachtlicher Anteil von Traktoren hat das Programm mit günstigen Ergebnissen beendet. Ein ähnliches Projekt läuft unter der wissenschaftlichen Betreuung von FJ BLT in Österreich. 33 Traktore wurden mit Unterstützung durch die öffentliche Hand von sechs verschiedenen Firmen umgerüstet und über zwei Jahren beobachtet. Der erfolgreiche Verlauf der ersten Jahre hat dazu geführt, das Programm ein weiteres Jahr zu verlängern.

Mit Hilfe konstruktiver Maßnahmen an der Einspritzausrüstung, im Brennraum und bei der Gestaltung von Kolben, Kolbenringen und Ventilen, aber auch mit einfachen Vorwärmeinrichtungen ist es einigen sehr kleinen Firmen gelungen, Umrüstsätze für Pflanzenöl zu entwickeln. Da bisher die Motorenindustrie mit Ausnahme von zwei Traktorfirmer Pflanzenölmotoren wegen des Charakters eines Nischenprodukts kategorisch ablehnt, ist derzeit nicht mit einer breiten Anwendung zu rechnen.

Für die Produktion der Ölsaaten gelten ähnliche Überlegungen wie für die Biodieselerzeugung. Pflanzenölprojekte werden vorwiegend von engagierten Landwirten betrieben. Das Pflanzenöl wird in betriebseigenen oder genossenschaftlichen Kleinanlagen mit Schneckenpressen erzeugt. Triebfeder ist der Wunsch nach hoher Wertschöpfung am eigenen Betrieb. Demgegenüber wird in Deutschland Pflanzenöl von Flottenbetreibern, die das Öl vom Markt kaufen, eingesetzt.

## **B-3 Biodiesel**

### ***B-3.1 Konventioneller Biodiesel***

#### Herstellung und Rohstoffe

Biodiesel – auch als Fettsäuremethylester (FME, FAME) bezeichnet – wird aus pflanzlichen Ölen und tierischen Fetten hergestellt. Neben Raps- (RME), Sonnenblumen- (SME) und Leindotteröl sind Altspeiseöle (AME) die wichtigsten Rohstoffe für seine Herstellung.

Biodiesel entsteht durch eine chemische Reaktion (Umesterung), bei der pflanzliche Öle und tierische Fette mit Hilfe von Alkohol (Methanol) zu Biodiesel verarbeitet werden. Neben dem Presskuchen bei der Pflanzenölerzeugung fällt bei der Umesterung Glycerin an, das als Chemierohstoff oder als Brennstoff genutzt werden kann. Zur Herstellung von einem Liter Biodiesel sind etwa 1,03 Liter Pflanzenöl notwendig. 1 Liter Biodiesel wiegt etwa 0,88 -Kilogramm und hat den Energieinhalt von etwa 0,92 Liter Diesel.

#### Verwendung

Biodiesel kann in herkömmlichen Dieselmotoren genutzt werden, es sind bereits viele Dieselfahrzeuge (PKW, LKW und Traktoren) serienmäßig für den Betrieb mit Biodiesel freigegeben. Für nicht serienmäßig für den Biodieselbetrieb ausgerüstete Fahrzeuge gibt es meist Nachrüstooptionen. Biodiesel ist biologisch gut abbaubar. Biodiesel kann problemlos mit mineralischem Diesel in jedem Verhältnis gemischt werden. Eine Beimischung von bis zu 5% normgerechtem Biodiesel zu mineralischem Diesel ergibt selbst wieder einen normgerechten Treibstoff, d.h. es ist keine Freigabe der Motorenhersteller notwendig.

Die Bereitstellung (Transport, Tankstelle, PKW-Tank) ist unkompliziert und entspricht der für mineralischen Diesel. Bei Biodiesel aus tierischen Fetten ist zu beachten, dass auf Grund der geringeren Viskosität bei Temperaturen unter 10°C eine Beimischung zu Biodiesel aus Pflanzenölen bzw. mineralischem Diesel zweckmäßig ist.

## Beispiele

Die erste kommerzielle Biodieselproduktion der Welt wurde 1991 mit steirischer Technologie in der Steiermark gestartet. Im Rahmen eines EU-Programms wurde in Graz die gesamte städtische Busflotte auf Biodiesel umgestellt. Außerdem stellt derzeit eine Taxigruppe etwa 50 Taxis auf Biodiesel um. Derzeit werden in Österreich etwa 60.000 Tonnen Biodiesel pro Jahr erzeugt, in Deutschland etwa 1 Million Tonnen. Biodiesel ist derzeit von der Mineralölsteuer befreit und hat daher trotz der höheren Produktionskosten an der Tankstelle etwa den gleichen Preis wie mineralischer Diesel.

## Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Methylester der fetten Öle werden durch Alkohololyse (Austausch einer alkoholischen Komponente durch eine andere alkoholische Komponente) von Pflanzenöl aber auch tierischen Fetten erzeugt. Aus einem Triglyzerid-Molekül entstehen mit drei Molekülen Methanol drei Moleküle Methylester und ein Glycerinmolekül. Für die Erzeugung von Rapsölmethylester (RME, „Biodiesel“) wurden im letzten Jahrzehnt einfache Verfahren mit geringem Energieaufwand, hoher Umsetzung und guter Produktqualität entwickelt.

In Deutschland wurden 2005 1,8 Mio. t Biodiesel erzeugt, die Schätzungen für 2006 liegen bei 2,4 Mio. t. Weltweit werden bedeutende Kapazitäten aufgebaut, eine Befragung im Rahmen des IEA Bioenergy Liquid Biofuels Task zeigt, dass allein Europäische Anlagenfirmen Kapazitäten in Höhe von 16 Mio. t/a geliefert haben und liefern werden. Die seit 1. Jänner 2005 in Österreich gültigen günstigen Rahmenbedingungen lassen erwarten, dass bis 2010 Produktionskapazitäten von mehr als 400 000 t aufgebaut werden.

Seit 2004 ist Biodiesel europäisch genormt. Die EN 14 214 legt die Erfordernisse an FAME (Fatty Acid Methyl Ester, Biodiesel aus Pflanzenölen und Fetten) als Reintreibstoff und als Mischkomponente zu fossilem Dieseltreibstoff gemäß EN 590 fest. Den Erzeugern und Vertreibern von fossilen Dieseltreibstoffen ist es unter Beachtung beider Normen gestattet, bis 5 % FAME der Dieseltreibstoff gemäß EN 590 ohne zusätzliche Kennzeichnung beizumengen. Da die Anforderungen von EN 590 wegen ständig steigender Qualitätssprüche durch die Motorenindustrie laufen revidiert werden, ist auch eine Verringerung des FAME-Gehalts in Dieseltreibstoff gemäß EN 590 möglich.

Derzeit laufen in einem von der Kommission beauftragtem Tender („BIOSCOPE“) Vorarbeiten für die Anhebung des Anteils von Biodiesel in Dieseltreibstoffen gemäß EN 590 auf 10 %. Damit könnte ohne jedwede Änderungen an Fahrzeugen und der Logistik die am Markt absetzbare Menge verdoppelt werden. Die Entscheidung für höhere Konzentrationen wird im CEN von der Industrie getroffen, das Ergebnis ist heute noch nicht absehbar.

Die Verwendung von reinem Biodiesel („B100“) erfordert die Freigabe durch die Hersteller von Fahrzeugen. Wenn es auch seit 1990 gelungen ist, eine Reihe von Freigaben für B 100 zu erlangen, ist die Position der Hersteller von Motoren, Ausrüstungen und Fahrzeugen zögerlich. Grosse Automobil-Hersteller nehmen die Freigaben zurück, lediglich manchen Flottenbetreibern gelingt es, Freigaben für

bestimmte Fahrzeuge zu bekommen. Der Grund dafür ist in mangelndem Interesse der Fahrzeugindustrie an Nischenlösungen zu suchen.

Die Rohstoffe für Biodiesel kommen ausschließlich aus konventioneller Landwirtschaft. Die Züchtung ist hoch entwickelt, wobei im Vergleich zu Getreide und Zuckerrübe die Entwicklung später begonnen hat. Die Fokussierung auf den Rohstoff Raps ist eher zufällig erfolgt, eine gezielte Optimierung steht noch aus. Die EN 14 214 schränkt die Auswahl der möglichen Rohstoffe ein. Neben Öl aus Ölpflanzen kommen auch gebrauchte Öle und Fette aus der Entsorgung von Altfetten sowie tierische Fette aus Schlachtabfällen als Rohstoff in Frage, die verfügbaren Mengen liegen aber zumindest eine Größenordnung unter dem Bedarf.

Deutschlands Landwirtschaft hat die Rapsproduktion stark ausgeweitet und möchte den Rohstoffbedarf im Land decken. Demgegenüber ist Österreichs Landwirtschaft zögerlich. Extrapoliert man die bisherige Entwicklung des Ölpflanzenanbaus, kann nur ein Anteil des Bedarfs aus dem Inland gedeckt werden. Nord- und Südamerika sowie Malaysia und Indonesien drängen mit Ölsaaten und Ölen aber auch mit Biodiesel auf den Europäischen Markt. In Deutschland, England und den Niederlanden sind gesetzliche Regelungen in Ausarbeitung, die den Import von Rohstoffen an eine nachhaltige Produktion binden.

### ***B-3.2 Hydro-treated Biodiesel***

#### Herstellung und Rohstoffe

Als Rohstoffe kommen alle Fette und Öle in Frage, wobei im Gegensatz zu Biodiesel der Gehalt an ungesättigten Fettsäuren keine Rolle spielt.

NextBtL heißt ein Kraftstoff aus Pflanzenöl, den die Firma Neste in Finnland entwickelt. Dabei wird mit einem petrochemischen Verfahren ein hochwertiger Dieselkraftstoff erzeugt, d.h. es wird Wasserstoff eingesetzt, um den Sauerstoff aus dem Pflanzenöl bzw. -fett zu entfernen. Als Nebenprodukte fallen geringe Mengen Benzin und Flüssiggas an. Wegen der günstigen Eigenschaften ist das Interesse der Fahrzeugindustrie groß. Eine ähnliche Technologie wurde in Kanada entwickelt: durch katalytische Hydrierung von Pflanzenölen wird ein Produkt mit hoher Cetanzahl erzeugt. Diese Verfahren stehen im Wettbewerb mit Biodiesel, der Erfolg wird nicht zuletzt durch die Kosten und die Ausbeuten bestimmt.

Die Produktion von hydriertem Biodiesel lässt sich gut in bestehende Erdöl-Raffinerien integrieren.

#### Verwendung

NextBtL hat ähnlich günstige Eigenschaften wie synthetischer Dieseltreibstoff (siehe Anhang A). Die Dieselmotorindustrie zeigt wegen günstiger Effekte in Bezug auf die Emissionen von Partikeln, Kohlenwasser und Stickoxiden größtes Interesse an NextBtL.

#### Beispiele

In Finnland läuft eine Demonstrationsanlage mit 100.000 Jahrestonnen.

## Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Die Technologie ist in der Demonstrationsanlage erprobt. Aufgrund der günstigen Eigenschaften von hydriertem Biodiesel könnte dieser zukünftig bei der Entwicklung abgasarmer Verbrennungsmotoren mehr Bedeutung erlangen als konventioneller Biodiesel, der aus denselben Rohstoffen erzeugt wird.

## **B-4 Bioethanol**

### ***B-4.1 Einleitung***

#### Herstellung und Rohstoffe

Als Bioethanol bezeichnet man Ethanol, das in einem Gärprozess aus Biomasse hergestellt wird. Ethanol wird umgangssprachlich auch als Alkohol bezeichnet. Bioethanol wird vor allem aus zucker- bzw. stärkehaltigen Feldfrüchten, wie Zuckerrüben, Getreide, Mais und Kartoffel hergestellt. Zukünftig wird Bioethanol auch aus den zellulosehaltigen Pflanzenbestandteilen von Stroh und Holz hergestellt werden können.

Während zuckerhaltige Pflanzen direkt vergoren werden, muss bei Getreide, Mais und Kartoffeln die Stärke und bei Stroh und Holz die Zellulose zunächst in Zucker umgewandelt werden. Die Hauptprozesse bei der Herstellung sind: vermahlen des Korns, Verflüssigung, Umwandlung in Zucker, Alkoholgärung und Destillation. Die anfallenden Nebenprodukte (z.B. Schlempe, Lignin) können als Futter- und Düngemittel bzw. Brennstoff verwendet werden. Für die Herstellung von 1 Liter Bioethanol sind etwa 2 Kilogramm Maiskörner, 2,6 Kilogramm Getreide, 8 Kilogramm Zuckerrüben, 8,2 Kilogramm Kartoffel oder 2,5 Kilogramm Holz bzw. Stroh notwendig. Im Vergleich zur erzeugten Bioethanolmenge fallen größere Mengen an Nebenprodukten an. 1 Liter Bioethanol wiegt etwa 0,79 Kilogramm und hat einen Energieinhalt wie etwa 0,68 Liter Benzin.

#### Verwendung

Bioethanol ist in reiner Form sowie in einer Beimischung zu Benzin als Treibstoff geeignet. Als Beimischung wird Bioethanol in Konzentrationen von 5 bis 85 Volumenprozent (Vol-%) eingesetzt (Abkürzung E5, E85). Die Treibstoffverordnung ermöglicht Beimischungen zum Benzin allerdings nur bis 5 Vol-%. Für Beimischungen über 85% und für reines Bioethanol müssen Modifikationen am Motor durchgeführt werden (»Flexible Fuel Vehicle – FFV«). ETBE, das als Zusatz zu Benzin als Oktanzahlverbesserer Verwendung findet (5 bis 15 Vol-%), kann aus Bioethanol erzeugt werden. Zur Herstellung von 1 Liter Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether) wird etwa 1/2 Liter Bioethanol benötigt.

#### Beispiele

Bioethanol wird heute in großen Mengen in Brasilien aus Zuckerrohr und in den USA aus Mais erzeugt. In Europa sind derzeit Frankreich (Rohstoff: Zuckerrüben und Weizen), Schweden (Pilotanlage mit Rohstoff Weizen und Holz) und Spanien (Rohstoff:



Gerste und Weizen) die großen Bioethanolproduzenten. In Deutschland sind 3 Großanlagen 2005 in Betrieb gegangen. In Pischelsdorf/Niederösterreich ist eine große Produktionsanlage in Betrieb (Kapazität bis zu 240.000 m<sup>3</sup>, Inbetriebnahme 2007).

Aus motortechnischen Gründen wird anstelle von Reineethanol eine Mischung von 85% Bioethanol mit 15% fossilen Kohlenwasserstoffen verwendet und als E85 auf den Markt gebracht. E85 erfordert eine eigene Logistikkette, die Technologie entspricht weitgehend dem von Benzin bekanntem Standard. Die Fahrzeugindustrie hat in der letzten Dekade PKWs für den Betrieb mit E85 („Flexibel Fuel Vehicles“ = „FFVs“) entwickelt, die sowohl mit E85 als auch mit Benzin in jeder Mischung betrieben werden können. In Brasilien werden mehr FFVs als konventionelle PKWs auf den Markt gebracht. In Schweden werden starke Anstrengungen zum Aufbau von FFV-Flotten unternommen, einzelne Modelle wie der FORD FOCUS werden auf Grund günstiger ökonomischer Rahmenbedingungen fast ausschließlich als FFVs verkauft. In den USA ist man bemüht, FFV-Technologie als Standard zu etablieren.

Die Einführung von E85/FFV-Systemen ist nicht durch den Stand der Technik, sondern ausschließlich durch nicht-technische Barrieren bestimmt. Die großen Mineralölunternehmen, die unabhängigen Mineralölhändler und die Fahrzeugindustrie zögern, in ein solches System zu investieren.

## **B-4.2 Konventionelles Bioethanol**

### Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Alkohol wurde bereits zur Zeit der Erfindung des Automobils als Treibstoff erwogen. Ausgangsprodukte für die Gärung sind zucker- und stärkehaltige Rohstoffe. Während die Glukose zuckerhaltiger Pflanzen (Zuckerrübe, Zuckerrohr) direkt vergoren wird, muss bei Getreide die Stärke zunächst enzymatisch in Zucker umgewandelt werden. Die Gärung erzeugt ein Produkt mit einem Alkoholgehalt von max. 18%. Durch Destillation wird der Alkoholgehalt auf mehr als 90% erhöht. Für die motorische Verwendung muss die Konzentration durch einen weiteren Verfahrensschritt auf fast 100% erhöht werden.

Brasilien erzeugt jährlich ca. 16 Mio. m<sup>3</sup> Ethanol aus Zuckerrohr. Wasserfreier Ethanol wird bis zu einem Anteil von 26% dem Tankstellenbenzin beigemischt, aber auch in einer stark wachsenden FFV-Flotte verwendet (FFV= Flexible Fuel Vehicle). In den Vereinigten Staaten von Amerika wird annähernd dieselbe Menge in Mischungen mit geringem Anteil von Ethanol Tankstellenbenzin zugemischt.

Mit der Fa. Vogelbusch verfügt Österreich über ein exzellentes Engineeringunternehmen mit Zugang zum höchsten Stand der Technik. Die AGRANA errichtete in Pischelsdorf eine Anlage mit einer Kapazität von 240 000 m<sup>3</sup> zur Erzeugung von Ethanol aus Getreide, Mais und Zuckerrüben. Die OMV plant, in ihre MTBE- Anlage aus Ethanol ETBE zu erzeugen und Benzin beizumengen. ETBE hat eine hohe Oktanzahl und verbessert in geringen Mengen die Qualität von Benzin. Die Anforderungen an die Qualität des Ethanols sowie die Qualität von ETBE- und ethanolhaltigem Benzin sind in Europäischen Normen festgeschrieben.

Die Rohstoffe kommen ausschließlich aus konventioneller Landwirtschaft. Die Züchtung ist hoch entwickelt, weitere Fortschritte sind zu erwarten. Die landwirtschaftliche Kette vom Anbau bis zur Anlieferung für die Weiterverarbeitung ist hoch entwickelt, wobei bisher die gesamte landwirtschaftliche Kette in Richtung Nahrungs- und Futtermittel optimiert wurde. Österreichs Landwirte sind bereit und fähig, die erforderlichen Mengen zu erzeugen.

### **B-4.3 (Ligno)Zellulose Bioethanol**

#### Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in den USA konzentrieren sich vorwiegend auf landwirtschaftliche Biomasse, Mais-Ganzpflanzen sind derzeit der Rohstoff der Wahl. Die landwirtschaftliche Erzeugung unterscheidet sich bis zur Ernte kaum von der traditionellen Maisproduktion. Im Gegensatz zur Biogaskette wird möglichst trocken geerntet. Leistungsfähige und kostengünstige Ernte- und Logistikketten einschließlich der Erntetechnik sind erst zu entwickeln.

Die Arbeiten in Dänemark konzentrieren sich auf das landwirtschaftliche Nebenprodukt Stroh. Die erforderliche Logistik und Verfahrenstechnik wurde in den letzten zwei Dekaden zur Versorgung von strohbefeuerten Kraftwerken entwickelt und hat einen sehr hohen Stand erreicht.

Schweden setzt bei den F&E-Arbeiten auf Holz. Dies ist wegen der Holzreichtums Schwedens verständlich. Unter österreichischen Verhältnissen könnte Zelluloseethanol aus Holz bei Papier- und Zellstofffabriken erzeugt werden. Bezüglich der Potentiale von Holzrohstoffen gelten die im Abschnitt „Synthesegaserzeugung“ genannten Überlegungen.

Für die Treibstoff-Logistik und die Verwendung in Fahrzeugen gelten dieselben Überlegungen wie in den Abschnitten zu konventionellen Bioethanol aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen und Ethanol für Flexibel Fuel Fahrzeuge.

## **B-5 Biogas**

#### Herstellung und Rohstoffe

Biogas ist ein methanhaltiges Brenngas, das in einem Gärprozess aus wasserhaltiger Biomasse oder aus organischen Reststoffen hergestellt wird. Neben landwirtschaftlichen Reststoffen (Gülle und Mist) sind Maissilage und organische Reststoffe aus Industrie, Haushalten und Kläranlagen die wichtigsten Rohstoffe.

Organische Stoffe vergären unter Luftabschluss (d.h. unter anaeroben Bedingungen) in einem Behälter aus Stahl oder Beton und es entsteht Biogas, ein Gasgemisch mit etwa 60% Methan (CH<sub>4</sub>) und 40% Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>). Für eine optimale Biogas-Erzeugung ist es notwendig, die Gärsubstanzen auf etwa 35°C (mesophile Betriebsweise) oder etwa 45°C (thermophile Betriebsweise) zu erwärmen und regelmäßig zu durchmischen. Die

nach der Vergärung verbleibenden Stoffe können zur Bodenverbesserung und als Düngemittel eingesetzt werden. Zur Herstellung von 1 Nm<sup>3</sup> Biogas sind etwa 2 bis 3 Kilogramm Maissilage, der tägliche Gülleanfall einer Kuh bzw. von 6 bis 8 Schweinen oder Klärschlamm aus dem Abwasseranfall von etwa 40 bis 50 Einwohnern notwendig. 1 Nm<sup>3</sup> Biogas wiegt etwa 1,2 Kilogramm und hat einen Energieinhalt von etwa 0,65 Nm<sup>3</sup> Erdgas.

### Verwendung

Biogas kann durch Reinigung (hauptsächlich Abtrennung von Kohlendioxid) Erdgasqualität erreichen und in Otto-Motoren eingesetzt werden. Fahrzeuge mit Erdgasmotoren werden bereits serienmäßig von fast allen Automobilherstellern angeboten. Das gereinigte Biogas wird im Fahrzeug in Druckflaschen mit etwa 200 bar gespeichert. Ein höherer Speicherdruck wird zukünftig angestrebt. Gereinigtes Biogas kann mit Erdgas gemischt werden. Derzeit wird Biogas vor allem in stationären Motoren zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt, da hierfür das Biogas nicht gereinigt werden muss.

### Beispiele

Vorraussetzung für den zukünftigen Einsatz von Biogas als Treibstoff ist der Aufbau eines Erdgas-Tankstellennetzes sowie die Verbreitung von Erdgas-Fahrzeugen. Dann könnte aufbereitetes Biogas dezentral ins Erdgasnetz eingespeist oder direkt (aus Gasflaschen) verwendet werden. In Schweden und in der Schweiz wird Biogas bereits in größerem Umfang in Fahrzeugen, insbesondere in öffentlichen Bussen eingesetzt. In Österreich sind bereits die ersten Pilotanlagen zur Aufbereitung von Biogas sowie die Einspeisung in das Erdgasnetz im Demonstrationsbetrieb, z.B. in Pucking, Reitling und Bruck/Leitha.

### Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Rohstoffe sind vergärbare Abfälle jedweder Art sowie landwirtschaftliche Biomasse, die zum Zweck der Energieerzeugung angebaut werden. Derzeit laufen intensive Bemühungen, geeignete Arten und Sorten zu identifizieren und die Bestandsführung so zu optimieren, dass ein maximaler Flächenertrag erzielt wird. Die aus dem EEG resultierenden günstigen wirtschaftlicher Rahmenbedingungen haben zu einem Boom so genannter NAWARO-Anlagen geführt, wobei die Anlagen häufig von engagierten Landwirten selbst betrieben werden. Triebfeder für die Entwicklung ist der Wunsch nach hoher Wertschöpfung am eigenen Betrieb. Die für die landwirtschaftliche Produktion erforderliche Verfahrenstechnik ist bewährt und baut auf der Silagekette auf. Eine Trocknung der Rohstoffe ist nicht erforderlich. Österreichs Landwirte sind bereit und fähig, die erforderlichen Mengen zu erzeugen.

Ähnlich wie beim E85/FFV-System ist die Entwicklung durch nicht-technische Barrieren bestimmt. Für die Verwendung von gereinigtem Biogas in Erdgasqualität gelten dieselben Überlegungen wie für Erdgas als Treibstoff. Die Fahrzeugtechnik ist vorhanden, weltweit sind 5 Mio. Erdgasfahrzeuge im Einsatz. Die OMV hat 1997 die erste Tankstelle in Graz eröffnet, derzeit gibt es in Österreich 31 Erdgastankstellen. Das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und die OMV haben 2006 eine Initiative zur Forcierung von Methantreibstoff vereinbart. Damit

soll durch steuerliche Anreize die Verwendung von Biogas als Treibstoff durch Bereitstellung einer neuen Methangas-Treibstoffsorte mit mindestens 20%-igem Biomethananteil forciert werden. Vorgesehen ist, die technischen Rahmenbedingungen zu erarbeiten und ein Netz von Methangastankstellen aufzubauen.

## **B-6 Synthetische Biotreibstoffe**

### **B-6.1 Einleitung**

Gemeinsames Merkmal synthetischer Treibstoffe ist, dass die Endprodukte durch einen chemischen Umwandlungsschritt gewonnen werden, bei dem die chemische Struktur der Ausgangsstoffe maßgeblich verändert wird. Dies steht im Gegensatz zu bekannten Biotreibstoffen wie Pflanzenölen oder Biodiesel (Rapsmethylester), die im Wesentlichen durch mechanisch-physikalische Methoden gewonnen werden, aber auch im Gegensatz zu konventionellen, fossilen Treibstoffen, die durch Destillation von Rohöl gewonnen werden. Typischerweise werden auch biochemisch gewonnene Treibstoffe, wie Bioethanol, die durch mikrobielle Prozesse bzw. Fermentation gebildet werden, nicht als Synthesetreibstoffe bezeichnet. Vielmehr werden synthetische Treibstoffe typischerweise im Rahmen von thermo-chemischen Prozessen, also durch thermisch induzierte Reaktionen, hergestellt.

Synthesetreibstoffe weisen wichtige produktbezogene Charakteristika auf. Wesentlich ist die vom Rohstoff weitgehend losgelöste Produktqualität, da diese vom Syntheseschritt, nicht aber unmittelbar vom eingesetzten Ausgangsmaterial abhängt. Klarerweise beeinflusst der Rohstoff den Prozess, allerdings sind davon die Ausbeuten sowie die der Synthese vorgeschalteten Schritte betroffen. Da die Produkteigenschaften jedoch von der chemischen Umsetzung abhängen, können konstante Produktqualitäten – wenn auch unter Verwendung im Detail unterschiedlicher Verfahren und zu unterschiedlichen Kosten – bereitgestellt werden. Zudem kann das gesamte Spektrum an Treibstoffen, von Methan über Flüssiggas bis hin zu Otto-, Flugturbinen- und Dieseltreibstoffen abgedeckt werden, indem die Synthesen entsprechend ausgewählt und adaptiert werden.

Die wichtigsten synthetischen Biotreibstoffe sind:

- Biomethanol (auch Ausgangsstoff für Bio-MTBE, Methyl-Tertiär-Butylether)
- Biodimethylether (Bio-DME)
- Fischer-Tropsch (FT)-Diesel
- Synthetic Natural Gas (SNG, synthetisches Erdgas)
- (Bio)Wasserstoff

### **Prozesskette Biomasse – Treibstoff**

Um aus Biomasse Synthesetreibstoffe herzustellen, ist ein mehrstufiges Umwandlungsverfahren erforderlich, das folgende Hauptstufen umfasst:

Rohstoffaufbereitung, Vergasung, Synthesegasaufbereitung, Synthese, Produktgewinnung und -aufarbeitung (Abbildung B- 7).

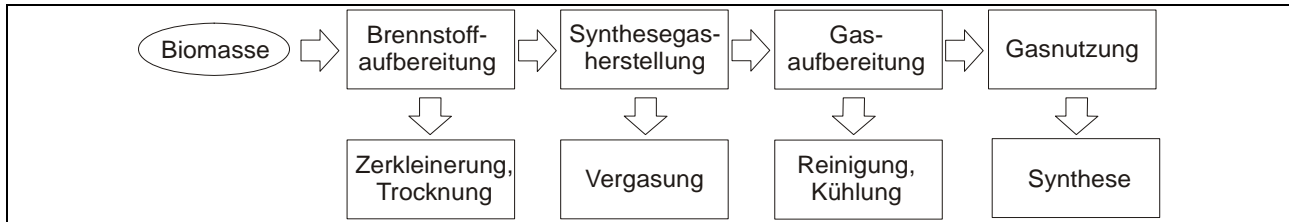


Abbildung B- 7: Verfahrensschritte zur Herstellung von Synthesetreibstoffen aus Biomasse

Die synthetischen Biotreibstoffe werden indirekt aus Synthesegas gewonnen, das über die Vergasung von Biomasse (beispielsweise von Holz) hergestellt wird. Im Synthesegas sind vor allem Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H<sub>2</sub>) enthalten. Durch entsprechende Syntheseverfahren kann die gesamte Bandbreite an Treibstoffen abgedeckt werden. Dementsprechend werden gasförmige Treibstoffe wie BioSNG oder LPG sowie flüssige Treibstoffe (z.B. Fischer-Tropsch Otto- und Dieseltreibstoff, Biomethanol) erzeugt. Diese gasförmigen (»Biomass to gas – BTG«) oder flüssigen (»Biomass to liquid – BTL«) -Treibstoffe können in reiner Form oder in einer Mischung mit anderen Treibstoffen eingesetzt werden, wobei insbesondere Fischer-Tropsch Treibstoffe den Vorteil der unmittelbaren Nutzung bestehender Infrastruktur bieten.

In biomassebasierten Anlagen kann neben der reinen Treibstoffsynthese stets auch Fernwärme sowie bei entsprechender Auslegung des Prozesses elektrischer Strom erzeugt werden (Polygeneration). Dadurch können hohe Gesamtwirkungsgrade von > 80% erreicht werden, was nicht nur eine maximale Brennstoffnutzung sondern auch größtmögliche CO<sub>2</sub>-Einsparungen ermöglicht.

Die Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen wird derzeit in einigen Pilotanlagen getestet. Beispiele dafür sind BTL-Anlagen aus verschiedenen Biomassearten in Freiberg (Deutschland) sowie SNG und FT-Treibstoffe aus Holz in Güssing (Burgenland).

### Verwendung

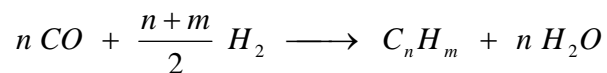
Biomethanol kann Benzin beigemischt werden (maximal 3%) oder dient als Ausgangsprodukt für Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether), der die Klopfestigkeit verbessert. Biomethanol kann auch in Brennstoffzellen eingesetzt werden. 1 Liter Biomethanol hat einen Energieinhalt wie 0,5 Liter Benzin bei einer Dichte von 0,80 kg/Liter. Biodimethylether (Bio-DME) hat einen Energieinhalt von etwa 3,6 kWh/kg und kann in speziell adaptierten Dieselmotoren eingesetzt werden. Bio-DME kann allerdings nicht mit mineralischem Diesel gemischt werden. Fischer-Tropsch(FT)-Diesel ist schwefelfrei und kann in Dieselmotoren eingesetzt werden. Der Energieinhalt ist etwa gleich wie jener von mineralischem Diesel. Synthetisches Erdgas (SNG) hat die Eigenschaften von Erdgas und kann in Gasmotoren wie Erdgas oder aufbereitetes Biogas eingesetzt werden.

## **B-6.2 Fischer-Tropsch (FT-)Treibstoffe**

### Stand der Technik

Die Fischer-Tropsch Synthese wurde bereits 1925 von Franz Fischer und Hans Tropsch in Deutschland zur „Kohleverflüssigung“ entwickelt [6] und erlangte im zweiten Weltkrieg großtechnische Bedeutung [7]. Heute ist die Fischer-Tropsch Synthese durch die Begrenztheit der Rohölvorkommen wieder von Interesse, wobei derzeit vor allem Erdgas als Rohstoff im großen Maßstab Verwendung findet (GTL, gas to liquid).

Die Fischer-Tropsch-Synthese kann als Kettenwachstumsreaktion aufgefasst werden [11], in der aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff langkettige Kohlenwasserstoffe an Metallkatalysatoren erzeugt werden. Die Grundreaktion des stark exothermen Prozesses ist die Umsetzung von CO mittels  $H_2$ .



Basis hierzu ist die Bildung von  $CH_2$ -Bausteinen, aus denen schließlich die länger-kettigen Reaktionsprodukte entstehen. Aus den zahlreichen, im Zuge des Kettenwachstums stattfindenden Primär- und Sekundärreaktionen resultiert eine Vielfalt an Produkten. Neben verzweigten und unverzweigten Paraffinen und Olefinen unterschiedlicher Kettenlänge treten speziell bei Verwendung von Eisenkatalysatoren zusätzlich Sauerstoffverbindungen in kleinen Mengen auf. Neben der nachteiligen, geringeren Selektivität der Reaktion ergibt sich jedoch auch die Möglichkeit, durch gezielte Optimierung nahezu jede Treibstofffraktion – mit variabler Selektivität – herzustellen. Darin liegt ein großer Vorteil der Fischer-Tropsch Synthese, da Treibstoffe mit hervorragenden Eigenschaften erhalten werden können.

Für die Herstellung von Treibstoffen ist grundsätzlich das Fischer-Tropsch Niedertemperaturverfahren zu bevorzugen. Hier findet die Umsetzung bei 200-220°C und 20-30 bar statt [21]. Als Katalysatoren kommen Eisen und Kobalt in Frage, wobei Eisen geringere Kosten, dafür auch typischerweise eine geringere Aktivität und kürzere Lebensdauer aufweist. Wesentlich für die Katalysatorauswahl ist zudem die Tatsache, dass Eisen die Wassergas-Reaktion katalysiert, wodurch auch ein Synthesegas mit einem  $H_2:CO$ -Verhältnis von  $< 2$  eingesetzt werden kann.

### Entwicklungsperspektiven

Aufgrund der hohen Qualität (Schwefelfreiheit, beliebige Mischbarkeit mit konventionellen Treibstoffen) sowie der Möglichkeit, alle aus mineralischen Quellen gewonnenen Treibstoffe von LPG über Benzin, Kerosin und Diesel aus nahezu allen Arten von Biomasse herstellen zu können, kann Fischer-Tropsch Treibstoffen ein sehr hohes Potential zugeschrieben werden.

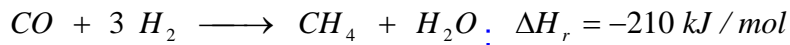
Im Gegensatz zu bestehenden Biotreibstoffen erster Generation kann die Technologie als Schrittmachertechnologie, die zwar gehöriges Potential, aber noch geringe Reife

erlangt hat. Allerdings ist für die nächsten Jahre die Demonstration der Technologie in Österreich geplant, wodurch sich nicht nur ein weiterer Erkenntnisschub, sondern auch die notwendige Überführung in den industriellen Maßstab sowie ein großer Schritt in Richtung Marktreife ergeben würde.

### **B-6.3 Synthetisches Erdgas (SNG)**

#### Stand der Technik

Hauptreaktion der Methanierung ist die stark exotherme Umwandlung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff in Methan.



Um eine Verschiebung des Gleichgewichts zu den Ausgangsstoffen zu vermeiden, ist daher eine effiziente Wärmeabfuhr erforderlich, was durch mehrstufige adiabate Reaktoren oder durch einen Wirbelschichtreaktor mit interner Kühlung erreicht werden kann.

#### Entwicklungsperspektiven

Die Methanierung wird in Kombination mit der Biomasse-Dampfvergasung bereits in Kürze als Demonstrationsprojekt realisiert werden. Ein entsprechendes Demonstrationsprojekt ist bereits im Laufen und in Güssing/Burgenland wird bereits mit dem Detailengineering und den Bauarbeiten begonnen.

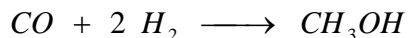
Potential für BioSNG Anlagen ergibt sich zum einen durch die Möglichkeit, das Gas in ein Erdgasnetz einzuspeisen, aber auch darin, an einer entsprechenden Tankstelle erdgasbetriebene Fahrzeuge zu betanken.

Zukünftige Forschungsanstrengungen sind neben der wissenschaftlichen Begleitung der erwähnten Demonstration vor allem in der Vereinfachung der Gasreinigung sowie der Produktaufbereitung zu sehen, um weitere Kostensenkungen zu erreichen.

### **B-6.4 Biomethanol**

#### Stand der Technik

Methanol wird heute üblicherweise nach dem Niederdruckverfahren bei einer Temperatur von 220-300°C und einem Druck von 50-100 bar gewonnen. Die Kernreaktion stellt die teilweise Reduktion von Kohlenmonoxid mit Wasserstoff dar:



Daraus ergibt sich ein optimales H<sub>2</sub>:CO-Verhältnis von 2. Allerdings ist auch das homogene Wassergasgleichgewicht zu beachten, sodass die Gaszusammensetzung idealerweise eine Stöchiometriezahl von 2 ergibt:

$$\text{Stöchiometriezahl } SZ = \frac{[H_2] - [CO_2]}{[CO] + [CO_2]} = 2$$

Kommerziell werden für die Umsetzung Cu-ZnO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Katalysatoren verwendet, mit denen die Nebenproduktbildung (v.a. höhere Alkohole, Kohlenwasserstoffe, Dimethylether) zusammen mit gewissenhafter Temperaturkontrolle hintangehalten werden kann.

Bedeutend ist, dass in einem Durchlauf nur etwa 50 % des Synthesegases umgesetzt werden können, da dann das thermodynamische Gleichgewicht erreicht wird. Zur Erhöhung des Umsatzes ist daher eine Kreislauffahrweise erforderlich, wozu Prozesswasser und Methanol auskondensiert und abgetrennt werden und nicht umgesetztes Synthesegas in den Reaktor rückgeführt wird. So ist eine Maximierung des Umsatzes auf bis zu 99 % - bezogen auf Kohlenmonoxid - möglich.

#### Entwicklungsperspektiven

Potential für die Verwendung von Methanol ergibt sich neben der direkten Verwendung als Treibstoff vor allem hinsichtlich der großen Bandbreite an Folgeprodukten, die von Chemikalien wie Essigsäure oder MTBE bis hin zu hochwertigen Benzintreibstoffen führt. Letztere können nach dem von Mobil entwickelten MTG-Verfahren (Methanol-to-Gasoline) hergestellt werden, was eine potentiell wichtige zukünftige Route zu Ottotreibstoff darstellt.

### **B-6.5 Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)**

#### Stand der Technik

Methyl-tert-butyl-Ether (MTBE) wird technisch in der Raffinerie aus dem im C4-Schnitt der Rohöldestillation enthaltenen Isobuten sowie Methanol gewonnen. Dieser Schritt ist neben der Herstellung des Benzinadditivs MTBE auch für die Auftrennung der Butene von Bedeutung, da Isobuten damit selektiv abgetrennt werden kann.

Da sich das Verfahren zum aus erneuerbaren Rohstoffen produzierten Methanol nicht unterscheidet, ergibt sich diesbezüglich kein Unterschied für BioMTBE.

Isobuten kann nicht einfach aus Biomasse gewonnen werden, da es zwar als Nebenprodukt beispielsweise bei der Fischer-Tropsch Synthese auftritt, dabei aber keineswegs selektiv erhalten wird.

#### Entwicklungsperspektiven

Die Erzeugung von MTBE ist Stand der Technik. Offen ist jedoch, ob und wie das für die Herstellung notwendige Isobuten aus erneuerbaren Rohstoffen selektiv und kostengünstig hergestellt werden soll bzw. kann.



## **B-6.6 Biodimethylether (Bio-DME)**

### Stand der Technik

Die Herstellung von Dimethylether erfolgt durch die Dehydrierung von Methanol:



### *Zweistufenverfahren*

Beim konventionellen Zweistufenprozess des Lurgi-DME-Verfahrens wird die DME-Anlage der Methanolsynthese nachgeschaltet, wobei in diesem Fall ein Synthesegas der Zusammensetzung  $\text{H}_2/\text{CO} = 3,6 \dots 4$  für die Methanolsynthese eingesetzt wird. Diese technologische Anordnung ermöglicht die Einsparung von zwei Destillationsstufen, da nur mehr die Heizgase abgetrennt werden müssen, bevor das Produkt (Methanol mit etwa 20% Wasser) im DME-Festbettreaktor an saurem Aluminiumoxid zu DME umgesetzt werden kann. Die Methanolsynthese und die Dehydrierung verlaufen somit in separaten Reaktoren ab.

Der Umsatz entspricht nahezu dem thermodynamischen Gleichgewicht. Der maximale Umsatz wird bei 250°C und 13 Pa erreicht. Als Nebenprodukte treten  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  und  $\text{H}_2$  in sehr geringen Mengen auf. In der anschließenden Destillationskolonne kann DME am Kopf der Kolonne abgezogen werden.

### *Einstufenverfahren*

Die direkte Herstellung von DME aus Synthesegas über Methanol als Zwischenprodukt wurde in den Jahren 1973-1982 entwickelt

Die Synthese verläuft an einem bifunktionellen Katalysator in einem Slurry Reaktor. Der Katalysator stellt eine physikalische Mischung von kommerziellem Methanol und eines Dehydrierungskatalysators dar, welcher sowohl die Methanol- als auch die DME-Synthese katalysiert. Für die Dehydrierungs- und die Shift-Reaktion kommen saure Dehydrierungskatalysator wie zum Beispiel  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , Silica-Aluminium,  $\text{TiO}_2\text{-ZrO}_2$  und Zeolithe zum Einsatz. Indem Methanol in der Dehydrierungsreaktion zu DME umgewandelt wird, kann das Gleichgewicht fast vollständig auf die Seite der Methanolbildung verschoben werden. Für die Synthese wird ein CO-reiches Synthesegas ( $\text{H}_2/\text{CO} = 1$ ) eingesetzt.

### Entwicklungsperspektiven

DME besitzt eine sehr hohe Cetanzahl und verfügt über nicht-rußende Verbrennungseigenschaften, da es keine Kohlenstoff-Kohlenstoff Bindungen enthält. Durch diese Eigenschaften sowie die im Vergleich zu herkömmlichen Dieseltreibstoffen geringeren  $\text{NO}_x$ -Emissionen ist es als Treibstoff interessant. Trotz dieser Vorteile kann DME nicht als vollständige Dieselalternative sondern nur als Zumischung eingesetzt werden, da es keine natürliche Schmierfähigkeit aufweist, die aber für den Dieselmotor erforderlich ist. Durch das Mischen mit anderen Treibstoffen oder durch Zusatz von

Additiven kann dieses Problem jedoch gelöst werden, sodass sich für DME insgesamt ein großes Potential ergibt.

Allerdings muss festgehalten werden, dass DME-Anlagen aus Biomasse derzeit noch nicht verfügbar sind.

## **B-6.7 Wasserstoff**

### Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Wasserstoff kann aus Synthesegas erzeugt werden. Der Stand der Technik ist wie bei den anderen synthetischen Biotreibstoffen.

Aufgrund der höheren Energiedichte von kohlenstoffhaltigen Biotreibstoffen wird erwartet, dass die Erzeugung von Wasserstoff aus der Vergasung von Biomasse erst dann Bedeutung erlangen könnte, wenn Wasserstoff aus anderen Energiequellen schon eine energiewirtschaftliche Bedeutung erlangt hat.

## **B-7 HTU-Biotreibstoffe**

### Herstellung und Rohstoffe

Die hydrothermische Umwandlung (HTU) ist die Zersetzung von organischen Substanzen in Wasser oder Methanol unter hohem Druck und hoher Temperatur. Durch die Einwirkung von Druck und Temperatur zersetzt sich die organische Substanz, die langkettigen organischen Moleküle werden in kürzere aufgespalten. Abhängig vom Verfahren (Höhe der Druckes bzw. der Temperatur) können aus feuchten organischen Stoffen (Holz, Küchenabfälle, diversen Schlempen, Klärschlamm etc.) eine Reihe von Produkten gewonnen werden. Diese gehen von erdölähnlichen Substanzen (»-Biocrude«) wie beim »Shell-HTU -Process« (HTU = HydroThermal Upgrading, ca. 100 bis 180 bar bei 300–350°C) über diverse Kohlenwasserstoffe (zur Weiterverwertung in Raffineriekolonnen) und Methan (bis zu 55 Vol-% bei ca. 300 bar und 400°C) bis hin zur Produktion von Wasserstoff (bis zu 63 Vol-% bei ca. 300 bar und 700°C, z.B. in der Demonstrationsanlage VERENA im Forschungszentrum Karlsruhe).

### Verwendung

Die Produkte der HTU-Prozesse können zu Treibstoffen (Diesel, Benzin) weiterverarbeitet werden (z.B. mit dem HDO-Verfahren aus Biocrude) oder auch direkt als Treibstoff eingesetzt werden (Methan, Wasserstoff). 1 Kilogramm Biocrude hat einen Energieinhalt von 0,7 bis 0,8 Kilogramm Diesel.

### Beispiele

Die Technik ist noch in Entwicklung. In den Niederlanden gibt es Pläne für eine Demonstrationsanlage mit Inbetriebnahme im Jahr 2007. Durch die Möglichkeit, auch feuchtes und nasses Material ohne besondere Vorbehandlung (Trocknung) einsetzen zu können und durch relativ kompakte Anlagengrößen erscheint HTU-Biotreibstoff viel versprechend.

## Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Die Erzeugung von HTU-Biotreibstoff wurde in einer Demonstrationsanlage in Holland bereits durchgeführt, allerdings wurde die Aufbereitung zu einem mit Benzin oder Diesel vergleichbaren Biotreibstoff bisher großtechnisch nicht demonstriert. Diese Aufbereitung könnte ähnlich günstig wie die Erzeugung von hydriertem Biodiesel in konventionelle Erdöl-Raffinerien integriert werden. Zukünftige Entwicklungen werden zeigen, ob feuchte Biomasse zukünftig zur Erzeugung von HTU-Biotreibstoff oder doch von Biogas eingesetzt werden können.

## **B-8 Biobutanol**

Biobutanol kann grundsätzlich aus den gleichen Rohstoffen wie Bioethanol erzeugt werden, allerdings werden bei der Fermentation andere Hefen eingesetzt, die neben Butanol immer auch Aceton erzeugen. Neue Entwicklungen zielen darauf hin, nur mehr Butanol zu erzeugen. Die Umwandlungseffizienz ist bei Butanol geringer als bei Bioethanol. Daher sind auch die Produktionskosten von Butanol höher. Derzeit erscheint Butanol im Vergleich zu Bioethanol weniger interessant, da zwar die gleichen Rohstoffe eingesetzt werden, jedoch die Produktionskosten deutlich höher sind als bei Bioethanol.

## **B-9 Bioöl**

### Herstellung und Rohstoffe

Neben den zuvor beschriebenen Biotreibstoffen gibt es noch pyrolytisch erzeugte Biotreibstoffe. Je nachdem bei welchen thermischen Bedingungen und mit welchen Katalysatoren die Biomasse in der Pyrolyse umgewandelt wird, entstehen unterschiedliche Pyrolyseöle. Die Pyrolyseöle haben einen Heizwert von 12 – 17 MJ/kg und beinhalten neben flüssigen und festen Kohlenwasserstoffverbindungen auch noch Sauerstoff und Wasser. Daher ist der direkte Einsatz von Pyrolyse nur in großen stationären Dieselmotoren möglich. Für den Einsatz in Fahrzeugmotoren muss das Pyrolyseöl raffiniert werden, d.h. durch Einsatz von Wasserstoff werden der Sauerstoff und das Wasser entfernt.

Als Rohstoffe können unterschiedliche Biomassen herangezogen werden, die allerdings für die Pyrolyse fein gemahlen und sehr trocken sein müssen, was die Brennstoffaufbereitung aufwändig macht.

### Verwendung

Unaufbereitetes Pyrolyseöl enthält noch etwa 20 – 30% Wasser und kann daher nur in stationären Großdieselmotoren meist in Mischung mit Diesel eingesetzt werden. Für den Einsatz in Fahrzeugmotoren muss das Pyrolyseöl noch aufbereitet werden, um dieselbe Kraftstoffqualität wie z.B. Diesel zu erreichen.

## Beispiele

International gibt es neben einigen Pilotanlagen schon erste kommerzielle Anlagen, z.B. in Kanada. Diese Anlage erzeugt aber nur unaufbereitetes Pyrolyseöl, das als Ersatz von (schwerem) Heizöl in Kesselanlagen eingesetzt wird.

## Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Derzeit laufen Aktivitäten um Pyrolyseöl in konventionellen Erdölraffinerien zu integrieren. Derzeit wird aber Pyrolyseöl entweder als Zwischenprodukt vor der Vergasung zur Erzeugung von synthetischen Biotreibstoffen (siehe oben) erzeugt oder als flüssiger Biobrennstoff zur stationären Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt.

## **B-10 Biowasserstoff**

Biowasserstoff kann in der Photolyse durch biochemische Prozesse erzeugt werden. Bei der Photolyse werden die biologische und photoelektrochemische Wasserstoffherzeugung unterschieden.

In der biologischen Wasserstoffherzeugung spalten Bakterien mit Hilfe von Licht Wasser oder wandeln Zucker fermentativ in Wasserstoff um. Derzeit werden beide Verfahren im Labormaßstab untersucht, wobei auch deren Kombinationen untersucht werden. Es wird eine Umwandlungseffizienz von Sonnenlicht zu Wasserstoff von etwa 10% für technische Anwendungen angestrebt.

Ein photoelektrochemisches System besteht aus einem photoaktiven halbleitenden Material in Verbindung mit einem flüssigen Elektrolyten, die die Funktion einer photovoltaischen Stromerzeugung und der Elektrolyse von Wasser in einem System vereinen. Durch das einfallende Licht wird elektrische Energie erzeugt, mit der Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten wird. Die Entwicklungen werden derzeit im Labormaßstab durchgeführt, wobei Effizienzen von etwa 4,5% im stabilen Zustand und maximal 12,4% im instabilen Zustand realisiert werden. Das Entwicklungsziel liegt bei einer Effizienz von 10%.

Da die photolytischen Verfahren erst im Labormaßstab entwickelt werden, wird der kommerzielle Einsatz erst langfristig möglich sein.

## **B-11 Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung**

### Herstellung und Rohstoffe

In den Direktverflüssigungsverfahren erfolgt die Umwandlung der organischen Materialien in flüssige Brennstoffe durch Depolymerisationsverfahren (Cracken). Die Reaktionsbedingungen werden so gewählt, dass die Depolymerisation von langkettigen Kohlenwasserstoffmolekülen in kürzere Molekülketten optimiert wird. Die Reaktionsprodukte sind: Kohlenstoff/Kohle, Wasser, nicht kondensierbare Gase (CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> etc.) und Öle. Die verbesserten Reaktionsbedingungen erhöhen die Ausbeute der Ölphase und erzeugen möglichst geringe Fraktionen der anderen

Umwandlungsprodukte. Die Cracking-Reaktionen können nur stattfinden, wenn dem System eine Energiemenge zugeführt wird, welche über der Aktivierungsenergie der Moleküle liegt. Ein Überschuss an Energie führt zu weiteren Depolymerisationsreaktionen, wodurch mehr Kohle produziert wird, da die Herstellung der Kohlenwasserstoffe mit spezifischen Kettenlängen nicht kontrollierbar ist.

Wird Biomasse als Ausgangsmaterial in einem Direktverflüssigungsverfahren eingesetzt, ist das wichtigste Ziel einen Brennstoff mit einem guten C/H/O Verhältnis zu erhalten, da die Biomasse einen hohen Anteil an Sauerstoff enthält. Der Sauerstoff wird dabei während der Reaktion bevorzugt als Wasser aus dem Ausgangsmaterial entfernt, da bei einer Abtrennung als CO<sub>2</sub> Kohlenstoff verloren gehen würde. Die Hydrierungsreaktionen können stattfinden, wenn Wasserstoff entweder als Nachbehandlungsschritt den produzierten flüssigen Brennstoffen oder direkt dem Cracking Prozess zugeführt wird. Das Vorhandensein von Wasserstoff während der Verflüssigungsreaktion führt zu qualitativ höherwertigen flüssigen Brennstoffen.

Werden Katalysatoren in Direktverflüssigungsverfahren eingesetzt, können die Depolymerisationsreaktionen in weniger intensiven Reaktionsbedingungen hinsichtlich Temperatur und Druck stattfinden, da das Vorhandensein der Katalysatoren die Aktivierungsenergie der zu depolymerisierenden Moleküle herabsetzt. Katalysatoren enthalten aktive Stellen (saure und/oder basische) an denen sich die Reaktanden anlagern können und die Cracking Reaktionen ablaufen. Kristalline, feste Katalysatoren bieten auch eine poröse Struktur, in welche sowohl Reaktanden als auch Produkte ein- und ausdiffundieren können. Damit wird die Selektivität der Reaktanden-Zwischenprodukte-Endprodukte ermöglicht.

Die Qualität und Quantität der produzierten flüssigen Brennstoffe ist eine Funktion des Ausgangsstoffes und der Reaktionsparameter, die für jeden Fall optimiert werden müssen. Direktverflüssigungsverfahren bieten den Vorteil, flüssige Brennstoffe direkt herstellen zu können.

Die Direktverflüssigungstechnologien sind:

- KDV – Katalytische Drucklose Verölung
- KNV – Katalytische Niederdruck Verölung (In diesem Bericht wird der Begriff KNV für den Pilotmaßstab der KDV Anlage verwendet)
- DoS – Direktverflüssigung von organischen Stoffen

KDV und KNV wandeln organische Materialien durch die Verwendung von Katalysatoren und niederem Druck in flüssige Brennstoffe um, während bei dem DoS Prozess hoher Druck, ggf. unterstützt durch Katalysatoren, verwendet wird, um die Cracking Reaktionen zu ermöglichen. Im Folgenden werden die Prozesse detaillierter erläutert.

Als Rohstoffe können unterschiedliche Biomassen eingesetzt werden.

## Stand der Technik und Entwicklungsperspektiven

Diese Verfahren befinden sich in der Entwicklung und es gibt international einige Versuchsanlagen. Die Zukunft wird zeigen, ob die Direktverflüssigung in Konkurrenz zu den anderen Verfahren der Biotreibstoff-Erzeugung Erfolg haben wird.

## **B-12 Zusammenfassung Stand der Technik**

In Tabelle 1 wird der Stand der Technik zur Erzeugung Biotreibstoff zusammenfassend dargestellt.

**Tabelle 1: Zusammenfassung Stand der Technik der Biotreibstoffherzeugung**

Biotreibstoff kommerz	ieill	Demo-anlage	Pilot-anlage	Labor-anlage	Anmerkung
Reines Pflanzenöl	x				
Biodiesel					
Konventioneller Biodiesel	x				
Hydro-treated Biodiesel	x				Neste Oy (FIN)
Bioethanol					
Konventionelles Bioethanol	x				
(Ligno)Zellulose Bioethanol			x		SEKAB (S), IOGEN (CA), Abengoa (ES)
Bio-ETBE (Ethyl-Tertiär-Butylether)	x				
Biogas	x3)		x2)		
Synthetische Biotreibstoffe					
Fischer-Tropsch (FT-)Treibstoff			x	x	COREN, Güssing
Synthetisches Erdgas (SNG)		x	x		Güssing bzw. Oberwart
Biomethanol					
Bio-MTBE (Methyl-Tertiär-Butylether)					
Biodimethylether (Bio-DME)			x		CHEMREC, Vernamö Schweden
Wasserstoff			x		„Blauer Turm“ Deutschland
Biowasserstoff				x	
Pyrolyseöl					
Bioöl			x 1)		
Aufbereitetes Bioöl				x	
Biobutanol					
Konventionelles Biobutanol					
(Ligno)Zellulose Biobutanol					
HTU-Biotreibstoff			x		TNO (NL)
KNV-Biotreibstoff			x		Bisher lückenhafte Informationen

- 1) keine Produkthanwendung in Fahrzeugmotoren, nur Ersatz von Heizöl in Kesselanlagen
- 2) Aufbereitung zu Erdgas-Qualität
- 3) Biogaserzeugung für Einsatz in BHKW zur Strom- und Wärmeerzeugung





# **Anhang C: Mittel- und langfristig verfügbare Rohstoffpotentiale**

## **Inhalt**

C-1	Übersicht.....	2
C-1.1	Biotreibstoffproduktion in Österreich.....	2
C-1.2	Biotreibstoffbedarf in Österreich .....	3
C-2	Landwirtschaft.....	5
C-2.1	Aktuelle Produktion.....	5
C-2.2	Ausgangssituation .....	9
C-2.3	Ergebnisse nationaler Studien.....	10
C-2.4	Ergebnisse europäischer Studien.....	15
C-3	Flächenbedarf Österreichs für Biotreibstoffe.....	17
C-4	Wettbewerb um Rohstoffe und Flächen.....	19
C-5	Realistische Einschätzung von Flächen und Mengen; nutzbares Potential .....	19
C-6	Zusammenfassung .....	21
C-7	Referenzen .....	23

## C-1 Übersicht

### C-1.1 Biotreibstoffproduktion in Österreich

Derzeit werden in Österreich an Biotreibstoffen reines Pflanzenöl, Biodiesel und Biogas hergestellt; eine Anlage zur Produktion von Bioethanol ist derzeit in Bau.

Reines Pflanzenöl als Transporttreibstoff spielt derzeit in Österreich nur eine untergeordnete Rolle. 2004/2005 wurden in Österreich ca. 140.000 t Pflanzenöl hergestellt und ca. 60.000 t importiert (Statistik Austria Versorgungsbilanzen 2006). Da reines Pflanzenöl an öffentlichen Tankstellen nicht zum Kauf angeboten wird, liegen keine Zahlen zur als Transporttreibstoff verwendeten Menge vor.

Biodiesel wird derzeit im Ausmaß von 5% v/v dem Dieselmotortreibstoff beigemischt. Daraus ergibt sich für das Jahr 2006 ein geschätzter Biodiesel-Bedarf von 300 000 t (Salchenegger et al. 2006). Wie in Tabelle C- 1 zu sehen, steigen die österreichischen Produktionskapazitäten für Biodiesel rasant: Im Jahr 2004 lag die Produktionskapazität bei ca. 87.000 t/a, derzeit beträgt sie ca. 197.000 t/a, und ein weiterer Ausbau auf über 1 Mio. t/a im Jahr 2008 ist geplant (WKO 2006). Die tatsächliche Produktion von Biodiesel im Jahr 2005 betrug ca. 70.000 t (Salchenegger et al. 2006).

Tabelle C- 1: Biodieselproduktionskapazitäten in Österreich (WKO 2006)

2004	Produktionskapazität in t/a			Schätzung	
		2005	2006	2007	2008
Biodiesel Enns GmbH	0	0	0	80.000	100.000
Biodiesel Kärnten GmbH	25.000	25.000	50.000	50.000	50.000
Bio-Diesel Raffinerie GmbH (Zistersdorf)	20.000	20.000	25.000	25.000	25.000
BioDiesel Technologies GmbH (Güssing)	500	2.400	15.000	15.000	15.000
Biodiesel Vienna GmbH (Lobau)	0	0	40.000	95.000	400.000
Bioenergy GesmbH (Wöllersdorf) Energy Biodiesel	7.000	7.000	20.000	40.000	40.000
F.Leitner Mineralöle GmbH (Graz)	0	0	10.000	10.000	10.000
Novaol Austria GmbH Ölmühle Bruck GmbH	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
PPM (Asperhofen) Energie aus nachwachsenden Rohstoffen GmbH	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
RME reg GenmbH (Starrein)	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
SEEG Mureck reg. Gen.m.b.H.	6.000	9.000	9.000	20.000	20.000
ABID Biotreibstoffe	0	0	0	50.000	100.000
Biodiesel Krems	0	0	0	25.000	50.000
SBU (Donauhafen Krems)	0	0	0	0	200.000
<b>Summe</b>	<b>86.500</b>	<b>91.400</b>	<b>197.000</b>	<b>388.000</b>	<b>1.038.000</b>

An Biogas wurden in Österreich im Jahr 2005 mehr als 222 Mio. Kubikmeter erzeugt. Annähernd 100% davon wurden jedoch direkt beim Produzenten verstromt. An einer zukünftigen Verwendung als Transporttreibstoff besteht Interesse (Salchenegger et al. 2006).

Bioethanol wird derzeit in Österreich nicht produziert; eine Anlage mit einer Jahreskapazität von 160 000 t/a ist jedoch in Bau und wird voraussichtlich Oktober 2007 in Betrieb gehen. (Salchenegger et al. 2006).

### **C-1.2 Biotreibstoffbedarf in Österreich**

Die EU Direktive zu Biokraftstoffen 2003/30/EG forderte die Mitgliedsstaaten dazu auf, mit Ende des Jahres 2005 einen Marktanteil von 2 % Biotreibstoffen gemessen am

Energieinhalt zu erreichen, und mit Ende 2010 einen Marktanteil von 5,75 %. Diese Richtlinie musste in nationales Recht umgewandelt werden.

Österreich hat dies mit der Änderung der Kraftstoffverordnung 1999 im BGBl. II, Nr. 417/2004 getan, und dabei noch engagiertere Ziele angegeben. Die geänderte Kraftstoffverordnung verpflichtet diejenigen, die Kraftstoffe in Verkehr bringen, zur Substitution von spezifizierten Anteilen der Kraftstoffe (gemessen am Energieinhalt) durch Biokraftstoffe, und zwar:

- 2,5 % ab 1.10.2005
- 4,3 % ab 1.10.2007
- 5,75 % ab 1.10.2008.

Die Ziele der Richtlinie sollen also schon 2 Jahre früher erreicht werden.

Ausgehend von einer Abschätzung des Kraftstoffverbrauchs in Österreich im Jahr 2010 (Pölz et al. 2003) kann man den voraussichtlichen Bedarf an Kraftstoffen in Österreich mit ca. 380 PJ beziffern, wobei die Umrechnung über die Heizwerte erfolgt.

Tabelle C- 2: Kraftstoffbedarf in Österreich im Jahr 2010, Schätzung (Pölz et al. 2003)

	<b>Bedarf 2010</b>	<b>Heizwert</b>	<b>Bedarf 2010</b>
	t	kWh/kg	PJ
Benzin	1,800.000	11,59	75
Diesel	7,200.000	11,78	305
<b>Gesamt</b>	<b>9,000.000</b>		<b>380</b>

Im Jahr 2010 sollen hiervon 5,75 %, also ca. 22 PJ, durch Biokraftstoffe bereitgestellt werden. Sollen Benzin und Diesel zu jeweils 5,75 % durch Bioethanol bzw. Biodiesel substituiert werden, so benötigt man hierfür ca. 160.000 t Bioethanol und 475.000 t Biodiesel.

## C-2 Landwirtschaft

### C-2.1 Aktuelle Produktion

Im Jahr 2005 wurden in Österreich auf ca. 862.000 ha potentielle Rohstoffe zur Erzeugung von Biodiesel und Ethanol angebaut. Der Großteil dieser Rohstoffe findet in der menschlichen und tierischen Ernährung Verwendung; nur ein kleiner Teil wird tatsächlich zur Herstellung von Biotreibstoffen genutzt. Tabelle C- 3 gibt eine Übersicht über die Entwicklung der letzten Jahre:

*Tabelle C- 3: Landwirtschaftliche Produktion von Rohstoffen für Biodiesel und Ethanol (Statistik Austria Ackerland 2006, Statistik Austria Feldfruchternte 2004, Statistik Austria Feldfruchternte 2005, Statistik Austria Feldfruchternte 2006)*

Feldfrüchte [ha]	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Raps	56.098	55.383	44.035	35.284	35.251	
Sonnenblumen	20.329	21.381	25.748	28.988	30.179	
Sojabohnen	16.336	13.995	15.463	17.864	21.429	
Zuckerrübe	-	-	43.223	44.737	44.690	39.075
Weichweizen (einschl. Dinkel)	-	272.524	255.275	272.508	273.500	
Hartweizen	12.034	12.577	16.725	17.666	15.460	
Roggen	51.219	47.145	40.003	45.664	42.847	
Gerste	217.473	200.948	212.308	191.333	191.740	
Triticale	31.189	37.621	40.652	43.082	39.452	
Körnermais	171.420	172.230	173.306	178.702	167.226	
<b>Fläche Gesamt</b>	<b>576.098</b>	<b>833.804</b>	<b>866.738</b>	<b>875.828</b>	<b>861.774</b>	

In den folgenden Tabellen (Tabelle C- 4, Tabelle C- 5, Tabelle C- 6, Tabelle C- 7,

Tabelle C- 8, Tabelle C- 9) werden Rohstoffe zur Erzeugung von Biodiesel und Ethanol bilanziert. Hierbei wird zwischen der heimischen Produktion (Erzeugung) und der im Inland verwendeten Mengen (Inlandsverwendung) unterschieden. Die Inlandsverwendung ist die im Inland erzeugte Menge vermehrt um die eingeführte Menge, vermindert um die ausgeführte Menge und vermindert um die Bestandsveränderung.

Tabelle C- 4: Versorgungsbilanz für Raps und Rübsen (AMA 2006)

Raps und Rübsen [t]	<b>2001/02 2002/0</b>	<b>3</b>	<b>2003/04 2004/0</b>	<b>5</b>
<b>Erzeugung</b>	146.525	128.647	77.720	120.815
<b>Inlandsverwendung</b>	191.856	146.989	124.021	239.495
Futter	553	618	800	603
Saat	224	176	141	141
Verarbeitung	183.143	141.706	120.508	236.064
Verluste	7936	4.489	2.572	2.687

Tabelle C- 5: Versorgungsbilanz für Sonnenblumenkerne (AMA 2006)

Sonnenblumenkerne [t]	<b>2001/02 2002/0</b>	<b>3 2003/0</b>	<b>4 2004/0</b>	<b>5</b>
<b>Erzeugung</b>	50.566	58.476	71.010	77.925
<b>Inlandsverwendung</b>	106.605	121.207	148.546	95.662
Futter	16.962	10.736	4.422	3.816
Saat	112	142	159	166
Verarbeitung	86.014	106.575	139.835	87.621
Verluste	1.517	1.754	2.130	1.559
Nahrungsverbrauch	2.000	2.000	2.000	2.500

Tabelle C- 6: Versorgungsbilanz für Sojabohnen (AMA 2006)

Sojabohnen [t]	<b>2001/02 2002/0</b>	<b>3 2003/0</b>	<b>4 2004/0</b>	<b>5</b>
<b>Erzeugung</b>	33.874	35.329	39.465	44.824
<b>Inlandsverwendung</b>	37.865	36.889	31.847	41.685
Futter	25.621	26.015	20.342	30.197
Saat	1.307	1.237	1.429	2.143
Verarbeitung	-	-	-	3.000
Verluste	1.016	1.060	1.184	1.345
Nahrungsverbrauch	9.921	8.577	8.892	5.000

*Tabelle C- 7: Versorgungsbilanz für Pflanzenöle (Statistik Austria Versorgungsbilanzen 2006)*

Pflanzliche Öle [t]	<b>2001/02 2002/0</b>	<b>3 2003/0</b>	<b>4 2004/0</b>	<b>5</b>
<b>Erzeugung</b>	116.916	110.773	113.829	138.394
<b>Inlandsverwendung</b>	193.356	189.330	191.827	199.668
Futter	4.000	4.000	6.000	6.000
Verarbeitung	69.382	62.352	50.325	49.316
Industrie	22.221	24.731	33.611	37.888
Verluste	6.153	5.747	5.892	7.964
Nahrungsverbrauch	91.600	92.500	96.000	98.500



*Tabelle C- 8: Versorgungsbilanz für Getreide und Körnermais (Statistik Austria Versorgungsbilanzen 2006)*

Getreide/Körnermais [t]	Weizen <sup>1</sup>	Roggen	Gerste	Triticale	Körnermais	Getreide gesamt
<b>Erzeugung</b>	1.718.824	213.478	1.006.742	235.685	1.944.882	5.119.611
<b>Inlandsverwendung</b>	1.151.747	220.965	1.024.744	239.630	2.264.833	4.901.919
Futter	453.697	98.161	776.740	219.762	1.555.843	3.104.203
Saat	52.322	6.427	35.335	7.324	8.381	109.789
Ind. Verwertung	10.170	1.200	177.076	-	475.714	664.160
Verluste	24.252	5.145	32.534	12.545	74.436	148.912
Nahrungverbrauch	611.305	110.031	3.059	-	150.459	874.854

*Tabelle C- 9: Produktion von Zuckerrüben (Statistik Austria Feldfruchternte 2004, Statistik Austria Feldfruchternte 2005, Statistik Austria Feldfruchternte 2006)*

Zuckerrüben	2003	2004	2005	2006
Anbaufläche [ha]	43.223		44.737	44.690
Ernte [t]	2.485.386		2.901.902	3.083.792
				2.602.515 <sup>2</sup>

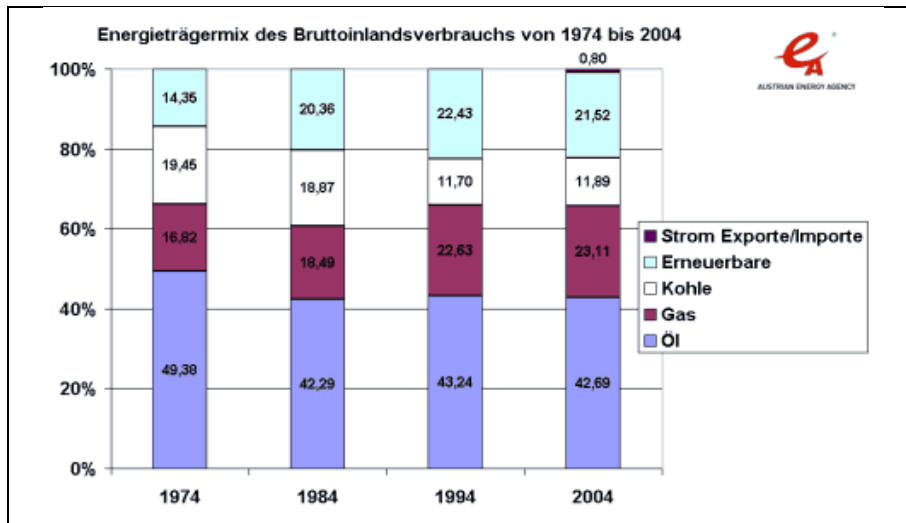
### **C-2.2 Ausgangssituation**

Die Substitution eines Teils der fossilen Energieträger durch erneuerbare Energie wird seit der Energiekrise 1973 in Österreich angestrebt. Tatsächlich konnte der Anteil der erneuerbaren Energieträger am Gesamtenergieaufkommen von 14 % im Jahr 1974 auf fast 22 % im Jahr 2004 gesteigert werden.

---

<sup>1</sup> Weich- und Hartweizen

<sup>2</sup> Vorläufige Schätzung



Quelle: <http://www.energyagency.at/enz/res-dat.htm>

**Abbildung C- 1: Energieträgermix des Bruttoinlandsverbrauchs**

Die Bereitstellung von Energie aus Biomasse ist durch die Verfügbarkeit der Rohstoffe und durch die Verfügbarkeit von Technologien und Anlagen zur Umwandlung beschränkt. In den folgenden Abschnitten wird auf die Verfügbarkeit von Biomasse als Rohstoff zur Energiebereitstellung eingegangen. Die genannten Potentiale beziehen sich auf die Möglichkeit zur energetischen Verwertung; es wird jedoch nicht zwischen den Energiebereitstellungsformen Wärme, Strom und Transporttreibstoff unterschieden, die um die Nutzung der verfügbaren Biomasse konkurrieren.

### **C-2.3 Ergebnisse nationaler Studien**

#### Studie für den Verband der Elektrizitätswerke aus dem Jahr 1990

A. Schmidt hat 1990 in einer Studie für den Verband der Elektrizitätswerke Österreichs und die Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammern Österreichs (Schmidt et al. 1990) die Biomassepotentiale Österreichs erhoben. Im Jahr 1990 wurden rund 57 PJ an Brennholz und fast 26 PJ brennbare Abfälle energetisch genutzt. Das mittelfristige Potential (im Jahr 1990 bereits zur Verfügung stehende aber noch nicht genutzte Mengen) wird mit 18 – 27 PJ Stroh und 36 – 50 PJ Brennholz, plus mittelfristig nutzbare Energiepflanzen von 6 – 13 PJ beziffert. Als langfristiges Potential nennt Schmidt 65 PJ aus Energiepflanzen, die auf den für die Nahrungsmittelproduktion nicht erforderlichen landwirtschaftlichen Nutzflächen von ca. 170.000 ha angebaut werden könnten (Annahmen: Ertrag 25 t/ha, Heizwert 15 MJ/kg); und weitere 65 PJ aus der voraussehbaren Ertragssteigerung der Produktion. Zusammen ergibt sich ein Potential von 300 PJ heimischer Biomasse, das einer energetischen Nutzung zugeführt werden könnte (siehe Tabelle C- 10).

Tabelle C- 10: Potential der heimischen Biomasse

<b>Derzeit (1990):</b>	Brennholz	57 PJ	
	Brennbare Abfälle	26 PJ	
	Summe:		<b>80 PJ</b>
<b>Mittelfristig:</b>	Stroh	18 – 27 PJ	
	Brennholz	36 – 50 PJ	
	Energiepflanzen	6 – 13 PJ	
	Summe:		<b>90 PJ</b>
<b>Langfristig (bis 2005):</b>	Energiepflanzen	65 PJ	
	Ertragssteigerung	65 PJ	
	Summe:		<b>130 PJ</b>
<b>Gesamt:</b>			<b>300 PJ</b>

Quelle: Schmidt et al. 1990

Abschätzung realistischer Potentiale durch die BLT

Aus dem Jahr 2000 stammt eine Abschätzung von Rathbauer (Rathbauer 2000), in der untersucht wird, ob genügend Biomasse verfügbar ist, um die im Jahr 2000 aus Biomasse bereitgestellte Energiemenge von 144 PJ bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln. Die Abschätzung (siehe Tabelle C- 11) listet die im Jahr 2000 energetisch verwerteten Mengen, die theoretischen Potentiale und ambitionierte, aber unter realistischen Bedingungen zu verwirklichenden Energiemengen für die unterschiedlichen Rohstoffe auf.

Tabelle C- 11: Verfügbares Potential an Biomasse zur energetischen Verwertung

	<b>Derzeitige (2000) Energienmenge in PJ</b>	<b>Theoretisches Potential in PJ</b>	<b>Realistisches Potential in 2010 in PJ</b>
Forstliche Biomasse inkl. Rinde und Sägenebenprodukte	115,1	175,1	150,0
Agrarische Rückstände und Baumschnitt	1,2	19,0	9,5
Ablaugen	18,6	18,6	18,6
Abbruchholz	0,7	7,2	3,6
Energiepflanzen (z. B. Raps, Sonnenblume, Energiegetreide)	1,3	25,0	4,2
Kurzumtriebsholz	0,0	6,0	0,7
Tierische Exkrememente	0,1	16,2	0,4
Kommunale feste Abfälle	6,5	10,5	8,4
Organische Reststoffe der Industrie	0,4	24,0	5,0
Klärschlamm	0,4	1,9	1,0
<b>Gesamtsumme 144,4</b>		<b>303,5</b>	<b>201,4</b>

Quelle: Rathbauer 2000

Abschätzung durch die Landwirtschaftskammer Österreich

Die ARGE brainbows/lk-projekt, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, erstellte im Jahr 2007 die Studie „Biomasse-Ressourcenpotenzial in Österreich“. Ziel der Studie war, das Ressourcenpotential der in Österreich verfügbaren Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft zu ermitteln. Die Entwicklung wurde in 3 Szenarien jeweils für die Jahre 2010 und 2020 dargestellt. Im Referenzszenario wird die derzeitige Entwicklung fortgeschrieben, im Biomasseszenario kommt es zu einer wesentlich intensiveren Nutzung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen für die Erzeugung von Bioenergie. Im Umweltszenario wird der Trend in Richtung ökologischer Landwirtschaft stärker betont.

In den drei Szenarien stehen in den Jahren 2010 bzw. 2020 folgende landwirtschaftliche Flächen zur Biomasseproduktion zur Verfügung:

Tabelle C- 12: Landwirtschaftliche Flächenpotentiale in Österreich 2010 und 2020

[ha]	2010	2020
Referenzszenario	<b>134.000 – 198000</b>	<b>bis 323.000</b>
Umweltszenario	<b>79.000 – 140.000</b>	<b>bis 201.000</b>
Biomasseszzenario	<b>213.000 – 279.000</b>	<b>bis 456.000</b>

Quelle: Brainbows 2007

### Strohaufkommen für eine energetische Nutzung

Das Strohaufkommen in Österreich wurde von H. Dissemmond in einer Dissertation an der Universität für Bodenkultur untersucht. Der besondere Wert der Arbeit liegt in der räumlichen und zeitlichen Analyse von Angebot und Nachfrage. Die Bilanzierung erfolgte auf Daten der Ernte 1992. Ein hohes Energiestrohpotential wies Niederösterreich mit 250 000 t auf. Weitere positive Strohbilanzen wurden für das Burgenland mit 70 000 t und für Oberösterreich mit 35 000 t ermittelt. Bei einer Rückkehr zu bekannten Getreidesorten mit höherem Strohanteil kann bei den Anbauflächen von 1992 eine um mindestens 600 000 t höhere Strohernte, in guten Erntejahren sogar über 1 Mio. t erwartet werden. Bei angemessenem Preis und gesichertem Absatz ist ein großer Teil der Landwirte bereit, Getreide mit höherem Strohanteil anzubauen und für die Erzeugung von Energie anzuliefern.

### Forstwirtschaftliches Potential

In einer 2006 vom WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforsten durchgeführten Studie (Hirschberger et al. 2006) wird der jährliche Zuwachs im Ertragswald mit 31,3 Millionen Vorratsfestmeter (Vfm) beziffert, wovon 18,8 Millionen Vfm (ca. 150 PJ) genutzt werden. Rund 12,5 Millionen Vfm bleiben ungenutzt im Wald und stünden theoretisch als Biomassepotential zur Verfügung.

Für eine realistische Einschätzung des Potenzials muss die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden. Hirschberger kommt zum Ergebnis, dass unter entsprechenden Voraussetzungen aus dem ungenutzten Zuwachs ein nachhaltiges Biomassepotential von 5,2 Mio Erntefestmeter (Efm) entsprechend 41,6 PJ Energie zur Verfügung stünde. Die Mobilisierung dieser Holzreserven ist allerdings besonders im Kleinprivatwald mit großen Schwierigkeiten verbunden, die in der Studie näher erörtert werden.

Tabelle C- 13: Biomassepotential einschließlich Sägenebenprodukte in 1000 Erntefestmeter

<b>Sortiment Kleinprivatwald</b>	<b>ald</b>	<b>Betriebe</b>	<b>Gesamt</b>
Industrieholz	596	163	<b>759</b>
Brennholz	2.782	64	<b>2.846</b>
Sägenebenprodukte	1.053	174	<b>1.227</b>
Rinde	346	57	<b>404</b>
<b>Gesamt</b>	<b>4.777</b>	<b>458</b>	<b>5.235</b>

Quelle: Hirschberger et al. 2006

### Reststoffe aus Industrie, Gewerbe und Haushalten

Reisinger erhob 1997 die nutzbaren Reststoffmengen aus Industrie, Gewerbe und Haushalten (Reisinger 1997). Er ging bei seinen Berechnungen davon aus, dass nur diejenigen Reststoffe für eine energetische Verwertung zur Verfügung stünden, die nicht einer stofflichen Verwertung zugeführt werden. Demnach waren die nutzbaren Mengen aus der Papier- und Zellstoffindustrie, der Holzverarbeitenden Industrie, dem Holzverarbeitenden Gewerbe, der Sägeindustrie und der Textilindustrie gering (0,7 PJ), da die anfallenden Mengen bereits stofflich oder thermisch verwertet wurden.

Aus der Nahrungs- und Genussmittelindustrie fielen im Jahr 1997 1,7 PJ an ungenutzten Reststoffen an. Die Landwirtschaft generierte Reststoffe mit einem Energieinhalt von ca. 45 PJ hauptsächlich in Form tierischer Exkremente, die in Biogasanlagen genutzt werden könnten. In der Forstwirtschaft fiel als Reststoff der Schlagerücklass mit einer Menge von 2,8 Mio. Festmeter (fm) an. Hiervon könnten jedoch nur 0,9 Mio fm entsprechend einer Energie von 6,5 PJ sinnvoll eingebracht werden. Kommunale Abfälle wurden 1997 zum Großteil deponiert und stünden im Ausmaß von ca. 12 PJ zur energetischen Nutzung zur Verfügung. Insgesamt ergab sich ein Potential von 66 PJ an Reststoffen zur energetischen Verwertung (siehe Tabelle C- 14).

*Tabelle C- 14: Energetisch nutzbare Reststoffe aus Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Haushalten*

Branche	Nutzbare Menge in 1000 t	Energieinhalt in PJ	Energieanteil an Summe IGH in %	Energieanteil an Gesamtsumme in %
Zellstoffindustrie	163	0,5	3	1
Holzverarbeitende Industrie	15	0,1	1	0
Holzverarbeitendes Gewerbe	3	0,1	0	0
Sägeindustrie	0	0,0	0	0
Textilindustrie	0	0,0	0	0
Nahrungs- und Genussmittelindustrie	150	1,7	12	3
Landwirtschaft	28.135	45,4	-	69
Forstwirtschaft	512	6,5	-	10
Altholz	222	3,7	26	6
Altpapier	0	0,0	0	0
Klärschlamm	315	1,7	12	3
Hausmüll	1.100	6,6	46	10
Summe IGH (Industrie, Gewerbe und Haushalt)	1.978	14,4	100	22
Gesamt (inkl. Land- und Forstwirtschaft)	30.615	66,3		100

Quelle: Reisinger 1997

Reisingers Voraussetzungen wurden in der Praxis nicht erfüllt: Die rasch wachsende Pelletsindustrie konkurriert mit der Plattenindustrie um die Nutzung der Sägenebenprodukte. Im Jahr 2006 wurden mehr als 500 000 t Pellets erzeugt, deren Rohstoff aus den Reststoffen der Sägeindustrie stammt.

#### **C-2.4 Ergebnisse europäischer Studien**

Thrän et al. 2005 schätzen auf Basis von Daten von EUROSTAT und FAO das technische Potential landwirtschaftlicher Bioenergie in den europäischen Ländern für die Jahre 2010 und 2020 ab. Dabei wurden der Abbau von Überschüssen,

Ertragsteigerungen, Bevölkerungsentwicklung, Konsumverhalten, Außenhandel, Flächenverbrauch für Siedlungen und Infrastruktur sowie Naturschutz berücksichtigt. Als Eckpunktszenarien wurden zwei Varianten gewählt. Bei der ersten wurde davon ausgegangen, dass Maßnahmen im Umweltbereich (Naturschutz) die verfügbaren Flächen vermindern, bei der zweiten, dass die derzeitige Agrar- und Energiepolitik fortgesetzt wird. Die Autoren weisen darauf hin, dass eine Umsetzung nur dann möglich ist, wenn es gelingt, das Interesse der Betriebsführer in der Landwirtschaft zu wecken. Für Österreich wurden folgende für die Bioenergie verfügbaren Flächen ermittelt (Tabelle C- 15):

Tabelle C- 15: Flächenpotential Österreichs für Bioenergie

Variante	Flächenfreisetzung und Grünlandanteil für Bioenergie (in ha)					
	2000		2010		2020	
	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	Davon Grünland
Naturschutzdominiert	316.000	169.000	236.000	173.000	408.000	244.000
Fortschreibung der Entwicklung	348.000	169.000	409.000	269.000	817.000	484.000

Quelle: Thrän et al. 2005

In einer Studie der Europäischen Umweltagentur (European Environment Agency 2006) wurden die umweltverträglichen Biomassepotentiale in der EU-25 ermittelt. Neben landwirtschaftlichen Energiepflanzen wurden die Forstwirtschaft und die Abfälle aus der Verarbeitung von land- und forstwirtschaftlichen Produkten berücksichtigt. Dabei sollten im Jahr 2030 20-30 % der landwirtschaftlichen Flächen umweltorientiert bewirtschaftet, extensiv genutzte Flächen erhalten und 3 % der intensiv genutzten Flächen stillgelegt werden. Für die Bioenergieproduktion sollten umweltverträgliche Kulturen verwendet werden, Rückstände der Holzernte auf den Flächen verbleiben, der Anteil geschützter Forstflächen erhöht und Abfälle der Verarbeitung von Biomasse minimiert werden. Die Ergebnisse dieser Studie können als konservative Schätzung betrachtet werden. Für Österreich weist diese Studie folgende Flächenpotentiale auf (Tabelle C- 16):

Tabelle C- 16: Flächenpotential Österreichs für Bioenergie in ha

	2010	2020	2030
Für Bioenergie verfügbare landwirtschaftliche Flächen	204.000	266.000	298.000

Quelle: European Environment Agency 2006



### C-3 Flächenbedarf Österreichs für Biotreibstoffe

Das Umweltbundesamt beziffert 2004 den Bedarf an Biotreibstoffen im Bericht gemäß der Biotreibstoffdirektive an die Europäische Kommission wie folgt (Tabelle C- 17):

Tabelle C- 17: Biokraftstoffbedarf Österreichs in 1000 t

Jahr	Biodiesel	Ethanol
2005	221	-
2007	318	120
2008	482	150

Quelle: Salchenegger 2004

Die Energieagentur Austria ermittelte ausgehend vom erwarteten Diesel- und Benzinverbrauch in Österreich den Flächenbedarf zur Deckung der Vorgaben laut KVO<sup>3</sup> bzw. Biokraftstoffrichtlinie (Lechner et al. 2004). Dabei wurde von einer zum Zeitpunkt der Erstellung der Studie wahrscheinlichen Szenario ausgegangen. Tabelle C- 18 enthält das Szenario, das im Wesentlichen auf Biodiesel aufbaut.

Tabelle C- 18: Flächenszenario zur Erfüllung der Biokraftstoffziele in 1000 ha

		2005	2007	2010
Biodiesel	Raps	201,1	284,0	417,2
Ethanol	Zuckerrübe	-	18,0	20,9
	Mais	-	4,6	5,4
	Weizen	-	9,9	11,5
	Gesamt	-	32,5	37,7
Flächenbedarf Biokraftstoffe (inklusive Biogas)	Gesamt	201,1	316,5	455,4

Quelle: Lechner et al. 2004

---

<sup>3</sup> Kraftstoffverordnung 1967 i.d.g.F.

Der Bedarf für 2005 konnte nur zu einem sehr geringen Anteil aus heimischer Produktion gedeckt werden, da 2004/05 nur rund 35.000 ha Raps zur Ölgewinnung<sup>4</sup> angebaut wurden.

In Tabelle C- 19 ist die landwirtschaftlich genutzte Fläche Österreichs dem Flächenbedarf gemäß den Arbeiten der Energieagentur Austria für Biotreibstoffe gegenüber gestellt.

Tabelle C- 19: Landwirtschaftliche Fläche und Flächenbedarf für Biotreibstoffe

Landwirtschaftliche Fläche			Flächenbedarf Biotreibstoffe				
	2005		2007		2010		
	Mio. ha	%	Mio. ha	Anteil an Ackerland in %	Mio. ha	Anteil an Ackerland in %	
Landwirtschaftlich genutzte Fläche	3,26	100	Flächenbedarf Biodiesel	0,28	20	0,42	30
davon Ackerland	1,38	42	Flächenbedarf Ethanol	0,03	2	0,04	3
davon extensives Grünland	0,90	28	Gesamt (inkl. Biogas)	0,32	23	0,46	33

Quelle: Lechner et al. 2004 und Statistik Austria 2005

In den vergangenen Jahrzehnten ist landwirtschaftlich genutzte Fläche in Wald umgewandelt bzw. durch Versiegelung einer landwirtschaftlichen Produktion entzogen worden. Im Durchschnitt sind jährlich 2.200 ha Ackerland verloren gegangen.

Um den im Modell der Energieagentur ermittelten Flächenbedarf für eine vollständige Versorgung gemäß Biotreibstoffdirektive im Jahr 2010 aus österreichischer Produktion decken zu können, müsste annähernd 1/3 der österreichischen Ackerfläche für die Biotreibstoffproduktion verwendet werden. Sollte bis zum Jahr 2008/09 für das 5,75%-Ziel der Rohstoff ausschließlich aus Österreich kommen, müsste die Ölsaatenproduktion von 35 000 ha im Jahr 2004/05 auf 417 000 ha auf das 12-fache gesteigert werden. Neben Biotreibstoffen würden beträchtliche Mengen an Eiweißfuttermitteln erzeugt werden, alleine aus der Biodieselproduktion würde fast 625.000 t Ölkuchen für die tierische Ernährung anfallen.

<sup>4</sup> Die Sonnenblume stellt im Osten Österreichs mit rund 30.200 ha eine interessante Alternative dar. Da die Biodieselnorm EN 14214 die Jodzahl mit 120 beschränkt, ist für die Erzeugung entweder eine Sorte mit niedriger Jodzahl einzusetzen oder es sind Mischungen mit Rohstoffen geringer Jodzahl zu verwenden.

## **C-4 Wettbewerb um Rohstoffe und Flächen**

Die erfolgreiche Entwicklung der Bioenergie in Österreich basiert fast ausschließlich auf forstlichen Neben- und Koppelprodukten, für die keine zusätzlichen Flächen benötigt wurden. Die Errichtung von Biomasse-Fernwärmeanlagen hat aus wertloser Rinde einen handelsfähigen Brennstoff gemacht, der Pelletboom der letzten Jahre hat zu einem Wettbewerb zwischen der Plattenindustrie und den Brennstoffherstellern geführt und die Preise für Späne deutlich steigen lassen.

Der Entwurf des österreichischen Biomasseaktionsplans sieht vor, Holz vorwiegend für die Wärmeerzeugung einzusetzen. Für die gekoppelte Produktion von Strom und Wärme sollten vorwiegend feste Biobrennstoffe verwendet werden. Bei weiterem Zuwachs des Bedarfs an Energieholz ist mit steigenden Preisen in der gesamten Forst- und Holzwirtschaft zu rechnen; höhere Preise werden zu höheren Importen führen. Bei ausreichend hohen Preisen ist mit steigenden Holzerntemengen zu rechnen. Je nach Qualität und Preis wird Holzbiomasse für die Erzeugung von hochwertigen handelsfähigen Brennstoffen wie z.B. Holzpellets, für regionale Biomasse-Nahwärmesysteme und für die Erzeugung von Strom Verwendung finden.

Die Rohstoffe für die Erzeugung von Biotreibstoffen der 1. Generation – Ölsaaten, Getreide und Zuckerrüben – stammen vom Markt landwirtschaftlicher Produkte und stehen im direkten Wettbewerb mit der Verwendung als Nahrungs- oder Futtermittel. Steigende Nachfrage nach Ölsaaten und Getreide wird zu steigenden Preisen der landwirtschaftlichen Produkte führen.

Bei der Erzeugung von Biotreibstoffen der 1. Generation fallen neben dem Treibstoff selbst annähernd gleich hohe Mengen an Nebenprodukten wie Stroh in der landwirtschaftlichen Urproduktion und Eiweißfuttermittel bei der Produktion der Treibstoffe an. Während Stroh bisher vorwiegend eingeachert wird, ersetzen der Ölkuchen aus der Biodieselproduktion und die getrocknete Schlempe bei der Ethanolherzeugung Futtermittelimporte vorwiegend aus Nord- und Südamerika.

Energieplantagen könnten dazu beitragen, die engagierten Ziele der nationalen und europäischen Politik mit einem hohen Anteil heimischer Rohstoffe zu erreichen. Geeignete Energiepflanzen wie z.B. schnellwachsende Bäume oder Miscanthus sind verfügbar und liefern nachgewiesen hohe Erträge. Die Erträge hängen von der Qualität der Standorte ab, die Kosten und die zu erwartenden finanziellen Erträge für die Landwirte scheinen derzeit noch unsicher. Da der Umstieg auf Energieplantagen für die landwirtschaftliche Betriebe tief greifende Änderungen bedeutet, ist das Interesse der Betriebsführer noch sehr gering. Dies gilt nicht im selben Maß für die Erzeugung von Biogas aus nachwachsenden Rohstoffen: die Rohstoffe und die Verarbeitungsketten für die Erzeugung von Biogas sind bekannt, die Wertschöpfung kann von den Landwirten selbst oder von landwirtschaftlichen Genossenschaften lukriert werden.

## **C-5 Realistische Einschätzung von Flächen und Mengen; nutzbares Potential**

Im Rahmen einer Task Force des BMLFUW wurde von Experten des BMLFUW und externen Fachleuten die für die Erzeugung von Energie verfügbare Fläche eingehend

diskutiert. Bis 2020 kann eine landwirtschaftliche Fläche von bis zu 400 000 ha Fläche für die Energieproduktion erschlossen werden. Unter der Annahme einer Produktivität von 11 t TS/ha bzw. 200 GJ/ha könnten auf 400 000 ha 4,4 Mio. t Biomasse entsprechend einem Energieaufkommen von 80 PJ erzeugt werden<sup>5</sup>. Bereits 2010 könnten erzeugt werden:

- 208 Mio. Liter bzw. 183 000 t Biodiesel entsprechend einer Nutzenergie von 6,8 PJ.
  - Dazu ist eine Fläche von 100 000 ha, auf der 300 000 t Saat bzw. 120 000 t Pflanzenöl mit einem Energiegehalt von 4,5 PJ geerntet werden, erforderlich
    - Bei der Erzeugung des Pflanzenöls fallen 170 000 t Schrot mit einem Energiegehalt von 3,5 PJ an, die als Futtermittel genutzt werden.
    - Von derselben Fläche können 510 000 t Stroh geerntet werden. Wird die Hälfte des Strohs energetisch genutzt, entspricht dies einem Energieaufkommen von 3,6 PJ.
  - Aus tierischem Fett und Altspeiseölen 68 Mio. Liter bzw. 60 000 t Biodiesel entsprechend einer Nutzenergie von 2,2 PJ.
  - Dies sind bei der Biodieselerzeugung insgesamt 13,9 PJ, von denen 10,4 PJ für eine technische Nutzung zur Verfügung stehen<sup>6</sup>.
- 240 Mio. Liter bzw. 190 000 t Ethanol entsprechen einer Nutzenergie von 5,1 PJ
  - Dazu ist eine Fläche von ebenfalls 100 000 ha, auf der 600 000 t Getreide geerntet werden, erforderlich.
    - Bei der Erzeugung des Ethanol fallen 200 000 t DDGS mit einem Energiegehalt von 4,1 PJ an, die als Futtermittel genutzt werden.
    - Von derselben Fläche können 500 000 t Stroh geerntet werden. Wird die Hälfte des Strohs energetisch genutzt, entspricht dies einem Energieaufkommen von 3,5 PJ.
  - Dies sind bei der Ethanolerzeugung insgesamt 12,7 PJ, von denen 8,6 PJ für eine technische Nutzung zur Verfügung stehen.
- Die Summe der technisch nutzbaren Energie des Biotreibstoffprogramms beträgt 19 PJ<sup>7</sup> und erfordert eine Fläche von 200 000 ha.

Werden bis 2020 zusätzlich 200 000 ha Energiepflanzen für Kraft und Wärme angebaut, so können 2,2 Mio. t Biomasse entsprechend einem Energieaufkommen von 40 PJ erzeugt werden. Die Summe der technisch nutzbaren Energie von Bioenergieflächen beträgt somit 59 PJ.

In früheren Arbeiten der BLT wurde auf die Rolle von Stroh als Energieträger hingewiesen. In einem engagierten Programm ähnlich dem in Dänemark<sup>8</sup> könnte bis zu

---

<sup>5</sup> Energieerträge gemäß „European Biomass Statistics 2007“ (AEBIOM)

<sup>6</sup> Dabei nicht berücksichtigt ist der Energieaufwand für die Erzeugung.

<sup>7</sup> Eingeschlossen ist dabei die Produktion von Biodiesel aus tierischen Fetten und Gebrauchsfetten

einem Drittel des Getreidestrohs für die Kraft- und Wärmeerzeugung genutzt werden. Bei einer Getreideernte von ca. 5 Mio. t fällt annähernd dieselbe Menge an Stroh an. Unter der Annahme, dass  $\frac{1}{4}$  des Strohs energetisch genutzt werden, beträgt das zusätzliche Energieaufkommen 17,5 PJ.

Somit beträgt das im Jahr 2020 zusätzliche nutzbare Potential aus der Landwirtschaft unter den getroffenen Annahmen 76,5 PJ. Unterstellt man eine durchschnittliche Steigerung der Produktivität von 1 % pro Jahr über 10 Jahre, kann das Potential auf 84,6 PJ anwachsen.

## C-6 Zusammenfassung

Die Europäische Politik verfolgt seit mehr als einem Jahrzehnt ambitionierte Ziele in Richtung erneuerbarer Energie. Das Weißbuch über erneuerbare Energie aus dem Jahr 1997 hat das Ziel gesetzt, den Anteil Erneuerbarer Energie von 6 % im Jahr 1996 auf 12% im Jahr 2010 zu verdoppeln. Das Grünbuch zur Energieversorgungssicherheit legt Strategien dar, wie ausreichend Energie zu akzeptablen Preisen gesichert werden kann. Die Lissabon Strategie umfasst Maßnahmen zur wirtschaftlichen Entwicklung Europas. Das Grünbuch zum Handel von Treibhausgasemissionen enthält Maßnahmen zur Verringerung der Treibhausgasemissionen. Die Göteborg Strategie hebt die Bedeutung einer nachhaltigen Entwicklung Europas hervor. Das Weißbuch zum Europäischen Verkehr schlägt einen Rechtsrahmen für alternative Kraftstoffe vor und strebt 20 % alternative Kraftstoffe im Jahr 2020 an. Die Verordnung über die Förderung des ländlichen Raums geht auf die Diversifizierung der wirtschaftlichen Tätigkeiten im ländlichen Raum ein und schließt erneuerbare Energie ein. Das Rahmenprogramm für Wettbewerbsfähigkeit unterstützt Innovationen im Bereich der erneuerbaren Energie. Die Richtlinie zur Förderung der Biotreibstoffe verpflichtet die Mitgliedstaaten zu Anstrengungen, bis 2010 den Anteil der Biokraftstoffe auf 5,75% anzuheben. Der Aktionsplan für Biomasse 2005 legt Maßnahmen zur Förderung von Bioenergie dar, die EU Strategie für Biokraftstoffe 2006 ergänzt den Aktionsplan.

Österreich hat 1999 gesetzliche Maßnahmen gesetzt, bis 2008 5,75% Biotreibstoffe in den Verkehr zu bringen. Im Regierungsprogramm der Koalitionspartner wird für 2010 ein Marktanteil alternativer Treibstoffe von 10 %, für 2020 20% genannt (wobei keine Angaben über die Art der alternativen Treibstoffe gemacht werden).

Eine Reihe von Studien über das Potential heimischer Biomasse zeigen die Möglichkeiten und Grenzen. Bereits eine Verdoppelung der Erzeugung von Energie aus Biomasse erscheint sehr ambitioniert, eine Verdreifachung nur mit großen Anstrengungen möglich. Als zusätzliche Quelle von Biomasse kommen Haupt-, Neben- und Koppelprodukte der Forstwirtschaft und der Landwirtschaft sowie Reststoffe aus Industrie, Gewerbe und Haushalten in Frage. Auf der Nachfrageseite steht der Transportsektor im Wettbewerb mit der Wärmeerzeugung und der Erzeugung von Ökostrom. Rund 12,5 Mio. Vorratsfestmeter bleiben jährlich ungenutzt im Forst, von denen rund 5 Mio. Vfm (entsprechend rund 40 PJ) energetisch genutzt werden könnten. Die Mobilisierung dieser Reserven scheint mit großen Schwierigkeiten verbunden.

---

<sup>8</sup> Die Verstromung von Stroh ist in Dänemark in industriellem Maßstab etabliert.

In der Landwirtschaft bieten Ertragssteigerungen und die Notwendigkeit des Abbaus agrarischer Überschüsse die Chance, in den Energiemarkt einzusteigen. Thrän et al. schätzen, dass bei Fortschreibung der bisherigen Entwicklung 2010 rund 400 000 ha für Bioenergie verfügbar sind; bemerkenswert ist, dass 2/3 davon Grünlandflächen sind. Eine Studie der Europäischen Umweltagentur schätzt die Entwicklung bis 2010 mit rund 200 000 ha Bioenergiefläche vorsichtiger ein. Die Unterschiede werden für das Jahr 2020 noch größer: während Thrän et al. für das naturschutzdominierte Szenario eine Fläche von rund 400 000 ha und für die fortschreitende Entwicklung rund 800 000 ha nennen, sind laut Europäischer Umweltagentur weniger als 300 000 ha möglich.

Die vorhandenen Abschätzungen der Potentiale der Industrie sind inkonsistent. Während nach Reisinger (1997) der Holzverarbeitende Sektor und die Zellstoffindustrie keinen Beitrag für den Energiemarkt leisten können oder wollen, wurden 2006 mehr als 500 000 t Pellets mit einem Energiegehalt von fast 9 PJ vorwiegend aus Sägespänen erzeugt. Als bedeutende Quellen nennt Reisinger Hausmüll (6,6 PJ), Altholz (3,7 PJ), die Nahrungsmittelindustrie (1,7 PJ) sowie Klärschlamm (1,7 PJ).

Den Flächenbedarf zur Erreichung der nationalen Biotreibstoffziele 2010 beziffern Lechner et al. (2006) mit 455 000 ha, wobei auf 417 000 ha Rohstoffe für Biodiesel und auf 38 000 ha für Ethanol angebaut werden sollten. Neben Biotreibstoffen würden beträchtliche Mengen an Eiweißfuttermitteln erzeugt, alleine aus der Biodieselproduktion fielen 625.000 t Ölkuchen für die tierische Ernährung an. Der Bedarf für 2005 konnte nur zu einem sehr geringen Anteil aus heimischer Produktion gedeckt werden, da 2004/05 nur rund 35.000 ha Raps zur Ölgewinnung angebaut wurden.

Die erfolgreiche Entwicklung der Bioenergie in Österreich basiert fast ausschließlich auf forstlichen Neben- und Koppelprodukten, für die keine zusätzlichen Flächen benötigt wurden. Biotreibstoffe der 1. Generation werden aus traditionellen landwirtschaftlichen Produkten wie Ölsaaten und Getreide erzeugt. Energieplantagen in der Landwirtschaft könnten dazu beitragen, die engagierten nationalen und europäischen Ziele zu erreichen. Da die wirtschaftliche Entwicklung der Energieerzeugung auf landwirtschaftlichen Flächen schwer abschätzbar ist, ist das Interesse der landwirtschaftlichen Betriebsführer derzeit noch gering, neue Energierohstoffe zu erzeugen.

Nach Auffassung von Experten aus der Landwirtschaft kann bis 2020 eine landwirtschaftliche Fläche von bis zu 400 000 ha für die Energieproduktion erschlossen werden. Im Jahr 2010 können folgende Mengen aus heimischer Produktion auf den Markt gebracht werden:

- 183 000 t Biodiesel, davon 120 000 t aus dem Ölpflanzenanbau und 60 000 aus tierischen Fetten und Altspeiseölen
- 190 000 t Ethanol aus 600 000 t Getreide.

Der Anbau von Energiepflanzen auf 200 000 ha kann 2,2 Mio. t Biomasse entsprechend einem Energieaufkommen von 40 PJ liefern. Werden 25 % des Getreidestrohs und 50 % des Strohs aus der Produktion von Rohstoffen für die Biotreibstoffe der 1. Generation einer energetischen Nutzung zugeführt, stehen zusätzlich 1,75 Mio. t TS zur Verfügung.

## C-7 Referenzen

AMA 2006: Agrarmarkt Austria, Versorgungsbilanz Ölsaaten, 8.11.2006, [http://www.ama.at/Portal.Node/public?rm=PCP&pm=gti\\_full&p.contentid=10008.34123&VERSORGUNGSBILANZ\\_OELSAATEN.pdf](http://www.ama.at/Portal.Node/public?rm=PCP&pm=gti_full&p.contentid=10008.34123&VERSORGUNGSBILANZ_OELSAATEN.pdf),

European Environment Agency 2006: European Environment Agency, How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report No 7/2006, - European Environment Agency, Copenhagen 2006

Fritsche 2002: U. Fritsche: GEMIS Standard Datensatz, <http://www.oeko.de/service/gemis>, Öko-Institut, Darmstadt 2002

Jungmeier et al 2003: G. Jungmeier, S. Hausberger, L. Canella: Treibhausgasemissionen und Kosten von Transportsystemen mit Biotreibstoffen im Vergleich zu fossilen Treibstoffen, JOANNEUM RESERACH, April 2003

Jungmeier et al. 2005: Informationsbroschüre zu Treibstoffen der Zukunft, Erstellt im Rahmen der Steirischen Initiative für Treibstoffe der Zukunft, download:

IPCC 2001: Intergovernmental Panel on Climate Change: The Scientific Basis – Contributions of Working Group I, <http://www.ipcc.ch>

Lebensministerium 2006: <http://artifex.lfrz.at:8007/duz/enduser/tabledetailEU.jsp>, Lebensministerium, Landwirtschaft – Daten und Zahlen, 10. 11. 2006

Lauer et al. 1995: Lauer M., Waupotisch M.: Energiebedarfsdeckung nach einem Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger – Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel Österreichs – Stufe 1: Grobanalyse, JOANNEUM RESEARCH, IEF-B-04/95, Graz Jänner 1995

Pölz et al. 2003: W. Pölz, G. Lichtblau, A. Kurzweil, Einsatz von Biokraftstoffen und deren Einfluss auf die Treibhausgas-Emissionen in Österreich, BE-144, Umweltbundesamt, Wien, September 2003

Salchenegger et al. 2006: S. Salchenegger, R. Winter, Biokraftstoffe im Verkehrssektor in Österreich 2006. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2005. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2006

Statistik Austria Ackerland 2006: Statistik Austria, Anbau auf dem Ackerland 2005. Schnellbericht, Wien 2006

Statistik Austria Feldfruchternte 2004: Statistik Austria, Feldfruchternte 2004, Wien 2004

Statistik Austria Feldfruchternte 2005: Statistik Austria, Feldfruchternte 2005, Wien 2005

Statistik Austria Feldfruchternte 2006: Statistik Austria, Feldfruchternte 2006. 4. Bericht September 2006, Wien 2006

Statistik Austria Versorgungsbilanzen 2006: Statistik Austria, Versorgungsbilanzen für pflanzliche Produkte 2004/2005. Schnellbericht, Wien 2006

Thrän et al. 2005: D. Thrän et al., Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext - Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Institut für Energetik und Umwelt Leipzig, 2005

VIEWLS 2005: VIEWLS – Economic and environmental performance of Biofuels (Final Report Volume I und II), SenterNovem, Niederlande, April 2005

WKO 2006: WKO/Fachverband der Chemischen Industrie, Übersicht zusammengestellt ausgehend von Pressemitteilungen der Biodiesel – Produzenten. Wien 2006.

Wörgetter et al. 2006: M. Wörgetter, plus Coautoren, Biotreibstoffe für Umwelt und Gesellschaft. Unveröffentlichte Studie, FJ-BLT Wieselburg, 2006

Ref FJ-BLT zu Potentialen

Beschluss 2001/546/EG zur Einrichtung eines beratenden Ausschusses mit der Bezeichnung „Europäisches Energie- und Verkehrsforum“

COM (1997) 599: Weißbuch „Erneuerbare Energieträger: Gemeinschaftsstrategie und Aktionsplan

COM (2000) 769: Grünbuch „Hin zu einer europäischen Strategie für Energieversorgungssicherheit“

Lissabon Strategie (2000)

COM (2000) 87: Grünbuch zum Handel mit Treibhausgasemissionen in der Europäischen Union

Göteborg Strategie für die nachhaltige Entwicklung (2001)

COM (2001) 370: Weißbuch „Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft“

COM (2005) 121: Rahmenprogramm für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation 2007 – 2013

COM (2005) 628: Aktionsplan für Biomasse

COM (2006) 34: Mitteilung der Kommission, Eine EU-Strategie für Biokraftstoffe

Dissemond 1994: H. Dissemond, Stroh – ein nachwachsender Rohstoff für die energetische Nutzung, Dissertation an der Universität für Bodenkultur, Wien im Mai 1994, veröffentlicht in der Landtechnischen Schriftenreihe des ÖKL, Heft 201.

European Environment Agency 2006: European Environment Agency, How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? EEA Report No 7/2006, - European Environment Agency, Copenhagen 2006

Hirschberger et al. 2006: P. Hirschberger, Potenziale der Biomassenutzung aus dem Österreichischen Wald unter Berücksichtigung der Biodiversität. Studie des WWF in Zusammenarbeit mit den Österreichischen Bundesforsten, 2006



Lechner et al. 2003: H. Lechner, M. Lackner, K. Nemestothy, H. Ritter, G. Simader, O. Starzer, A. Veigl, Machbarkeitsstudie „4 % Ökostrom bis 2008“. Energieverwertungsagentur (E.V.A.), Wien, 2003

Lechner et al. 2004: H. Lechner, K. Nemestothy, M. Schweighofer, H. Tretter, A. Veigl, Energieeffizienz und Erneuerbare 2010 - Eine Untersuchung zur Umsetzung der Ziele des Regierungsprogramms zur Steigerung der Energieeffizienz und des Anteils erneuerbarer Energieträger. Austrian Energy Agency, Otto-Bauer-Gasse 6, 1060 Wien, Dezember 2004

Rathbauer 2000: J. Rathbauer, Biomassepotentialabschätzung für Österreich für das Jahr 2010, Nachwachsende Rohstoffe Nr. 17, BLT Wieselburg, Wieselburg, 2000

Regierungsprogramm der Koalitionspartner für die XXIII. Gesetzgebungsperiode

Reisinger 1997: K. Reisinger, Energetische Verwertungsmöglichkeiten von biogenen Reststoffen verschiedener Industriebranchen sowie aus kommunalen Sammelsystemen, 563.753 II Dissertation, TU Wien, Wien, April 1997

Richtlinie 2003/30/EG zur Förderung der Verwendung von Biokraftstoffen im Verkehr

Richtlinie 2003/96/EG zu gemeinschaftlichen Rahmenvorschriften zur Besteuerung von Energieerzeugnissen und elektrischem Strom

Salchenegger 2004: S. Salchenegger, Biokraftstoffe im Verkehrssektor in Österreich 2004. Zusammenfassung der Daten der Republik Österreich gemäß Art. 4, Abs. 1 der Richtlinie 2003/30/EG für das Berichtsjahr 2003. Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2004

Schmidt et al. 1990: A. Schmidt, W. Hantsch-Linhart, Die energetische Nutzung der Biomasse in Österreich, 650/200V6, Verband der Elektrizitätswerke Österreichs, Wien, Juli 1990

Statistik Austria 2005: Agrarstrukturerhebung 2003 – Betriebsstruktur. Schnellbericht 1.17, Statistik Austria, Guglgasse 13, 1110 Wien, 2005.

Thrän et al. 2005: D. Thrän, M. Weber, A. Scheuermann, N. Fröhlich, J. Zeddies, A. Henze, C. Thoroë, J. Schweinle, U. R. Fritsche, W. Jenseit, L. Rausch, K. Schmidt, Nachhaltige Biomassennutzungsstrategien im europäischen Kontext - Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern, Institut für Energetik und Umwelt Leipzig, 2005

Verordnung (EG) Nr. 1257/1999 über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes inklusive Änderungen der Verordnungen (EG) Nr. 1783/2003, Nr. 567/2004 und Nr. 583/2004

417. Verordnung zur Kraftstoffverordnung 1999:

Brainbows 2007: M. Langthaler, E. Plunger, A. Walzer, F. Raab, M. Prosenbauer, W. Löffler, H. Haneder, J. Hainfellner, Biomasse Ressourcenpotenzial in Österreich, ARGE brainbows / Ik-projekt, Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2007



# Bioenergie aus der Landwirtschaft: Rohstoffpotentiale der östlichen Nachbarstaaten

Verfasst von	Susanne Griesmayr Manfred Wörgetter	susanne.griesmayr@abc-energy.at manfred.woergetter@josephinum.at
Datum	März 2008	
Nummer	283 TR nK-I-1-30	

*Austrian Bioenergy Centre GmbH*

*Firmensitz Graz  
Innfeldgasse 21 b  
8010 Graz  
Österreich*

*Außenstelle Wieselburg*

*Rottenhauserstr. 1  
3250 Wieselburg  
www.abc-energy.at*

*T ++43(0)7416 522 38-10  
F ++43(0)7416 522 38-99  
centre@abc-energy.at*

*Firmenbuch: FN 232244k  
Landesgericht für ZRS Graz  
UID-Nr.: ATU 56877044*

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Gegenstand und Ziel der Untersuchungen	3
2	Flächenpotentiale – Ergebnisse Europäischer Studien	4
2.1	Flächenpotentiale nach Thrän et.al.	4
2.2	Flächenpotentiale nach EEA	7
2.3	Gegenüberstellung relevanter Studien	8
3	Demografische und agronomische Daten der Nachbarländer	10
3.1	Bevölkerungsstatistik	10
3.2	Bodennutzung	12
3.3	Produktionsmengen ausgewählter Feldfrüchte	16
3.4	Anbauflächen ausgewählter Feldfrüchte	21
3.5	Hektarerträge ausgewählter Feldfrüchte	25
4	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	29
5	Quellen	32

# 1 Gegenstand und Ziel der Untersuchungen

Die gegenständliche Studie ist im Rahmen zweier Projekte des BMLFUW entstanden. Ziel der Task Force „Erneuerbare Energie“ ist eine umfassende Behandlung des Themas des Ausbaus erneuerbarer Energie und die Unterstützung der Festlegung einer Ressortstrategie. Im Arbeitspaket „Landwirtschaft“ werden Fragestellungen zu Biotreibstoffen und zur Aufbringung landwirtschaftlicher Rohstoffe behandelt.

Im Sinne der Vernetzung und Bündelung der Ressourcen beteiligte sich das BMLFUW am BMVIT-Forschungsprojekt „F&E-Strategie für Biotreibstoffe – Aufbau einer „Biotreibstoff-Plattform“. Ziel dieser Studie ist, die Grundlagen für die Etablierung einer „Austrian Platform for Transportation Biofuels“ auszuarbeiten. Im Projekt werden unter anderem die mittel- und langfristig verfügbaren Rohstoffpotentiale dargestellt, wobei der Schwerpunkt auf Rohstoffen aus einer nachhaltigen Land- und Forstwirtschaft liegt.

Die Arbeiten der Task Force zeigen, dass zur Erreichung der nationalen und europäischen Biotreibstoffziele

- mittelfristig nur die Biotreibstoffe, die bereits am Markt sind, nennenswert beitragen können und dass dazu
- Importe von Rohstoffen oder Biotreibstoffen erforderlich sind.

Da Schiffstransporte entlang der Donau ökonomisch und ökologisch sinnvoll erscheinen, wurde das Austrian Bioenergy Centre beauftragt, die Chancen von Importen aus dem Großraum Donau zu prüfen. Dazu wurden

- eine Übersicht über relevante Europäische Studien erstellt und
- die Situation der Landwirtschaft in den Nachbarstaaten beschrieben.

Für die Beurteilung der Export- bzw. Importchancen wurden die Bodennutzung, die Produktionsmengen, die Anbauflächen und die Hektarerträge ausgewählter Feldfrüchte in Tschechien, der Slowakei, Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Ukraine und Serbien Montenegro mit denen von Österreich und Deutschland verglichen.

## 2 Flächenpotentiale – Ergebnisse Europäischer Studien

### 2.1 Flächenpotentiale nach Thrän et.al.

Das Institut für Energetik und Umwelt in Leipzig hat das technische Biomassepotential aus Forst, Landwirtschaft und Reststoffen in 28 Staaten<sup>1</sup> für den Zeitraum 2000 bis 2020 untersucht. Das technische Potential beschreibt den Anteil der verfügbaren Biomasse, der unter Berücksichtigung der gegebenen technischen Restriktionen nutzbar ist. Verfügbare Nutzungstechniken und ihre Wirkungsgrade, die Verfügbarkeit von Standorten auch im Hinblick auf konkurrierende Nutzungen sowie nicht-technische Beschränkungen werden dabei berücksichtigt [Thrän 2005].

In der Potentialabschätzung wird der Nahrungsmittelproduktion gegenüber Bioenergie insoweit Vorrang eingeräumt, als deren Produktion unter gegebenen und künftigen politischen Rahmenbedingungen komparative Kostenvorteile gegenüber Importen besitzt. Potenzielle Flächen für Bioenergieträger in der Basisperiode (Jahr 2000) sind Brachflächen sowie Agrarflächen, auf denen Überschüsse von Marktordnungsprodukten (Getreide, Zucker, Ölfrüchte, Eiweißpflanzen, Milch, Rindfleisch u.a.) produziert werden, die überwiegend mit Subventionen auf den Weltmarkt exportiert wurden.

In Tabelle 1 werden die angenommenen landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen bis 2020 beschrieben.

---

<sup>1</sup> EU-25 Länder plus Rumänien, Bulgarien und Türkei

Current Policy Szenario (CP)	Umweltorientiertes Szenario (E+)
Brachflächen stehen zu 100% für den Energiepflanzenanbau zur Verfügung.	Nutzung der Brachflächen nur zu 70% zum Anbau
Produktionsdefizite bei Raps und Sonnenblumen reduzieren das technische Potential <sup>2</sup>	Produktionsdefizite bei Raps und Sonnenblumen werden durch Importe gedeckt.
Abbau der Überschussproduktion für Marktordnungsprodukte und Freisetzung der Flächen zum Energiepflanzenanbau (ausgenommen Schweine und Geflügel)	Siehe CP Szenario
Umwidmung von Flächen: Siedlung, Verkehr, Naturschutz nach derzeitigem Trend	Zusätzlich Umwidmung der Ackerflächen im Umfang von 2,5% (2010) bzw. 5% (2020) zu Naturschutzzwecken (ohne jegliche Erträge)
Ertragssteigerungen Pflanzen- und Tierproduktion	Ertragssteigerungen für Grünlandflächen um 50% reduziert im Vergleich zum CP Szenario

Tabelle 1: Annahmen der künftigen landwirtschaftlichen Rahmenbedingungen [Thrän 2005]

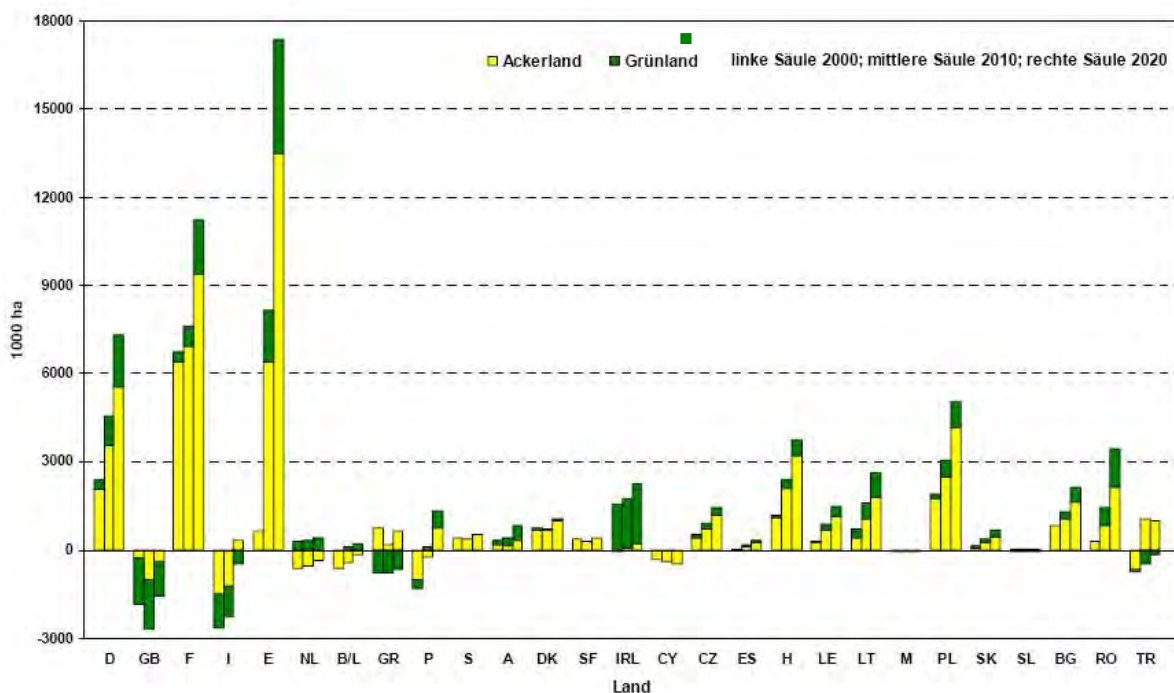


Abbildung 1: Landwirtschaftliches Flächenpotential in den EU-28 Staaten im CP Szenario (2000-2010-2020) [Thrän 2005]

<sup>2</sup> Denn es wird davon ausgegangen, dass durch Anbausubstitution für diese Produkte Selbstversorgung angestrebt wird

Abbildung 1 zeigt das Potential an landwirtschaftlichen Flächen im CP Szenario in den EU-28 Staaten. Für 2020 wird ein Potential von in Summe über 60 Millionen Hektar an freien Flächen ausgewiesen. In den EU-15 Staaten beträgt der Anteil des Grünlandes an der Flächenfreisetzung in der Basis 8% und im Jahr 2020 ca. 25%. Laut E+ Szenario kann für 2020 von einer Flächenfreisetzung von ca. 30 Millionen ha in den EU-28 Staaten ausgegangen werden.

[ha]	2000		2010		2020	
	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	davon Grünland
Österreich	348.000	169.000	409.000	269.000	817.000	484.000
Ungarn	1.188.000	69.000	2.406.000	314.000	3.752.000	540.000
Tschechien	528.000	106.000	890.000	185.000	1.447.000	282.000
Slowakei	133.000	60.000	380.000	138.000	660.000	212.000
Deutschland	2.409.000	353.000	4.543.000	999.000	7.301.000	1.746.000
Bulgarien	818.000	-14.000	1.304.000	224.000	2.120.000	476.000
Rumänien	285.000	-27.000	1.435.000	616.000	3.425.000	1.272.000

*Tabelle 2: Landwirtschaftliches Flächenpotential für ausgewählte Staaten im CP Szenario [Thrän 2005, Werte gerundet]<sup>3</sup>*

[ha]	2000		2010		2020	
	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	davon Grünland	insgesamt	davon Grünland
Österreich	316.000	169.000	236.000	173.000	408.000	244.000
Ungarn	1.095.000	69.000	1.948.000	155.000	2.777.000	222.000
Tschechien	495.000	106.000	697.000	139.000	965.000	169.000
Slowakei	130.000	60.000	278.000	98.000	386.000	111.000
Deutschland	2.151.000	353.000	3.489.000	620.000	5.159.000	988.000
Bulgarien	677.000	-14.000	955.000	135.000	1.403.000	254.000
Rumänien	120.000	-27.000	713.000	368.000	1.716.000	654.000

*Tabelle 3: Landwirtschaftliches Flächenpotential für ausgewählte Staaten im E+ Szenario [Thrän 2005, Werte gerundet]<sup>3</sup>*

<sup>3</sup> Positives Vorzeichen bedeutet Flächenfreisetzung für Bioenergieträger, negatives Vorzeichen bedeutet zusätzlichen Flächenbedarf für Nahrungsmittelproduktion



## 2.2 Flächenpotentiale nach EEA

In der Studie der Europäischen Umweltagentur (European Environment Agency) [EEA 2006] wurde das Biomassepotential, das unter umweltverträglichen Aspekten für Bioenergie zur Verfügung steht, ermittelt. Die Erhebung erstreckt sich über den Zeitraum 2010 bis 2030.

Für die Ermittlung der Potentiale aus der Landwirtschaft wurden folgende Annahmen getroffen:

- In einem Großteil der Mitgliedsstaaten sollen im Jahr 2030 mindestens 30% der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf ökologischen Landbau entfallen
- Mindestens 3% der derzeit intensiv genutzten landwirtschaftlichen Nutzfläche sollen stillgelegt werden
- Extensiv genutzte Flächen (Dauergrünland, Olivenhaine) sollen erhalten bleiben
- Energiepflanzen mit geringen Umwelteinflüssen (bezüglich Bodenerosion, Nährstoffaustrag, etc.) sollen verwendet werden

Das Potential an freien Ackerflächen in den EU-22 Staaten<sup>4</sup> steigt von 13 Millionen ha im Jahr 2010 auf 19,3 Millionen ha im Jahr 2030. Auch aus der Bewirtschaftung von Grünland und Olivenhainen werden Flächen freigesetzt (1,7 Millionen ha 2010, 5,9 Millionen ha 2030)<sup>5</sup>. **Gemäß dem umweltorientierten Ansatz dieser Studie sollen diese Flächen jedoch nicht in Ackerland umgewandelt werden und werden deshalb nicht zum landwirtschaftlichen Flächenpotential gezählt. Nichtsdestotrotz kann Gras bzw. Heu von diesen Flächen für die Bioenergieproduktion genutzt werden.** Tabelle 4 zeigt das Potential an freien Ackerflächen in Österreich, Ungarn, Tschechien, Slowakei und Deutschland.

[ha]	2010	2020	2030
Österreich	204.000	266.000	298.000
Ungarn	413.000	512.000	547.000
Tschechien	303.000	314.000	301.000
Slowakei	81.000	140.000	213.000
Deutschland	1.000.000	2.000.000	3.000.000

Tabelle 4: Potential an freien Ackerflächen in Österreich, Ungarn, Tschechien, Slowakei und Deutschland(2010-2020-2030) [EEA 2006]

<sup>4</sup> EU-25 Staaten ohne Zypern, Luxemburg und Malta

<sup>5</sup> Länderbezogene Potentiale an Grünlandflächen werden in dieser Studie nicht ausgewiesen.

## 2.3 Gegenüberstellung relevanter Studien

Flächenpotenzial Gesamt [ha]		Thrän et.al. 2005		EEA 2006
		CP Szenario	E+ Szenario	
Österreich	2010	409.000	236.000	NA
	2020	817.000	408.000	NA
Ungarn	2010	2.406.000	1.948.000	NA
	2020	3.752.000	2.777.000	NA
Tschechien	2010	890.000	697.000	NA
	2020	1.447.000	965.000	NA
Slowakei	2010	380.000	278.000	NA
	2020	660.000	386.000	NA
Deutschland	2010	4.543.000	3.489.000	NA
	2020	7.301.000	5.159.000	NA
Bulgarien	2010	1.304.000	955.000	NA
	2020	2.120.000	1.403.000	NA
Rumänien	2010	1.435.000	713.000	NA
	2020	3.425.000	1.716.000	NA

Tabelle 5: Zusammenfassung der Flächenpotenziale (Ackerland + Grünland)

Ackerfläche [ha]		Thrän et.al. 2005		EEA 2006
		CP Szenario	E+ Szenario	
Österreich	2010	140.000	63.000	204.000
	2020	333.000	164.000	266.000
Ungarn	2010	2.092.000	1.793.000	413.000
	2020	3.212.000	2.555.000	512.000
Tschechien	2010	705.000	558.000	303.000
	2020	1.165.000	796.000	314.000
Slowakei	2010	242.000	180.000	81.000
	2020	448.000	275.000	140.000
Deutschland	2010	3.544.000	2.869.000	100.000
	2020	5.555.000	4.171.000	200.000
Bulgarien	2010	1.080.000	820.000	NA
	2020	1.644.000	1149.000	NA
Rumänien	2010	819.000	345.000	NA
	2020	2.153.000	1.062.000	NA

Tabelle 6: Zusammenfassung der Potenziale an freien Ackerflächen

Alle Szenarien zeigen beträchtliche Flächenpotentiale. Ungarn, Tschechien, Bulgarien und Rumänien haben deutlich mehr Energieflächen als Österreich und die Slowakei. Das „Current Policy Szenario“ (Thrän et al.) weist die höchsten, die Europäische Umweltagentur die geringsten Potentiale aus. Lediglich für Österreich 2010 kommt die Umweltagentur zu höheren Werten (grüne bzw. gelbe Schattierung in Tabelle 6).

Grünland [ha]		Thrän et.al. 2005		EEA 2006
		CP Szenario	E+ Szenario	
Österreich	2010	269.000	173.000	NA
	2020	484.000	244.000	NA
Ungarn	2010	314.000	155.000	NA
	2020	540.000	222.000	NA
Tschechien	2010	185.000	139.000	NA
	2020	282.000	169.000	NA
Slowakei	2010	138.000	98.000	NA
	2020	212.000	111.000	NA
Deutschland	2010	999.000	620.000	NA
	2020	1.746.000	988.000	NA
Bulgarien	2010	224.000	135.000	NA
	2020	476.000	254.000	NA
Rumänien	2010	616.000	368.000	NA
	2020	1.272.000	654.000	NA

Tabelle 7: Zusammenfassung der Potenziale an freien Grünlandflächen

Für Rumänien werden fast so große Flächenreserven ausgewiesen wie für Deutschland. Gute Chancen für Energie vom Grünland haben auch Österreich, Ungarn und Bulgarien.

### 3 Demografische und agronomische Daten der Nachbarländer

Die Entwicklung der Bioenergie wird durch soziale und geografische Faktoren beeinflusst. Die Landwirtschaft profitiert von zusätzlichen Märkten. Für die Konsumenten sind unterschiedliche Effekte möglich: positiv sind die Sicherung der Versorgung und der Wettbewerb zwischen fossilen und erneuerbaren Energieträgern, negativ sind die aus dem Wettbewerb zwischen Energie und Nahrung resultierenden steigenden Preise für Nahrungsmittel.

Die Chancen und Grenzen eines Umstiegs auf Bioenergie hängen eng mit der pro Einwohner verfügbaren Fläche zusammen, wobei die Bodennutzung, die klimatischen und topografischen Bedingungen sowie der Entwicklungsstand der landwirtschaftlichen Praxis die Entwicklung beeinflussen.

#### 3.1 Bevölkerungsstatistik

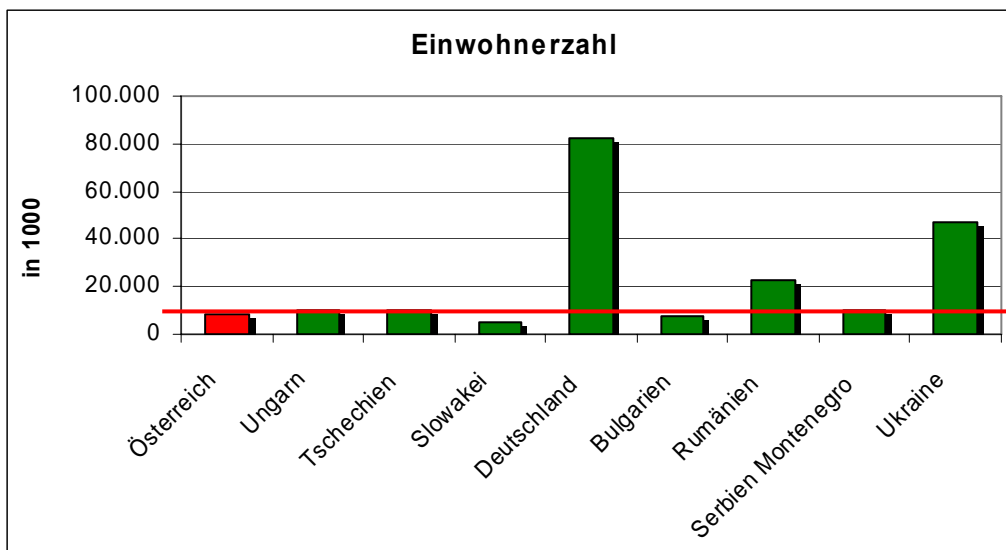


Abbildung 2: Einwohnerzahlen

Hinsichtlich Einwohnerzahl sind die Länder Ungarn, Tschechien, Bulgarien und Serbien mit Österreich (~ 8,2 Mio Ew.) vergleichbar. Die Slowakei hat deutlich weniger Einwohner. In Rumänien leben knapp 3x so viele, in der Ukraine knapp 6x so viele und in Deutschland 10x so viele Menschen wie in Österreich.

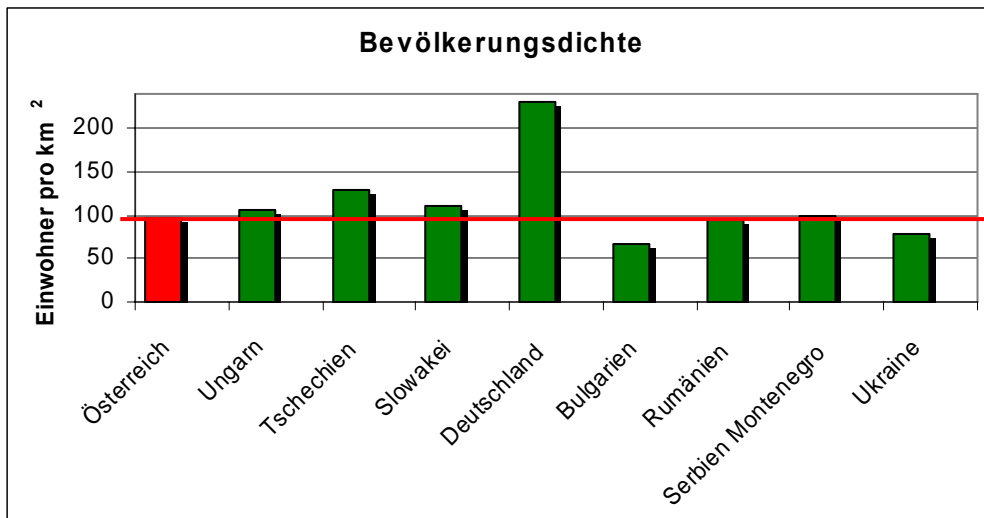


Abbildung 3: Bevölkerungsdichte

Deutschland hat mit 231 Einwohnern pro km<sup>2</sup> die größte Bevölkerungsdichte. Es folgen Tschechien, die Slowakei und Ungarn mit ca. 110 bis 130 Einwohner pro km<sup>2</sup>. Österreich hat eine Bevölkerungsdichte von rund 93 Einwohner pro km<sup>2</sup>, vergleichbar mit Rumänien und Serbien. Bulgarien und Ukraine sind dünner besiedelt (67 bzw. 77 Einwohner pro km<sup>2</sup>). Rumänien, Bulgarien und die Ukraine haben damit gute, Deutschland schlechte Voraussetzungen für Bioenergie. Österreich, Ungarn, Tschechien, die Slowakei und Serbien-Montenegro liegen im Mittelfeld.

### 3.2 Bodennutzung

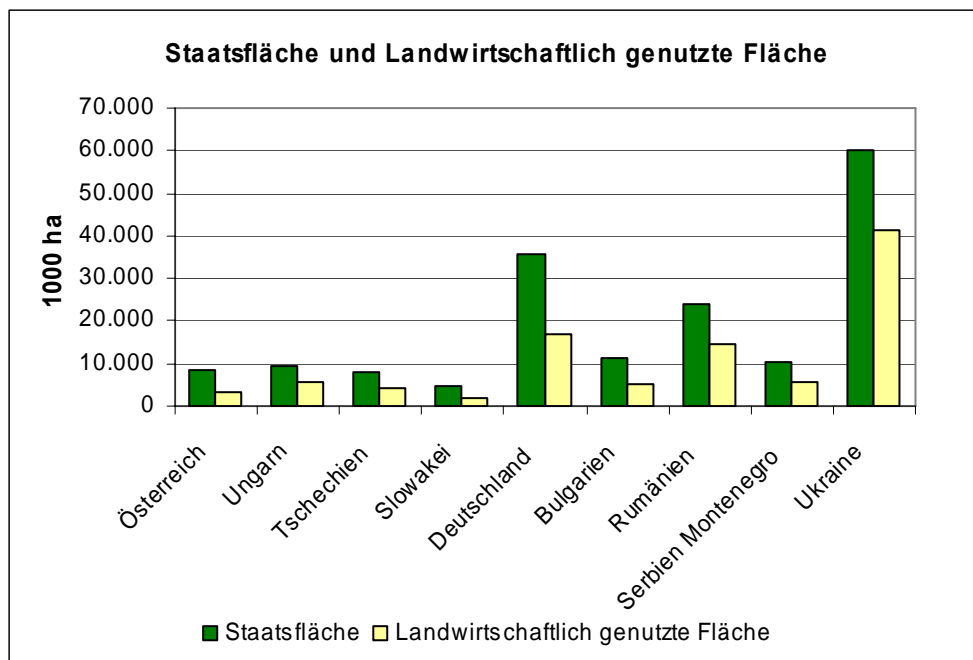


Abbildung 4: Staatsfläche und landwirtschaftlich genutzte Fläche

Die österreichische Staatsfläche beträgt rund 8,4 Mio. ha, deutlich kleiner ist lediglich die Slowakei (4,9 Mio ha). Die rumänische Staatsfläche beträgt das 2,7-fache, die ukrainische Staatsfläche das 6,8-fache der österreichischen Staatsfläche.

In Österreich werden lediglich 39% der Staatsfläche landwirtschaftlich genutzt. Im Vergleich zu den anderen Ländern ist dies der geringste Anteil (Slowakei: 40%, Bulgarien: 47%, Tschechien: 54%, Serbien: 55%, Rumänien: 61%, Ungarn: 63%, Ukraine: 68%). Mit 48% ist auch in Deutschland der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche an der Gesamtfläche gering.

Die landwirtschaftliche Fläche setzt sich in den einzelnen Ländern wie folgt zusammen:

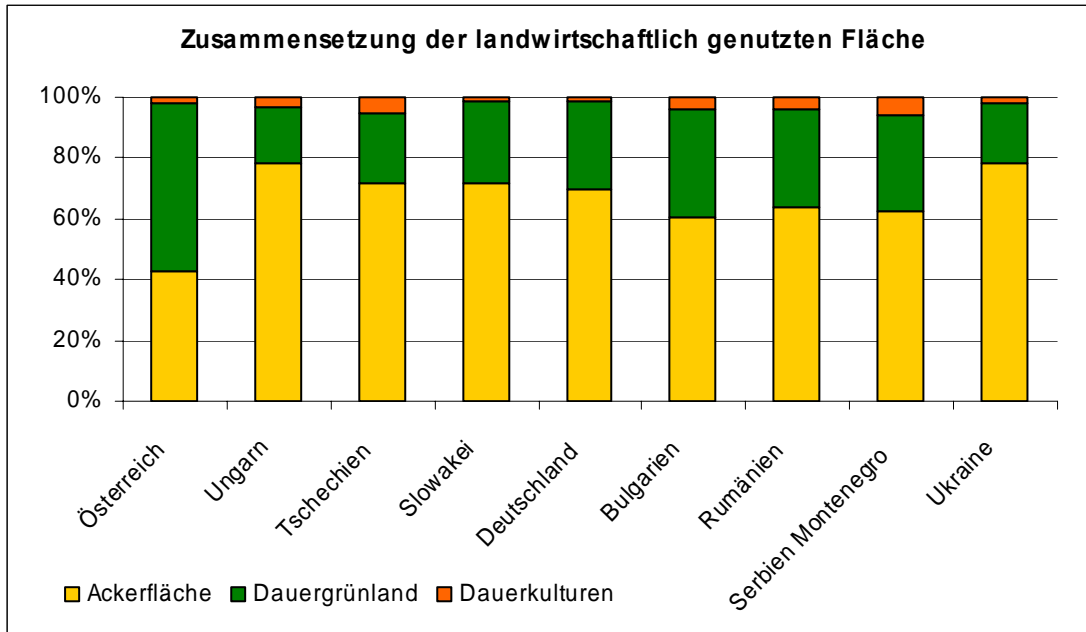


Abbildung 5: Zusammensetzung der landwirtschaftliche genutzten Fläche

Auffallend ist der vergleichsweise sehr hohe Grünlandanteil in Österreich. Der Anteil der Ackerfläche liegt lediglich bei rund 40%. Den höchsten Ackerflächenanteil weisen im Gegenzug Ungarn und die Ukraine auf.

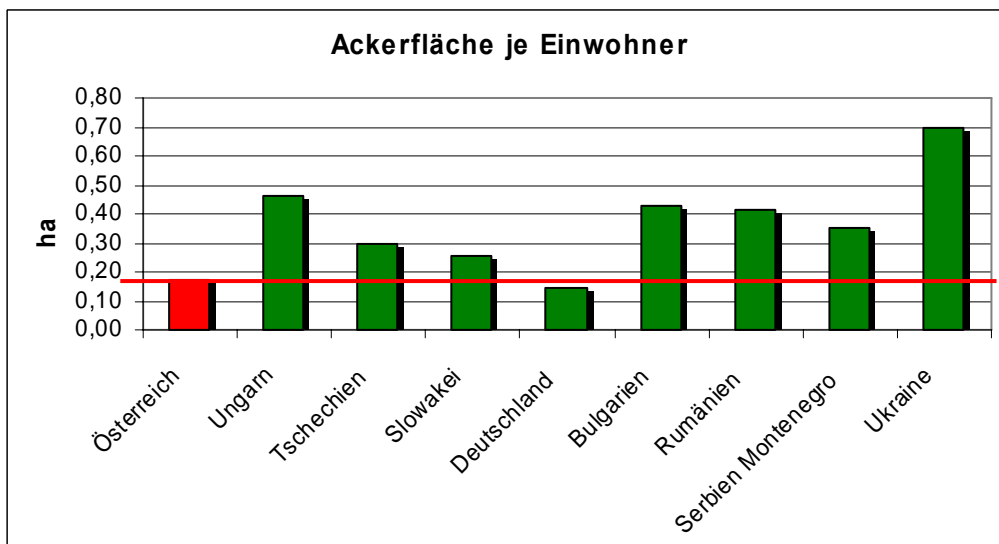


Abbildung 6: Ackerfläche je Einwohner

Diese Charakteristika in der Flächenausstattung mit Ackerland sind auch in der obigen Abbildung 6 ersichtlich. Die Ackerfläche je Einwohner liegt in Österreich lediglich bei 0,17 ha, die geringste Fläche pro Einwohner hat hingegen Deutschland (0,14 ha). Das umge-

kehrte Bild zeigt sich für Rumänien und Bulgarien (0,42 ha bzw. 0,43 ha je Einwohner), für Ungarn (0,46 ha je Einwohner) sowie für die Ukraine (0,69 ha je Einwohner). Somit haben die Ukraine, Ungarn, Bulgarien, Rumänien die besten, Deutschland und Österreich die schlechtesten Voraussetzungen für die Erzeugung von Energie vom Acker.

Welche Anteile der Anbau ausgewählter Feldfrüchte an der Ackerfläche in den einzelnen Ländern hat, ist in den Abbildungen auf der nächsten Seite dargestellt. In der Slowakei, Deutschland, Tschechien, Rumänien und Bulgarien wird jeweils mehr als 25% der Ackerfläche für den Weizenanbau genutzt. Der Anbau von Körnermais spielt vor allem in Ungarn, Rumänien und Serbien eine große Rolle (jeweils 25% der Ackerfläche oder mehr). Der Rapsanbau ist im Ländervergleich in Deutschland, Tschechien und der Slowakei von größter Bedeutung, der Sonnenblumenanbau in Bulgarien, in der Ukraine und in Rumänien.

Anteil ausgewählter Feldfrüchte an der Ackerfläche in %

	Weizen
Bulgarien	36
Tschechien	27
Slowakei	27
Deutschland	27
Rumänien	26
Ungarn	23
Österreich	21
Ukraine	20
Serbien	16

	Körnermais
Serbien	35
Rumänien	28
Ungarn	25
Österreich	12
Slowakei	11
Bulgarien	9
Ukraine	5
Deutschland	4
Tschechien	3

	Sonstige
Rumänien	46
Deutschland	42
Tschechien	39
Bulgarien	38
Serbien	33
Österreich	32
Ungarn	30
Slowakei	28
Ukraine	27

	Raps
Deutschland	11
Tschechien	9
Slowakei	8
Österreich	3
Ungarn	2
Rumänien	1
Ukraine	1
Bulgarien	0
Serbien	0

	Sonnenbl.
Bulgarien	20
Ukraine	11
Ungarn	10
Rumänien	10
Slowakei	7
Serbien	6
Österreich	2
Tschechien	1
Deutschland	0

	Zuckerr.
Deutschland	4
Österreich	3
Tschechien	2
Slowakei	2
Serbien	2
Ukraine	2
Ungarn	1
Bulgarien	0
Rumänien	0



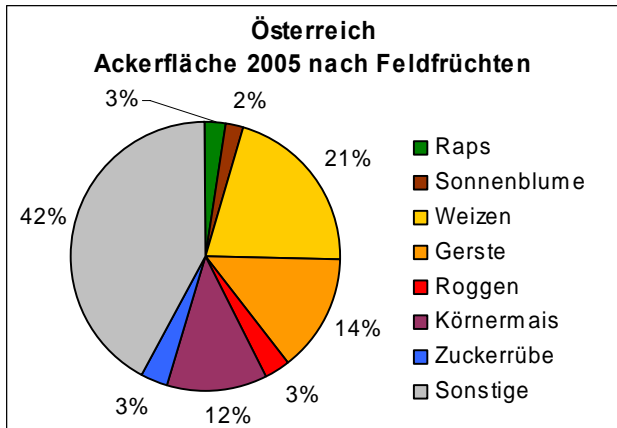


Abbildung 7: Ackerfläche Österreich 2005

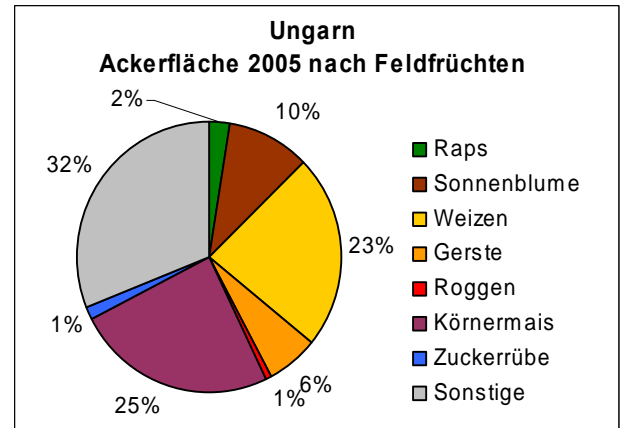


Abbildung 11: Ackerfläche Ungarn 2005

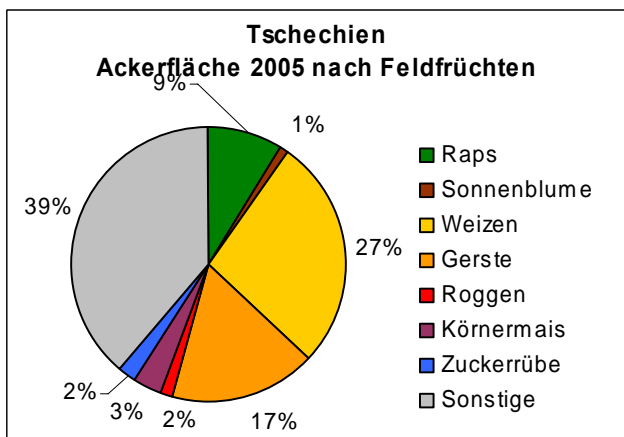


Abbildung 8: Ackerfläche Tschechien 2005

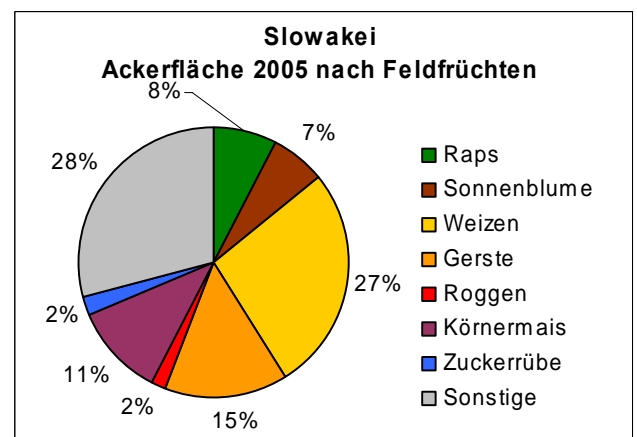


Abbildung 12: Ackerfläche Slowakei 2005

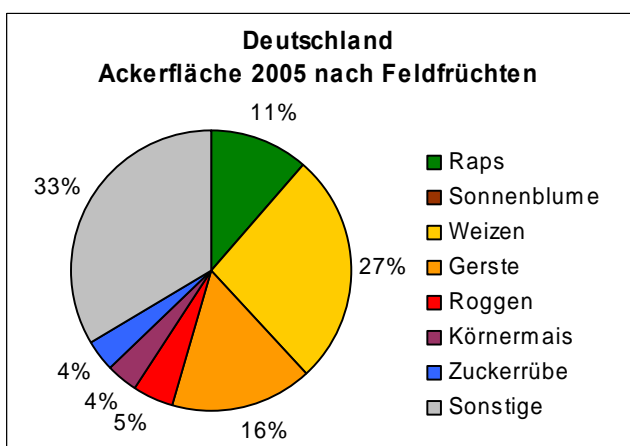


Abbildung 9: Ackerfläche Deutschland 2005

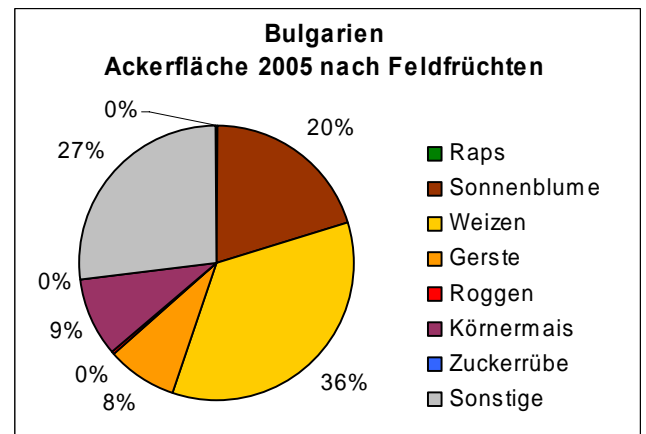


Abbildung 13: Ackerfläche Bulgarien 2005

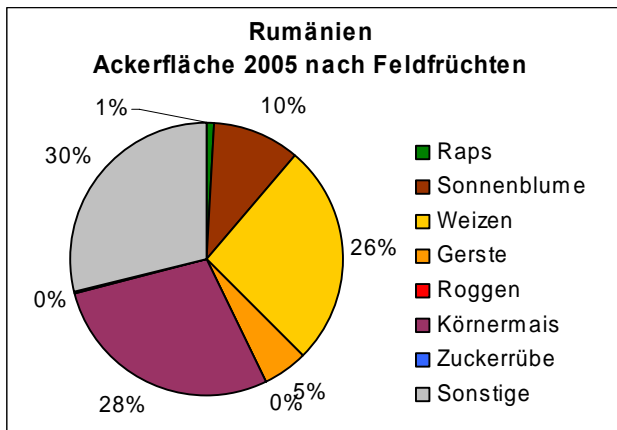


Abbildung 10: Ackerfläche Rumänien 2005

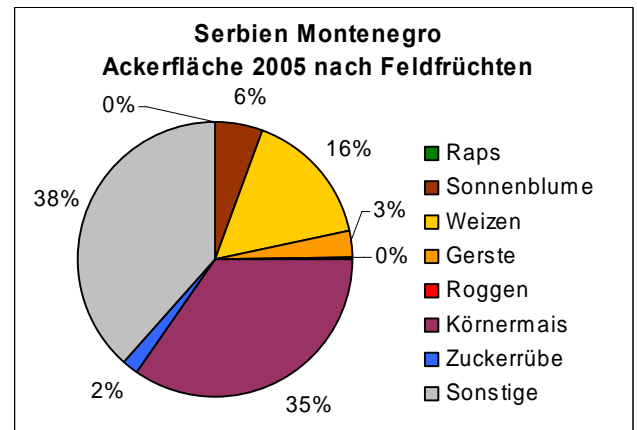


Abbildung 14: Ackerfläche Serbien Montenegro 2005

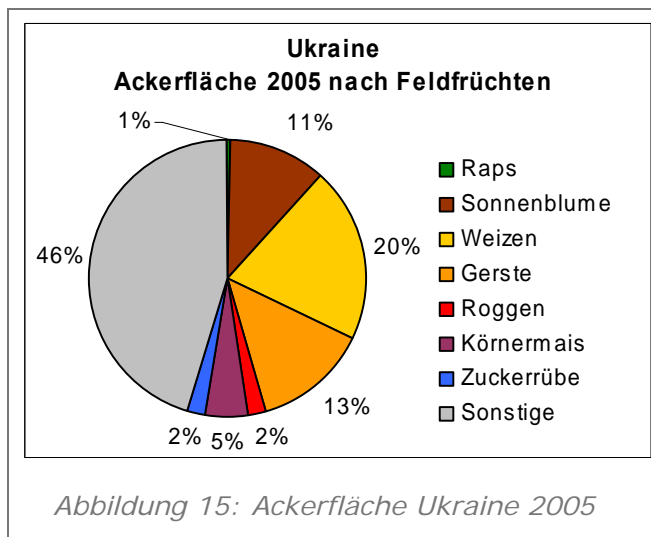


Abbildung 15: Ackerfläche Ukraine 2005

Als Exportländer für (Energie-) Körnermais kämen somit Serbien, Rumänien und Ungarn, für Weizen die Ukraine, Rumänien und Bulgarien in Frage. Exporte von Sonnenblumensaat wären am ehesten aus Bulgarien, der Ukraine, Ungarn und Rumänien zu erwarten.

### 3.3 Produktionsmengen ausgewählter Feldfrüchte

Bei den absoluten Produktionsmengen an Raps dominiert nach Deutschland Tschechien. Es sind jedoch starke Schwankungen zu beobachten, 2003 war ein besonders starker Einbruch bei der Erntemenge zu verzeichnen. Auch in den anderen Ländern schwanken die Erntemengen erheblich. Dies ist wahrscheinlich nicht nur auf Schwankungen bei den Hektarerträgen, sondern auch bei den Anbauflächen zurückzuführen.

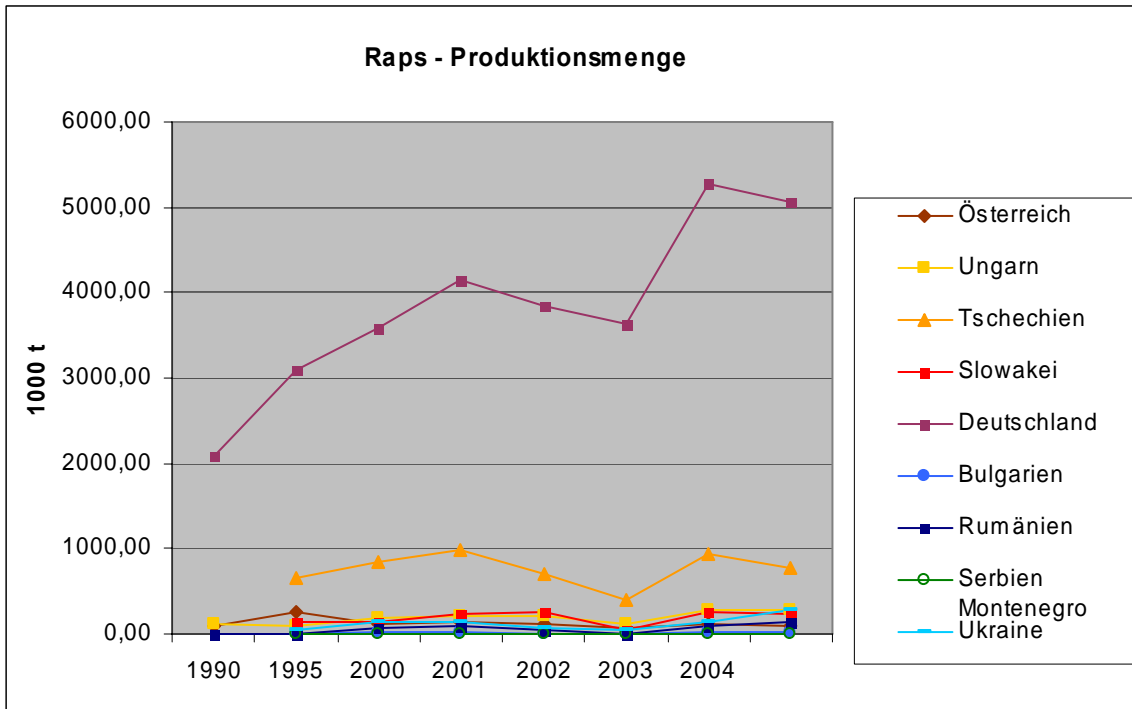


Abbildung 16: Entwicklung der Rapsproduktion

Die betrachteten Länder produzierten 2005 in Summe 6,9 Mio. t Raps, über 70% davon kamen aus Deutschland.

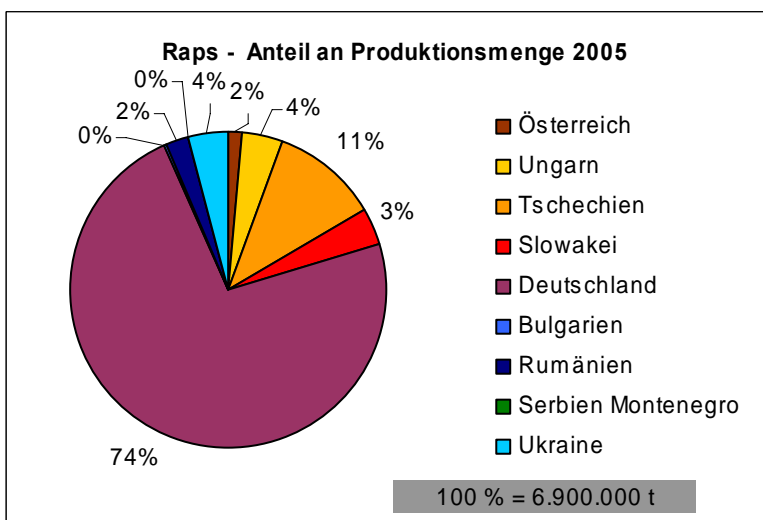


Abbildung 17: Anteilige Rapsproduktion 2005

Die höchsten Mengen an Sonnenblumen werden jährlich in der Ukraine geerntet, obwohl auch hier erhebliche Schwankungen auftreten. Die Erntemengen in den anderen Ländern stellen sich gleichmäßiger dar – mit steigender Tendenz in Rumänien, Ungarn und Bulgarien.

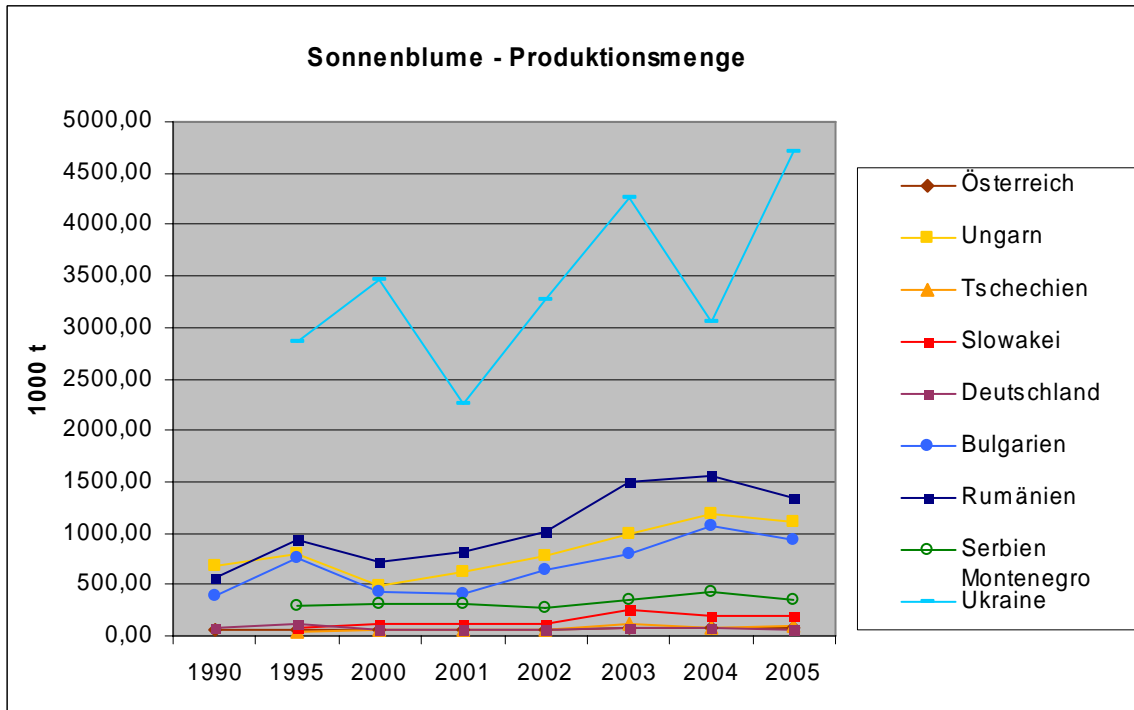


Abbildung 18: Entwicklung der Sonnenblumenproduktion

Über 50% der Produktionsmenge 2005, die sich auf 9 Mio. t beläuft, kamen aus der Ukraine, 15% aus Rumänien und 11% aus Bulgarien.

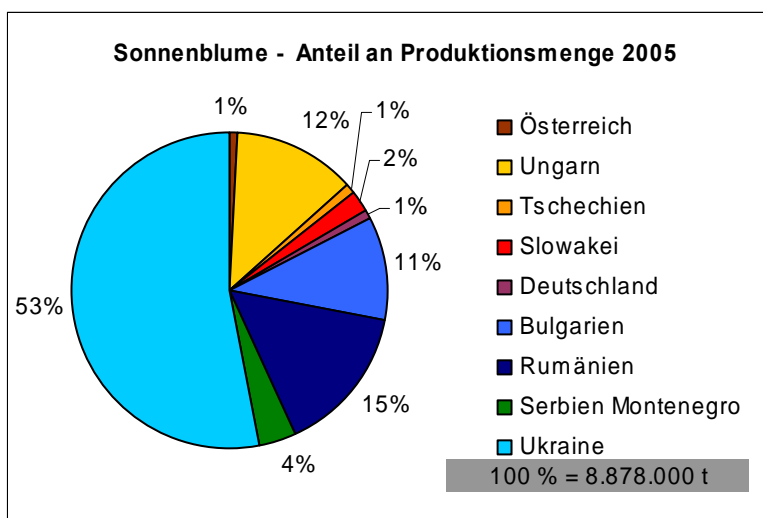


Abbildung 19: Anteilige Sonnenblumenproduktion 2005

Bei der Produktion von Weizen führt Deutschland, jedoch liegen die Erntemengen wiederum in einer erheblichen Bandbreite. 2003 war ein Einbruch bei der Produktionsmenge zu verzeichnen. Auch in den anderen Ländern gingen in diesem Jahr die Produktionsmengen zurück.

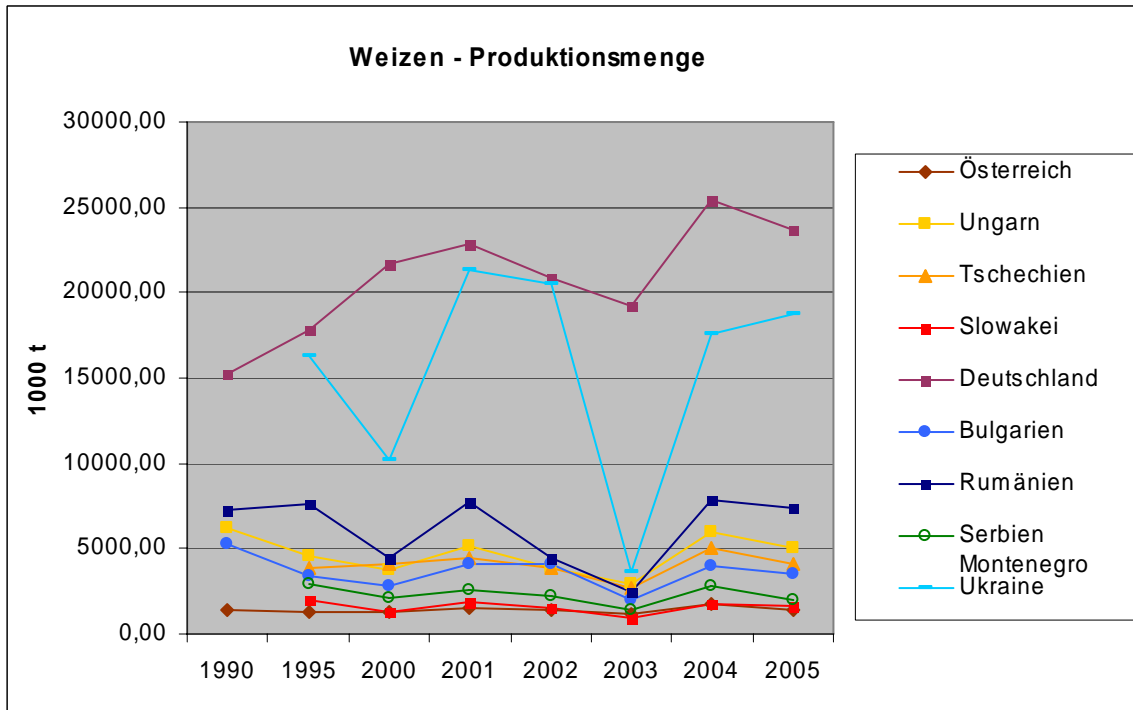


Abbildung 20: Entwicklung der Weizenproduktion

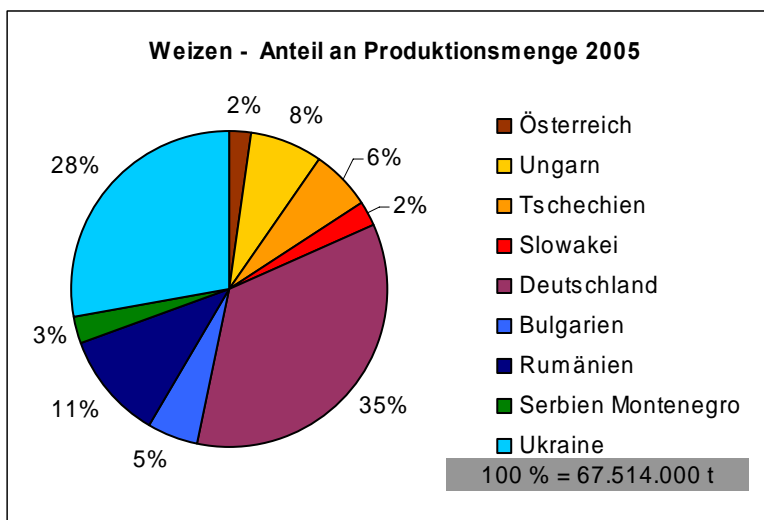


Abbildung 21: Anteilige Weizenproduktion 2005

2005 wurden in diesen Ländern 67,5 Mio. t. Weizen produziert, 35 % davon in Deutschland.

Große Mengen an Körnermais werden in Rumänien, Ungarn, Serbien und Ukraine produziert, zum Teil mit erheblichen Schwankungen. Im Gegensatz dazu sind die Produktionsmengen in Österreich, Tschechien und Slowakei relativ konstant.

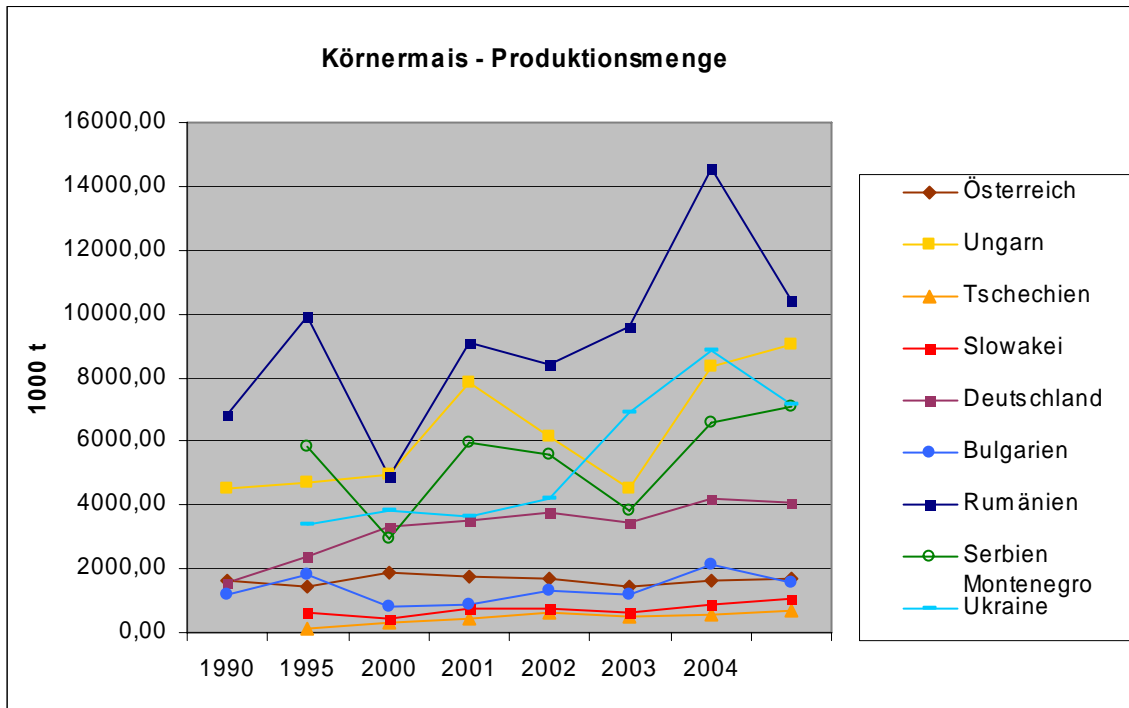


Abbildung 22: Entwicklung der Körnermaisproduktion

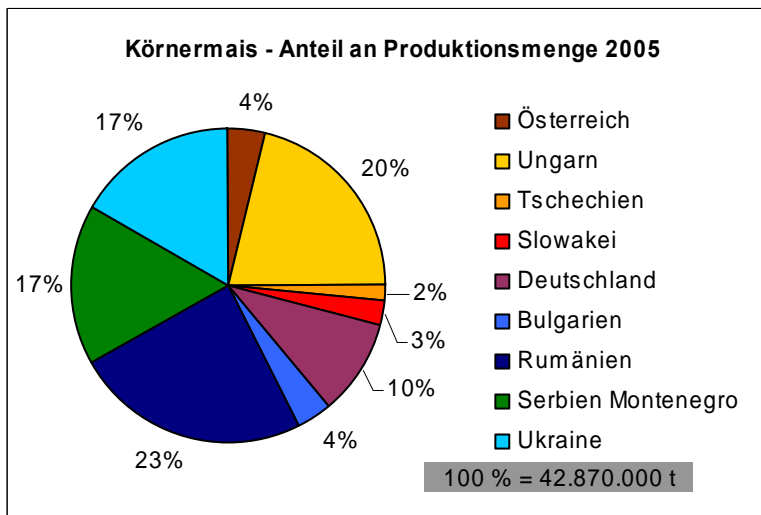


Abbildung 23: Anteilige Körnermaisproduktion 2005

Von den 42,8 Mio. t Körnermais im Jahr 2005 kamen 23% aus Rumänien, 20% aus Ungarn und jeweils 17% aus Serbien und Ukraine.

### 3.4 Anbauflächen ausgewählter Feldfrüchte

#### Raps

Deutschland baut weitaus die größten Mengen an Raps an. Danach folgt Tschechien, wo 2001 der Anbau das höchste Niveau (ca. 350.000 ha) erreichte, 2003 fiel die Fläche auf dem tiefsten Wert von ca. 250.000 ha. Auch in den anderen Ländern sind erhebliche Schwankungen zu verzeichnen, es lässt sich aber kein Trend erkennen.

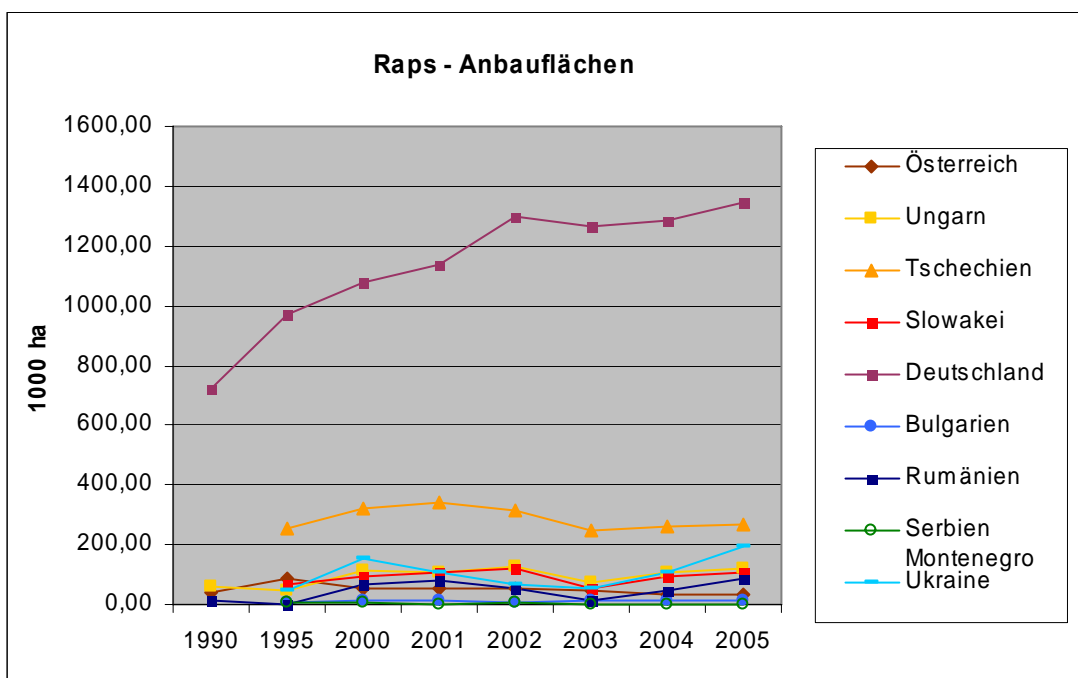


Abbildung 24: Entwicklung der Rapsanbauflächen

Ursache für die Entwicklung in Deutschland sind die günstigen klimatischen Bedingungen. Als weitere Ursache werden die intensiven Bemühungen der deutschen Landwirte im Allgemeinen und der Union zur Förderung der Öl und Proteinpflanzen im speziellen vermutet.

## Sonnenblume

Hauptproduktionsgebiete sind die Ukraine, Rumänien, Bulgarien und Ungarn. Die Anbauflächen für Sonnenblume in der Ukraine schwanken stark, die Tendenz ist grundsätzlich steigend. Leicht steigende Tendenz ist auch in Rumänien zu verzeichnen.

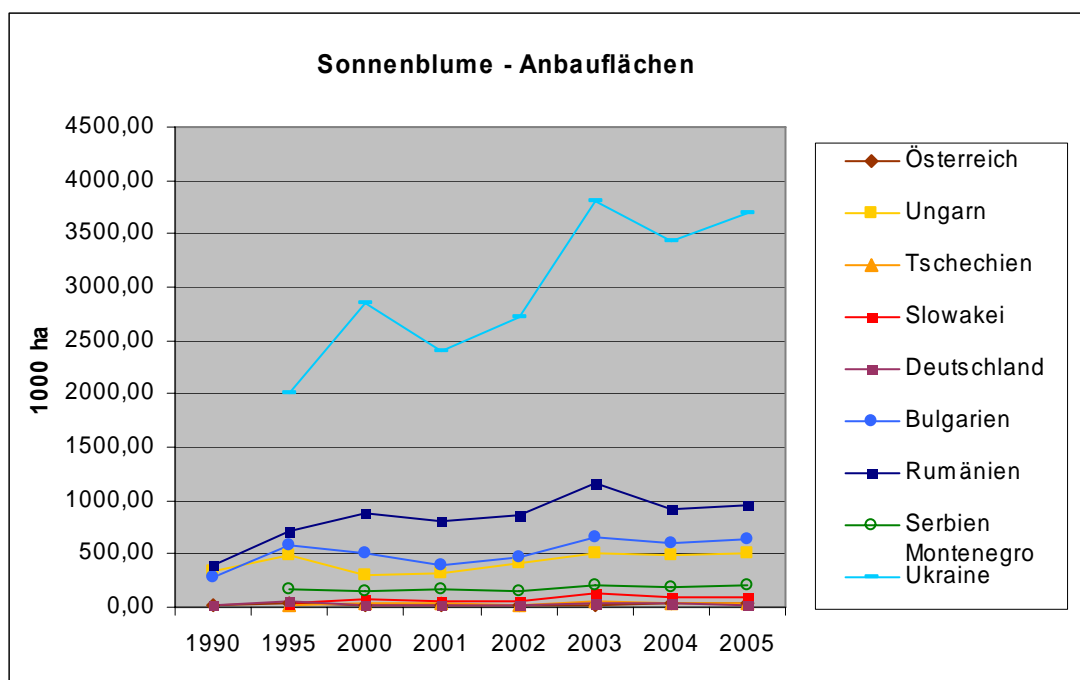


Abbildung 25: Entwicklung der Sonnenblumenanbauflächen



**Weizen**

Auch die Weizenanbauflächen variieren in der Ukraine, Rumänien und Bulgarien stark. In der Ukraine ist im Jahr 2003 die Fläche von 7.000.000 ha im Vorjahr auf 2.500.000 ha gesunken. Seitdem war wieder eine Steigerung zu verzeichnen.

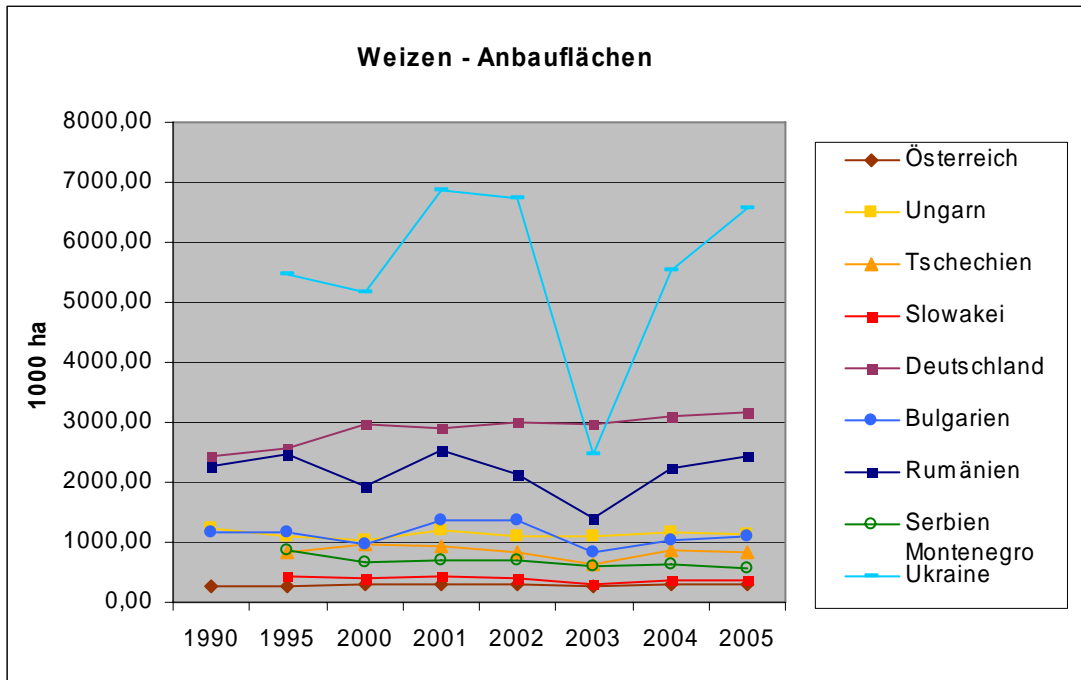


Abbildung 26: Entwicklung der Weizenanbauflächen

### Körnermais

Schwankungen bei den Anbauflächen für Körnermais kommen vor allem in den Ländern mit den größten Flächen (Rumänien und Ukraine) vor, ansonsten ist die Entwicklung relativ konstant.

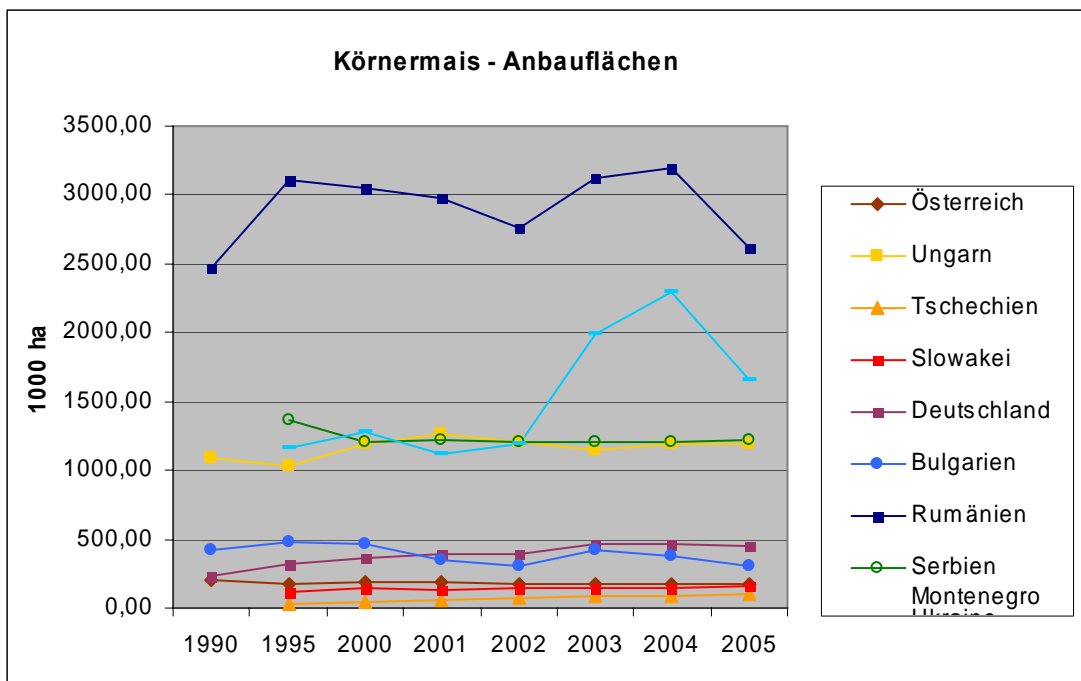


Abbildung 27: Entwicklung der Körnermais-Anbauflächen

### 3.5 Hektarerträge ausgewählter Feldfrüchte

#### Raps

Die höchsten Hektarerträge bei Raps werden in Deutschland, Österreich und Tschechien erzielt. Die Bandbreite liegt hier zwischen 2,5 und 4,1 t/ha. Die Erfolge in Deutschland sind auf günstige klimatische Bedingungen, die langjährigen Erfahrungen sowie die züchterischen Maßnahmen zurück zu führen. Die Erträge in Rumänien, Serbien und der Ukraine erreichen nicht einmal die Hälfte der Erträge in Deutschland.

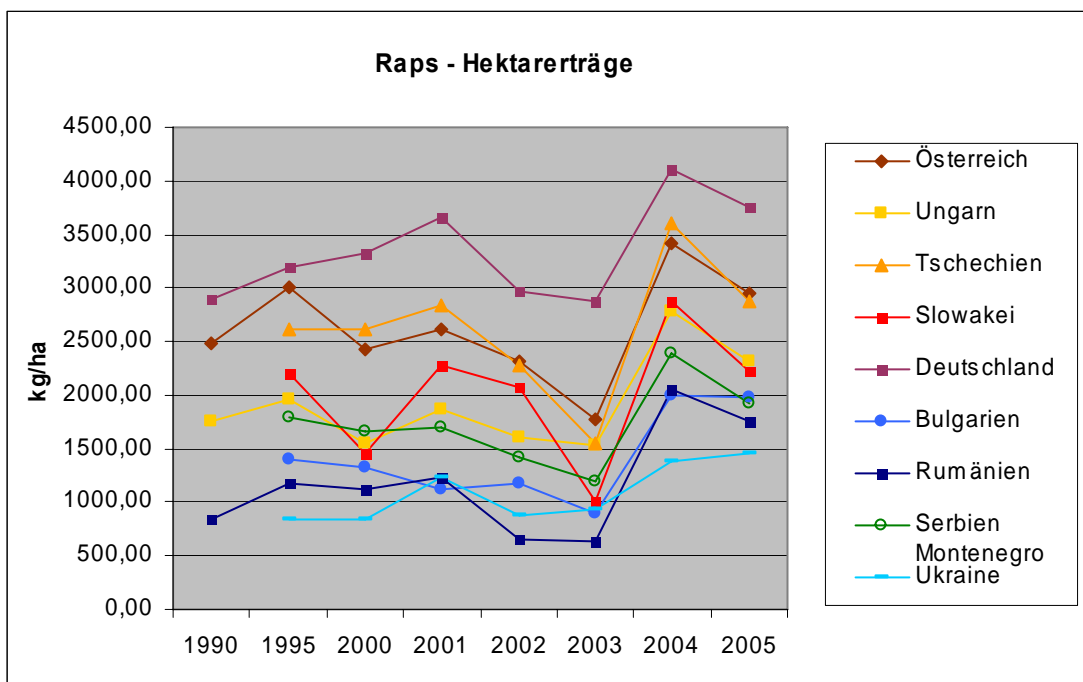


Abbildung 28: Entwicklung der Hektarerträge bei Raps

In allen Ländern schwanken die Rapsrerträge stark, wobei die Schwankungen in allen Ländern ähnlich sind; 2003 wurden die geringsten Hektarerträge, 2004 die höchsten Hektarerträge erzielt.

## Sonnenblume

Bei den Hektarerträgen für Sonnenblume lässt sich keine eindeutige Tendenz erkennen. Die höchsten Erträge werden in Österreich erzielt, die geringsten in der Ukraine, Rumänien und Bulgarien. Mit Ausnahme der Ukraine war 2004 war ein verhältnismäßig gutes Jahr. Ausnehmend schlecht war die Ernte im Jahr 1995 in Ungarn.

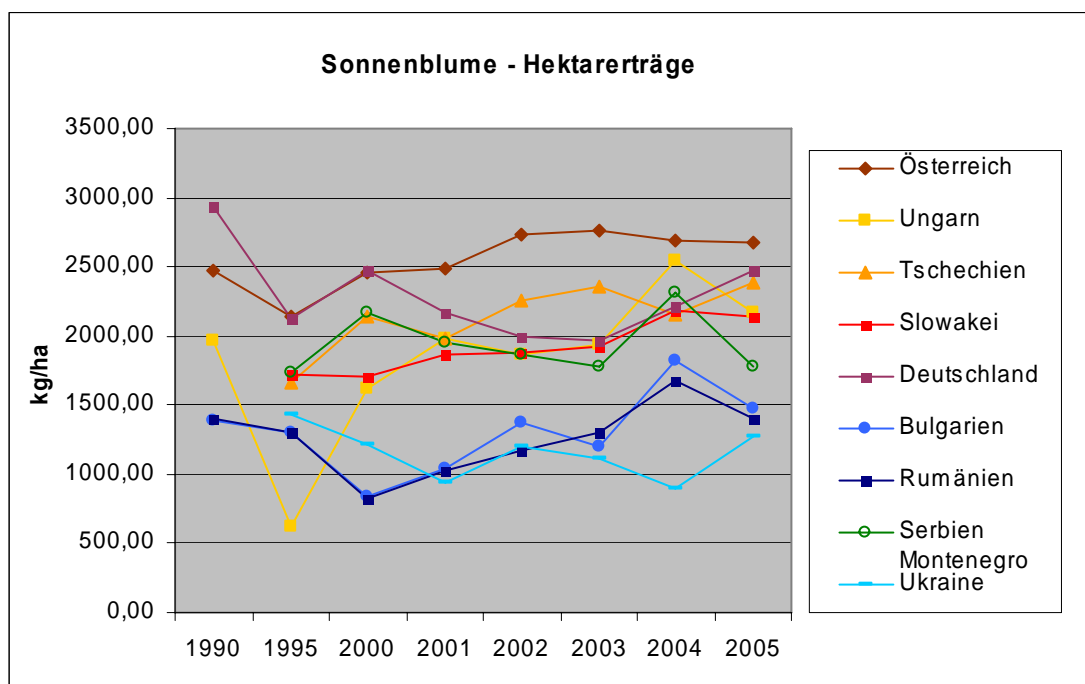


Abbildung 29: Entwicklung der Hektarerträge bei Sonnenblume

**Weizen**

Deutschland führt bei den Erträgen deutlich. Sehr gering sind die Erträge in der Ukraine, Rumänien, Serbien, Bulgarien und Ungarn, wobei der Trend dieser Länder kaum Steigerungen erkennen lässt.

Die Schwankungen der Erträge sind tendenziell ähnlich. Die geringsten Erträge wurden wiederum 2003, die höchsten 2004 erzielt.

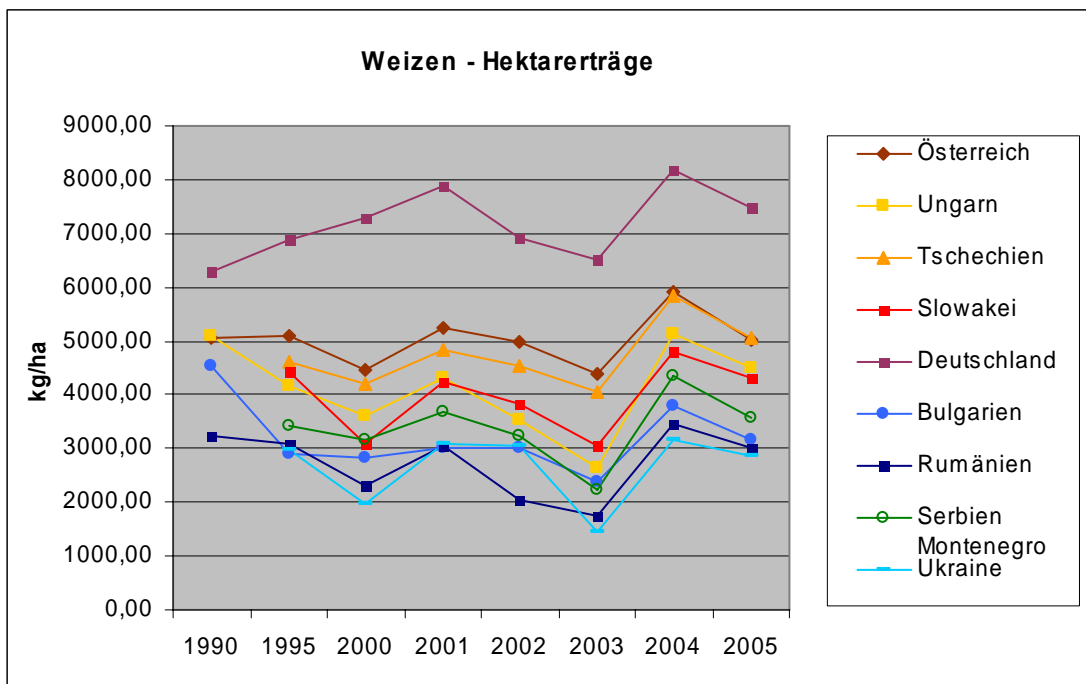


Abbildung 30: Entwicklung der Hektarerträge bei Weizen

## Körnermais

Bei Körnermais werden die höchsten Hektarerträge in Österreich (8-10 t/ha) und in Deutschland erzielt, anschließend folgen Tschechien und Ungarn.

Die Unterschiede zwischen einzelnen Ländern sind enorm. Die Produktivität ist in Deutschland und Österreich mehr als doppelt so hoch wie in Ungarn, Rumänien, Bulgarien und der Ukraine.

Die Erträge in der Tschechei schwanken stärker als in anderen Ländern. In der Ukraine entwickeln sich die Erträge gleichmäßig und leicht steigend.

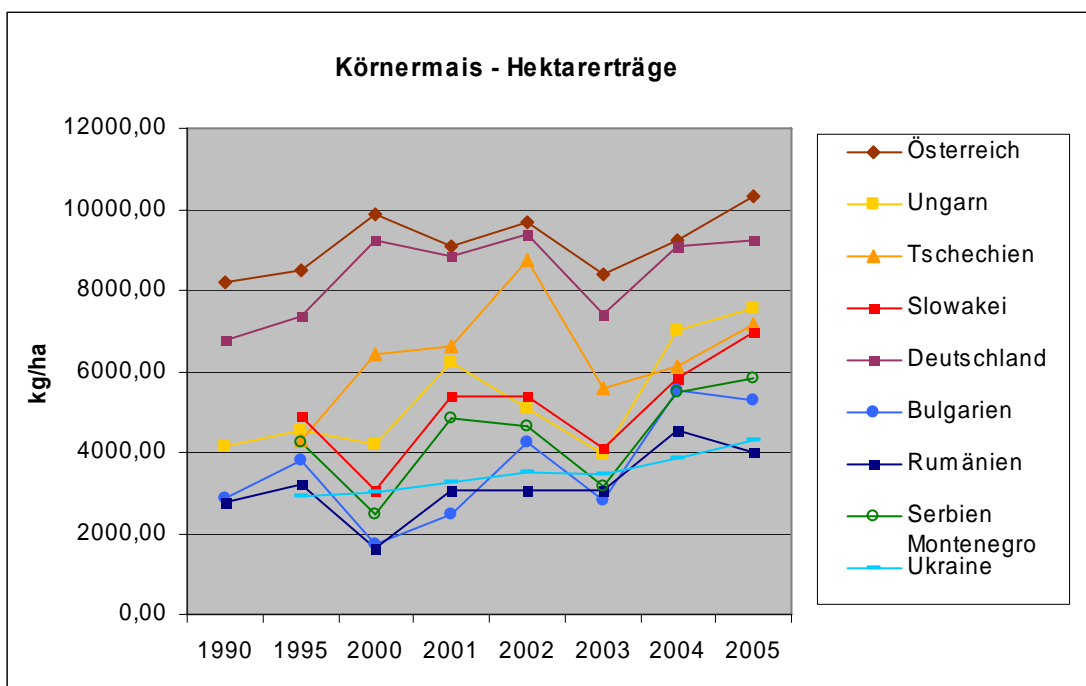


Abbildung 31: Entwicklung der Hektarerträge bei Körnermais

## 4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Anerkannte Europäische Studien weisen beträchtliche Flächenpotentiale für die Erzeugung von Bioenergie aus, wobei die Ergebnisse stark von den Szenarien abhängen. In der Studie von Thränen et al. werden im Umweltszenario folgende Potentiale genannt:

Energieflächenpotentiale in Hektar im Umweltszenario nach Thränen et al.			
ohne Deutschland und Österreich		mit Deutschland und Österreich	
		Deutschland .....	5.159.000
Ungarn .....	2.777.000	Ungarn .....	2.777.000
Rumänien .....	1.716.000	Rumänien .....	1.716.000
Bulgarien .....	1.403.000	Bulgarien .....	1.403.000
Tschechien .....	965.000	Tschechien .....	965.000
Slowakei .....	386.000	Österreich .....	408.000
<b>Gesamt .....</b>	<b>7.247.000</b>	Slowakei .....	386.000
		<b>Gesamt .....</b>	<b>12.814.000</b>

Die Studien geben wenig Auskunft über Chancen und Grenzen von Exporten. Ziel der gegenständlichen Arbeit war daher zu prüfen, ob Chancen bestehen, aus dem Donauraum landwirtschaftlich Rohstoffe zur Erzeugung von Biotreibstoffen zu importieren. Zur Beurteilung wurden die Bodennutzung, die Ackerflächen je Einwohner, die Zusammensetzung der landwirtschaftlichen Flächen, der Anteil ausgewählter Feldfrüchte sowie deren Produktionsmengen (in der zeitlichen Entwicklung), die Anbauflächen und die Hektarerträge in Tschechien, der Slowakei, Ungarn, Rumänien, Bulgarien, Ukraine und Serbien Montenegro mit denen von Österreich und Deutschland verglichen.

Deutschland hat mit 231 Einwohnern pro km<sup>2</sup> die größte Bevölkerungsdichte. Es folgen Tschechien, Slowakei und Ungarn mit ca. 110 bis 130 Einwohner pro km<sup>2</sup>. Österreich hat eine Bevölkerungsdichte von 93 Einwohnern pro km<sup>2</sup>, vergleichbar mit Rumänien und Serbien. Bulgarien und Ukraine sind dünner besiedelt. Rumänien, Bulgarien und die Ukraine haben damit gute, Deutschland schlechte Voraussetzungen für Bioenergie. Österreich, Ungarn, Tschechien, die Slowakei und Serbien-Montenegro liegen im Mittelfeld.

In Österreich werden lediglich 39% der Staatsfläche landwirtschaftlich genutzt<sup>6</sup>, im Vergleich zu den anderen Ländern ist dies der geringste Anteil (Slowakei: 40%, Bulgarien: 47%). Mit 48% ist auch in Deutschland der Anteil der landwirtschaftlich genutzten Fläche an der Gesamtfläche gering. Zu den Ländern mit mehr als 50 % Ackerfläche gehören Tschechien (54%), Serbien (55%), Rumänien (61%), Ungarn (63%) und die Ukraine (68%). In grober Näherung lässt sich daraus auch auf die Chancen der Erzeugung von Bioenergie schließen.

<sup>6</sup> auffallend ist auch der höchste Grünlandanteil.

Anteil ausgewählter Feldfrüchte an der Ackerfläche in %

	Weizen		Körnermais		Sonstige
Bulgarien	36	Serbien	35	Rumänien	46
Tschechien	27	Rumänien	28	Deutschland	42
Slowakei	27	Ungarn	25	Tschechien	39
Deutschland	27	Österreich	12	Bulgarien	38
	Raps		Sonnenbl.		Zuckerr.
Deutschland	11	Bulgarien	20	Deutschland	4
Tschechien	9	Ukraine	11	Österreich	3
Slowakei	8	Ungarn	10	Tschechien	2
Österreich	3	Rumänien	10	Slowakei	2

Bulgarien baut auffallend viel Weizen, Serbien auffallend viel Körnermais an. Deutschland, Tschechien und die Slowakei sind stark bei Raps, während Bulgarien, die Ukraine, Ungarn und Rumänien vergleichsweise viel Sonnenblume anbauen.

Ein Vergleich der Länder liefert folgendes Ergebnis:

- Deutschland ist dicht besiedelt und verfügt über die geringste landwirtschaftliche Fläche pro Einwohner. Die hoch entwickelte Landwirtschaft und die intensiven Bemühungen um Biotreibstoffe haben Deutschland an die erste Stelle bei der Erzeugung von Rohstoffen für Biotreibstoffe gebracht. Die Erfolge bauen wegen der günstigen klimatischen Bedingungen auf Raps auf, Deutschland erzeugt 74 % der Menge der betrachteten Länder. Die Entwicklung von Raps wurde durch die Union zur Förderung der Öl- und Proteinproduktion (UFOP) intensiv unterstützt.

Ähnliche Erfolge wie bei Raps werden bei der Erzeugung von stärke- und zuckerhaltigen Rohstoffen für die Erzeugung von Ethanol angestrebt. Die Voraussetzungen dafür scheinen ebenfalls günstig. Die ehrgeizigen Biotreibstoffziele Deutschlands und die beschränkten Flächenreserven lassen keine Exporte erwarten.

- Ungarn hat nach der Ukraine die höchste Ackerfläche pro Einwohner. Die großen Flächenreserven für Bioenergie werden auch von europäischen Potentialstudien bestätigt. Wichtige landwirtschaftliche Nutzpflanzen sind Mais, Weizen und Sonnenblume, Raps spielt eine untergeordnete Rolle. Nach der Ukraine ist Ungarn der bedeutendste Produzent von Sonnenblumensaat, wobei Ungarn nach Österreich mit Tschechien und der Slowakei die höchsten Hektarerträge erreicht. Ungarn ist damit potentieller Lieferant von Sonnenblumensaat oder Öl.
- Die Slowakei hat ungünstige Voraussetzungen für den Export von Bioenergie. Das Land ist klein, die Bevölkerungsdichte ist relativ hoch, die landwirtschaftlich genutzte Fläche relativ gering. Auffallend hoch ist der Anteil von Raps, der auf 8% der Ackerfläche angebaut wird.
- Tschechien hat gute Voraussetzungen für Biotreibstoffe. Je Einwohner ist deutlich mehr Ackerfläche als in Österreich verfügbar. Wichtigste Feldfrüchte sind Weizen, Gerste und Raps. Nach Deutschland ist Tschechien der zweitwichtigste Rapsproduzent



in den betrachteten Ländern. Die Weizen- und Rapsertträge liegen nach Deutschland gemeinsam mit Österreich im Spitzenfeld. Wegen des zu erwartenden Eigenbedarfs an Biotreibstoffen sind Exporte eher unwahrscheinlich.

- Rumänien und Bulgarien haben pro Kopf der Bevölkerung ähnlich viel Ackerfläche wie Ungarn, die Besiedelungsdichte ist ähnlich wie die von Österreich. Wichtigste Feldfrüchte sind Körnermais. Weizen und Sonnenblume. Rumänien erscheint daher als potentieller Lieferant von Mais zur Erzeugung von Ethanol. Die Erträge der genannten Feldfrüchte sind gering.
- Bulgarien hat pro Kopf der Bevölkerung ähnlich hohe Ackerflächen wie Ungarn und Rumänien. Bei den Feldfrüchten dominieren Weizen und Sonnenblume, wobei die Erträge der genannten Feldfrüchte gering sind. Der Sonnenblumenproduktion ist in Bulgarien nach dem Jahr 2000 stetig gewachsen, Bulgarien ist damit potentieller Lieferant von Sonnenblumensaat für Biodiesel.
- Die Ukraine ist der größte untersuchte Staat und hat nach Deutschland die meisten Einwohner. Auffallend gering ist die Bevölkerungsdichte, sehr hoch ist die pro Einwohner verfügbare Ackerfläche. Die am weitesten verbreiteten Feldfrüchte sind Weizen, Gerste und Sonnenblume. Die Ukraine hat 2005 mehr als die Hälfte der Sonnenblumensaat in den untersuchten Ländern erzeugt. Raps spielt keine Rolle. Die Anbauflächen der verschiedenen Feldfrüchte variieren von Jahr zu Jahr stark, sehr starke Schwankungen sind bei den Erträgen zu beobachten. Die durchschnittlichen Erträge aller Feldfrüchte sind ähnlich gering wie in Rumänien, Bulgarien und Serbien.
- Die Entwicklung der Landwirtschaft in Serbien – Montenegro wird von der gesellschaftlichen Entwicklung abhängen, mengenmäßig bedeutende Exporte sind eher nicht zu erwarten.

Europäische Studien weisen für Ungarn die höchsten Flächenpotentiale auf; Ungarn könnte sowohl Getreide für die Ethanolherzeugung als auch Sonnenblumensaat oder Öl für die Biodieselerzeugung exportieren. Günstige Voraussetzungen für Getreide, Mais und Sonnenblume bestehen auch in Rumänien und Bulgarien. Die besten Chancen hat die Ukraine. Auffallend bei den drei letztgenannten Ländern sind die geringen Hektarerträge sowie starken Schwankungen der Anbauflächen der einzelnen Feldfrüchte. Als Ursache für die Ertragschwankungen und die geringen Erträge werden neben den Witterungseinflüssen schlechte landwirtschaftliche Praxis vermutet.

Der Erfolg der Biotreibstoffe ist eng mit Fortschritten der landwirtschaftlichen Produktion verbunden. Die Entwicklung einer modernen Landwirtschaft war und ist durch ständige Produktivitätssteigerungen gekennzeichnet. Deutschland war dabei der erfolgreichste Nachbarstaat, gefolgt von Tschechien und der Slowakei. Ähnliche Erfolge mögen auch in Ländern mit derzeit geringen Erträgen möglich sein.

Die Ergebnisse lassen Trends und Tendenzen erkennen, reichen aber für gesicherte Aussagen nicht aus. Sollten Importe aus den osteuropäischen Nachbarstaaten für die Erreichung der österreichischen Ziele berücksichtigt werden, sind eingehende Analysen unerlässlich. Diese Analysen sollten auch den wachsenden Bedarf an Biotreibstoffen und Rohstoffen für deren Erzeugung in den Ländern der Europäischen Union berücksichtigen.

## 5 Quellen

EEA 2006: EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY: How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Report No 7/2006,, ISBN 1725-9177, Copenhagen 2006

Thrän 2005: THRÄN, D. et.al.: Nachhaltige Biomassennutzungsstrategien im europäischen Kontext, Institut für Energetik und Umwelt GmbH (IE), Leipzig 2005

Daten der FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, <http://faostat.fao.org>)

# Anhang E

## Umweltbewertung

### Inhalt

E-1	Methodik .....	2
E-2	Prozessketten .....	4
E-3	Treibhausgas-Emissionen .....	7
E-3.1	Technologie – „Ist“ (2007) .....	10
E-3.2	Technologie – „Zukunft“ (2050) .....	14
E-4	Primärenergieaufwand.....	18
E-4.1	Technologie – „Ist“ (2007) .....	18
E-4.2	Technologie – „Zukunft“ (2050) .....	22
E-5	Andere Umweltauswirkungen .....	26
E-6	Literatur.....	28

## E-1 Methodik

Als Maß für die Treibhauswirkung der betrachteten Treibhausgase - Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O) - wird das Treibhauspotential (GWP - Global Warming Potential) verwendet, das den Beitrag verschiedener Gase zu einer möglichen Erwärmung der Erdatmosphäre in Form einer äquivalenten Menge CO<sub>2</sub> ausdrückt. Das Konzept des Treibhauspotentials wurde entwickelt, um die Beiträge der Gase auf die mögliche Erwärmung der Erdatmosphäre vergleichbar und damit summierbar zu machen. Dieses Konzept wird auch im Rahmen der Kyoto-Verpflichtungen verwendet. Die Treibhauswirkung eines Kilogramms des Gases wird als Vielfaches ("Äquivalenzfaktor") der Treibhauswirkung von einem Kilogramm CO<sub>2</sub> angegeben. Mit den Äquivalenzfaktoren werden die Gasmengen von CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O in äquivalente CO<sub>2</sub>-Mengen (CO<sub>2</sub>-Äq) umgerechnet. Die aus den Lebenszyklusanalysen ermittelten Treibhausgas-Emissionsfaktoren haben daher die Dimension [g CO<sub>2</sub>-Äq/KFZ-km] und [g CO<sub>2</sub>-Äq/t-km]. Entsprechend den internationalen Übereinkünften werden im weiteren die Äquivalenzfaktoren für einen Betrachtungszeitpunkt von 100 Jahre verwendet: CO<sub>2</sub> = 1 CO<sub>2</sub>-Äq, CH<sub>4</sub> = 23 CO<sub>2</sub>-Äq, N<sub>2</sub>O = 296 CO<sub>2</sub>-Äq.

In der Analyse werden alle beteiligten Stoffe und Prozesse berücksichtigt: Hilfsenergien wie z. B. Strom, Hilfsstoffe wie z. B. Düngemittel beim Anbau landwirtschaftlicher Nutzpflanzen, Errichtung und Entsorgung der Anlagen und Fahrzeuge, Verbrennung der Treibstoffe, Verwertung der Nebenprodukte, Substitution anderer Produkte durch die Nebenprodukte, stoffliche Verluste und Referenznutzung (Abbildung E- 1). Für den zur Gewinnung der Bioenergie eingesetzten biogenen Kohlenstoff wird angenommen, dass die Bilanz der Netto-CO<sub>2</sub>-Fixierung durch die Photosynthese, der Kohlenstoff-Speicherung und der Verbrennung von Biomasse Null ist, wie dies in den vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) erstellten Richtlinien für die Energiewirtschaft festgelegt ist. Damit werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse mit Null bilanziert (Jungmeier et al. 2003).

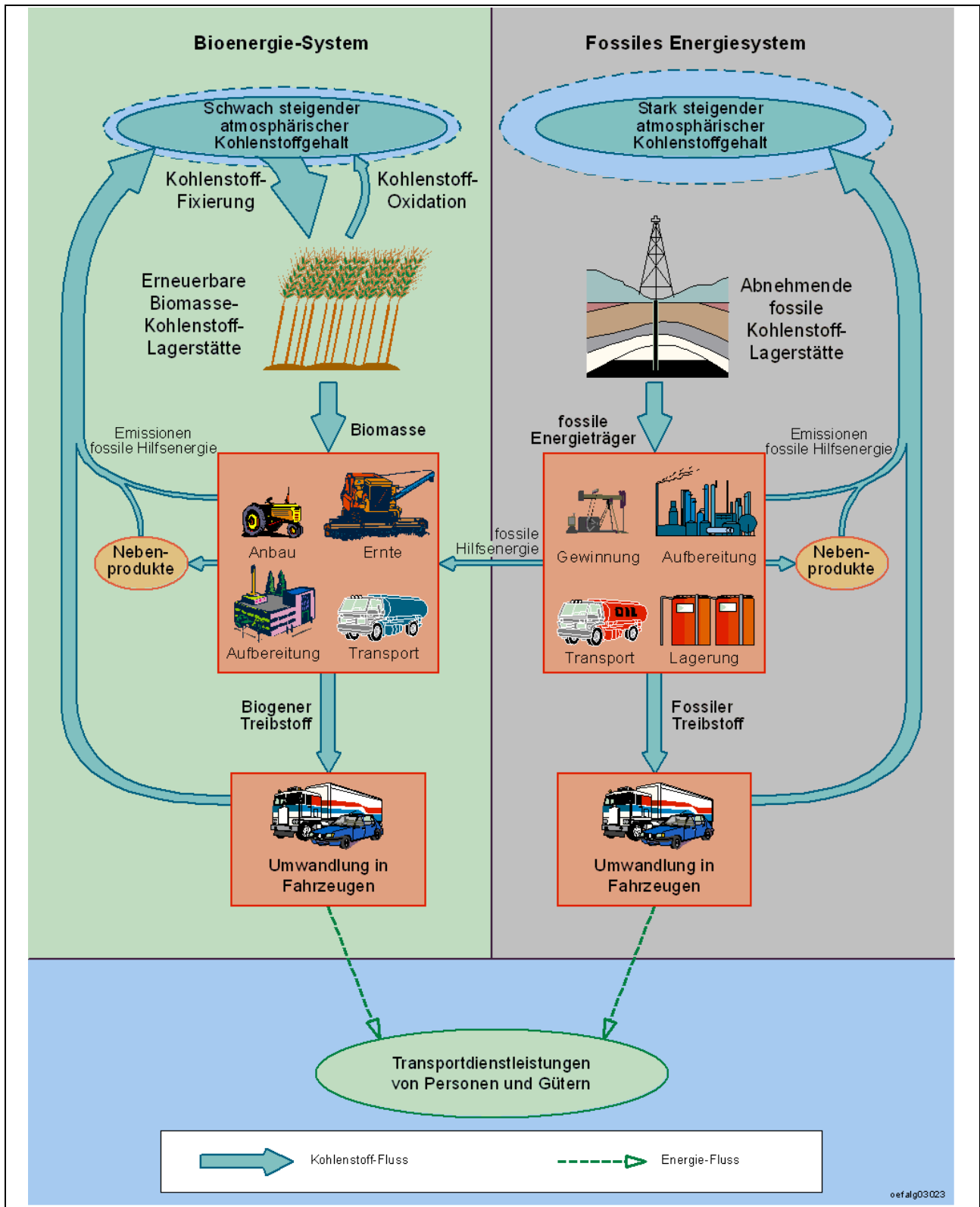


Abbildung E- 1: Kohlenstoff- und Energieflüsse der Transportsysteme für den Vergleich der Treibhausgas-Emissionen

## E-2 Prozessketten

Im Folgenden werden die Prozessketten „Biodiesel und Diesel“, „Bioethanol und Benzin“, „Biogas, Erdgas und Synthetisches Erdgas“ und „Wasserstoff aus Energieholz und Erdgas“ beschrieben. Nachfolgend werden noch statistische Ergebnisse der jeweiligen Prozessketten für das Jahr 2007 und 2050 dargestellt und zwar für die Treibhausgas- Emissionen und den Primärenergieaufwand.

Die Prozessketten als Grundlage für die Lebenszyklusanalyse von Diesel und Biodiesel sind in Abbildung E- 2: Prozessketten eines Personenkraftwagens betrieben mit Biodiesel und mit Dieselschematisch dargestellt. Beim Referenzsystem wird neben dem Fahrzeug mit konventionellem Diesel auch die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche als Brache, die Erzeugung von Dünger bzw. Soja-Futter sowie die synthetische Erzeugung von Glycerin bzw. Heizwärme-Erzeugung mit Heizöl betrachtet.

In Abbildung E- 3 werden die Prozessketten für Bioethanol und Benzin schematisch dargestellt. Beim Referenzsystem wird neben dem Fahrzeug mit Benzin auch die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche als Brache, die Erzeugung von Dünger bzw. Soja-Futter betrachtet.

In Abbildung E- 4 werden wiederum die Prozessketten als Grundlage für die Lebenszyklusanalyse von Biogas und Erdgas schematisch dargestellt. Beim Referenzsystem wird neben dem Fahrzeug mit Erdgas auch die Referenznutzung der unvergorenen Gülle - Lagerung und Nutzung als landwirtschaftlicher Dünger - sowie die verbesserte Düngewirkung von vergorener Gülle und die damit zu erzielende Reduktion von mineralischen Düngemitteln betrachtet.

In Abbildung E- 5 werden die Prozessketten Wasserstoff aus Energieholz und Erdgas schematisch dargestellt. Neben dem Fahrzeug mit Wasserstoff aus Erdgas wird als Referenzsystem auch die Nutzung der landwirtschaftlichen Fläche als Brache und die Stromerzeugung aus fossilen Brennstoffen im Vergleich zur gekoppelten Wasserstoff- und Strom-Erzeugung aus Energieholz betrachtet.

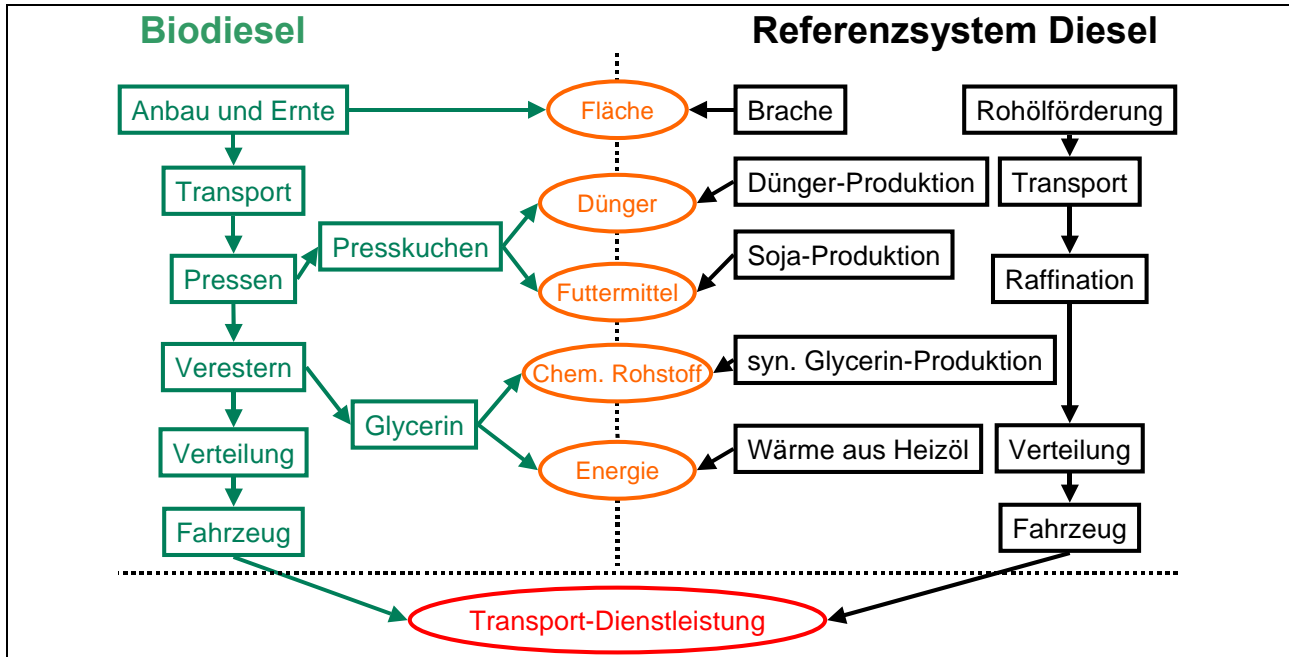


Abbildung E- 2: Prozessketten eines Personenkraftwagens betrieben mit Biodiesel und mit Diesel

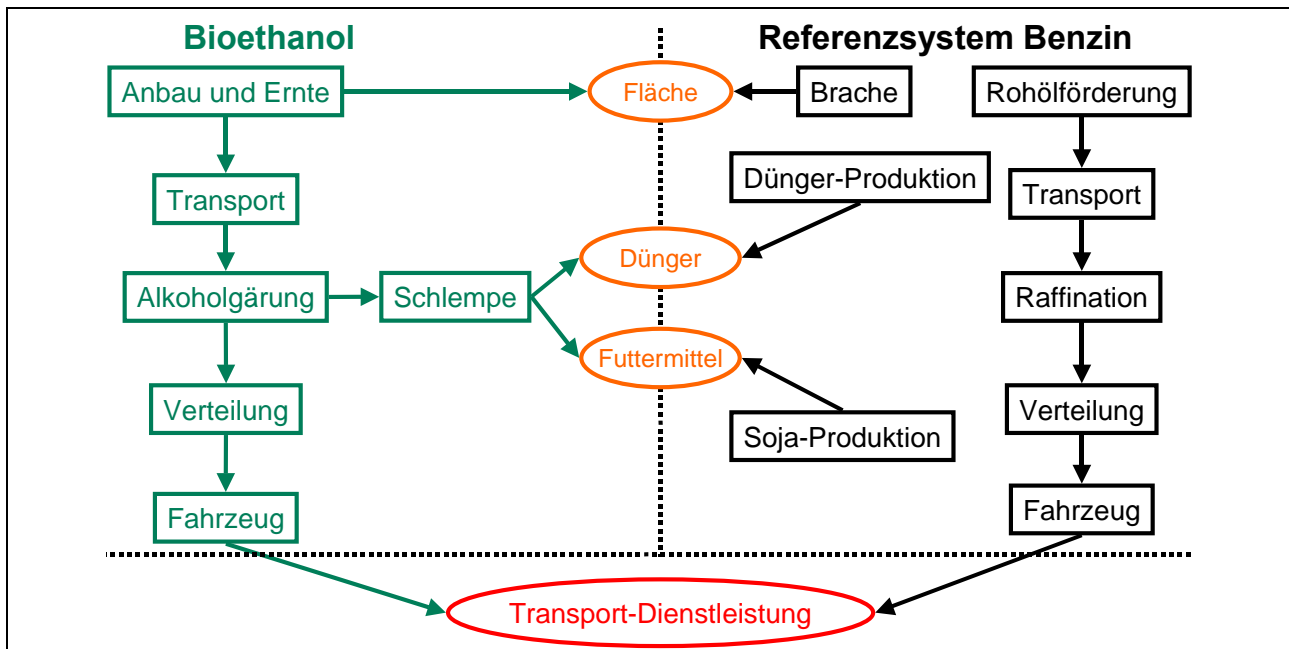


Abbildung E- 3: Prozessketten eines Personenkraftwagens betrieben mit Bioethanol und Benzin

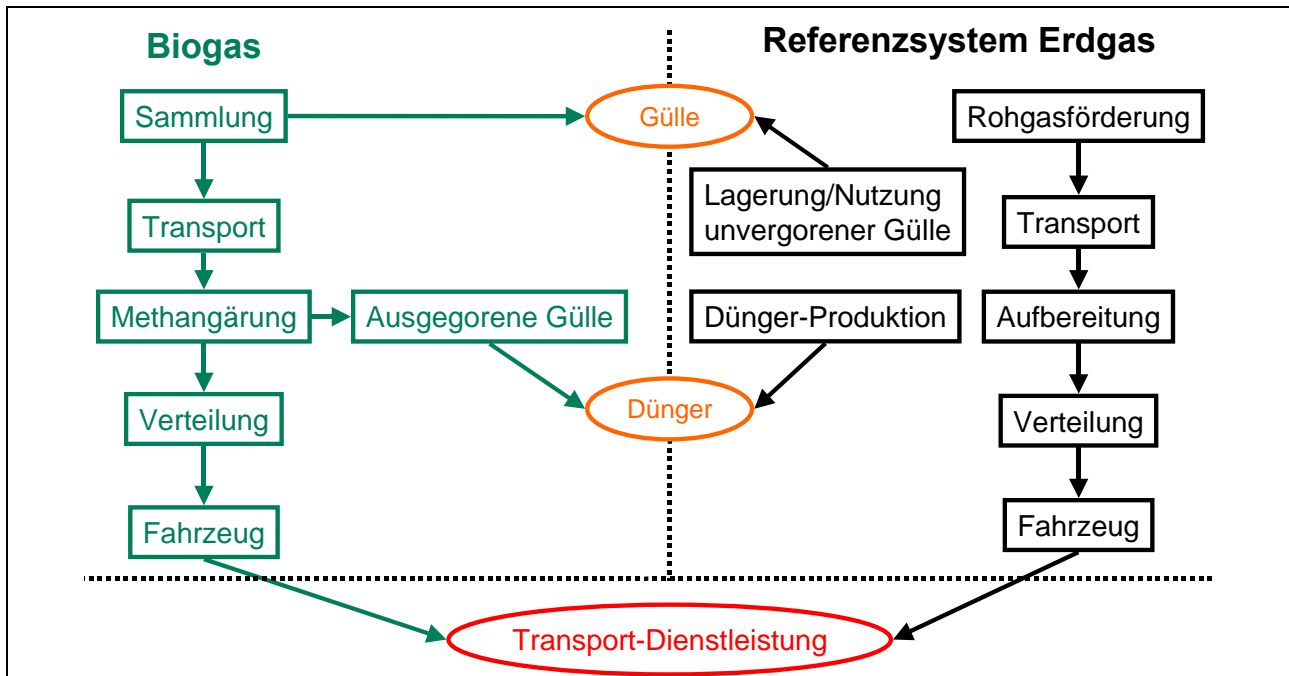


Abbildung E- 4: Prozessketten eines Personenkraftwagens betrieben mit Biogas und Erdgas

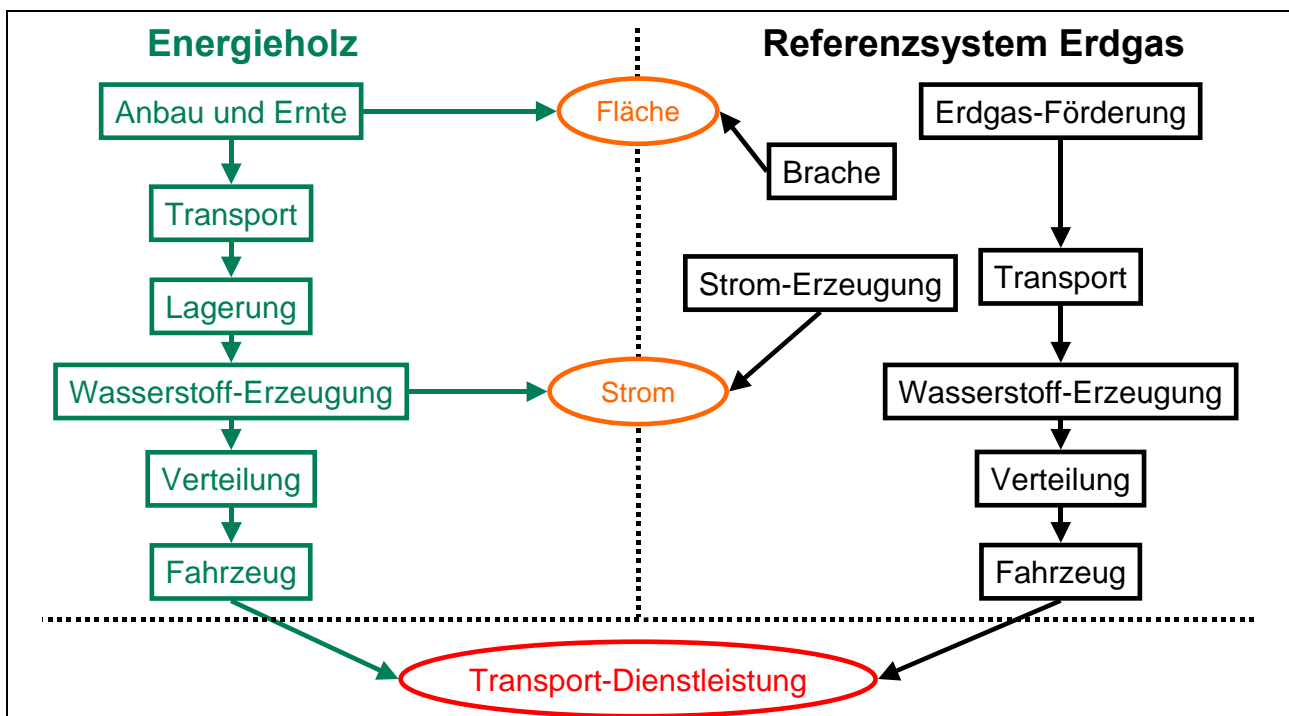


Abbildung E- 5: Prozessketten eines Personenkraftwagens betrieben mit Wasserstoff aus Energieholz und Erdgas



### E-3 Treibhausgas-Emissionen

Für die Ermittlung der Treibhausgasemissionen und des Energieeinsatzes über den gesamten Lebenszyklus wurde das Projekt ALTANKRA (Stand 1.12.2007) herangezogen (Haas et al. 2008).

Es wurden 26 Kraftstoff-Antriebesketten definiert, die aus heutiger Sicht in Österreich in den nächsten Jahren und Jahrzehnten von Bedeutung sein könnten. Es werden also die Energieumwandlungspfade von der Rohstoffquelle bis zur Umsetzung in mechanische Energie für den Transport betrachtet. Diese Ketten unterteilen sich in solche, die auf fossilen Rohstoffen basieren und solche, die aus regenerativen Quellen bezogen werden. Bei allen Ketten, bei denen Verbrennungskraftmaschinen als Antrieb verwendet werden, wird zusätzlich noch die Option einer Hybridisierung berücksichtigt, also die Kombination von Verbrennungsmotor mit Elektromotor zum Zweck der Effizienzsteigerung.

Zu den fossilen Quellen gehören neben Benzin, Diesel und Erdgas auch synthetische Kraftstoffe - auf Basis von Erdgas auch Gas-to-Liquids (GTL) genannt, wobei hier synthetischer Diesel gewählt wurde. Eine weitere Kette auf fossiler Basis ist Wasserstoff, gewonnen aus Erdgas. Hier wird sowohl der Einsatz in Brennstoffzellen- als auch in Wasserstoffverbrennungsmotoren untersucht. Auch der Elektroantrieb wird, sofern er mit dem österreichischen Strom-Mix betrieben wird, zu den fossilen Ketten gezählt.

Zu den regenerativen Ketten zählen Biodiesel und Bioethanol, wobei jeweils verschiedene Rohstoffe untersucht werden. Bei Biodiesel werden Raps und Sonnenblumenkerne, bei Bioethanol Mais, Weizen, Zuckerrüben, Weiden, Hackgut und Stroh untersucht. Außerdem wird auch Biogas berücksichtigt, welches in aufbereiteter Form wie CNG in Erdgasfahrzeugen eingesetzt werden kann, wobei auch hier unterschiedliche Quellen, nämlich Gülle und ein Energiepflanzen-Mix betrachtet werden. Analog zu Biogas lässt sich auch Synthetic Natural Gas (SNG), gewonnen aus Holz, in Erdgasfahrzeugen einsetzen. Eine weitere regenerative Kette, die im Modell berücksichtigt wird, ist jene von Fischer-Tropsch-Diesel, gewonnen aus Hackgut. Es ist dies ein synthetischer Kraftstoff, der, analog zu oben genannten GTL-Kraftstoffen, aus Kohlenstoffquellen durch Vergasung und anschließender Synthese gewonnen wird. Beim regenerativen Wasserstoff ergibt sich eine Vielzahl von Ketten, da er einerseits aus vielen Quellen erzeugt werden und andererseits sowohl in Brennstoffzellenfahrzeugen als auch in Fahrzeugen mit Wasserstoffverbrennungsmotor eingesetzt werden kann. Die in dieser Arbeit betrachteten Ketten für Wasserstoff sind: aus Hackgut/Restholz und Holz aus Kurzumtrieb über Vergasung, aus Maissilage mit Biogas als Zwischenstufe und anschließender Dampfreformierung, durch Elektrolyse mit Strom aus Wasserkraft. Neben all diesen Ketten mit Biofuels wurde auch die Verwendung von Strom aus Wasserkraft im Elektroantrieb mit Batterien als Energiespeicher untersucht (Haas et al. 2008).

Sämtliche Details zur Methodik und zu den Grunddaten sind in den Anhängen A, B, C und D des Werkes „Treibhausgas-Emissionen und Kosten von Transportsystemen – Vergleich von biogenen mit fossilen Treibstoffen“ von G. Jungmeier, S. Hausberger und L. Canella, April 2003 dokumentiert.

Im Folgenden wird ein Überblick über die einsetzbaren Treibstoffe, Rohstoffe und Antriebstechnologien gegeben. Außerdem werden zwei unterschiedliche Technologien betrachtet: 1) Technologien im Jahr 2007 („Ist“) und 2) Technologien in 2050 („Zukunft“).

*Die verwendeten Treibstoffe sind:*

- Benzin,
- Diesel,
- Erdgas,
- Wasserstoff,
- Biodiesel,
- FT-Diesel,
- Bioethanol,
- Biogas,
- Synthetic Natural Gas und
- Öko- Wasserstoff.

*Die verwendeten Rohstoffe sind:*

- Rohöl,
- Erdgas,
- Raps,
- Sonnenblumen,
- Hackgut,
- Mais,
- Stroh,
- Weiden,
- Weizen,
- Zuckerrüben,
- Energiepflanzenmix,
- Gülle und
- Strom aus Wasserkraft

Die zur Verfügung stehenden Antriebstechnologien sind:

- Verbrennungskraftmotor,
- Brennstoffzellen und
- Hybridmotor (Verbrennungskraft- und Elektromotor)

Die daraus möglichen Kombinationen mit fossilen Ressourcen sind 9, mit biogenen Ressourcen 36. Aus dieser Aufstellung ist sehr deutlich zu sehen, dass bei der Verwendung von „Erneuerbaren“ Energien ein Vielfaches an möglichen Kombinationen im Vergleich zu fossilen Ressourcen zur Verfügung steht. Dabei ist es nicht entscheidend, ob die Technologie aus dem Jahr 2007 bzw. 2050 betrachtet wird, da in beiden Jahren dieselbe Anzahl an möglichen Kombination betrachtet werden.

Als Basis (= 100%) für die angestellten Vergleiche dient der Wert von Benzin in Verwendung mit Verbrennungskraftmotoren aus dem Jahr 2007, sowohl im Jahr 2007 als auch im Jahr 2050.

In Tabelle E- 1 wird eine Übersicht gegeben, welche Treibstoffarten (Fossil oder Bio) mit welchen Rohstoffen kombiniert werden können. In Tabelle E- 2 sind die verschiedenen Antriebstechnologien sowie die dafür geeigneten Treibstoffe dargestellt.

Tabelle E- 1: Auflistung der Treibstoffarten und die dafür geeigneten Rohstoff-Kombinationen

Treibstoffe		Rohstoff												
		Fossil		Landwirtschaftliche Energiepflanzen						Forstwirtschaft	Reststoffe		Strom aus Wasserkraft	
		Rohöl	Erdgas	Raps	Sonnenblumen	Mais	Weiden	Weizen	Zucker- rüben	Energie- pflanzen- mix	Hackgut	Stroh		Gülle
<b>Fossil</b>	Benzin	X												
	Diesel	X												
	Erdgas		X											
	Wasserstoff		X											
<b>Bio</b>	Biodiesel			X	X									
	FT-Diesel										X			
	Bioethanol					X	X	XX			XX			
	Biogas									X			X	
	SNG*										X			
	Öko-Wasserstoff						X			XX				X

- SNG... Synthetic Natural Gas

*Tabelle E- 2: Auflistung der Treibstoffarten und die dafür geeigneten Antriebsarten für den Betrieb eines Personenkraftwagens*

Treibstoffe		Antriebsarten für PKW's		
		vkm <sup>1</sup>	hyb <sup>2</sup>	bz <sup>3</sup>
Fossil	Benzin	X X		
	Diesel	X X		
	Erdgas	X X		
	Wasserstoff	X X		X
Bio	Biodiesel	X X		
	FT-Diesel	X X		
	Bioethanol	X X		
	Biogas	X X		
	SNG	X X		
	Öko- Wasserstoff	X X		X

<sup>1</sup> vkm... Verbrennkraftmotor

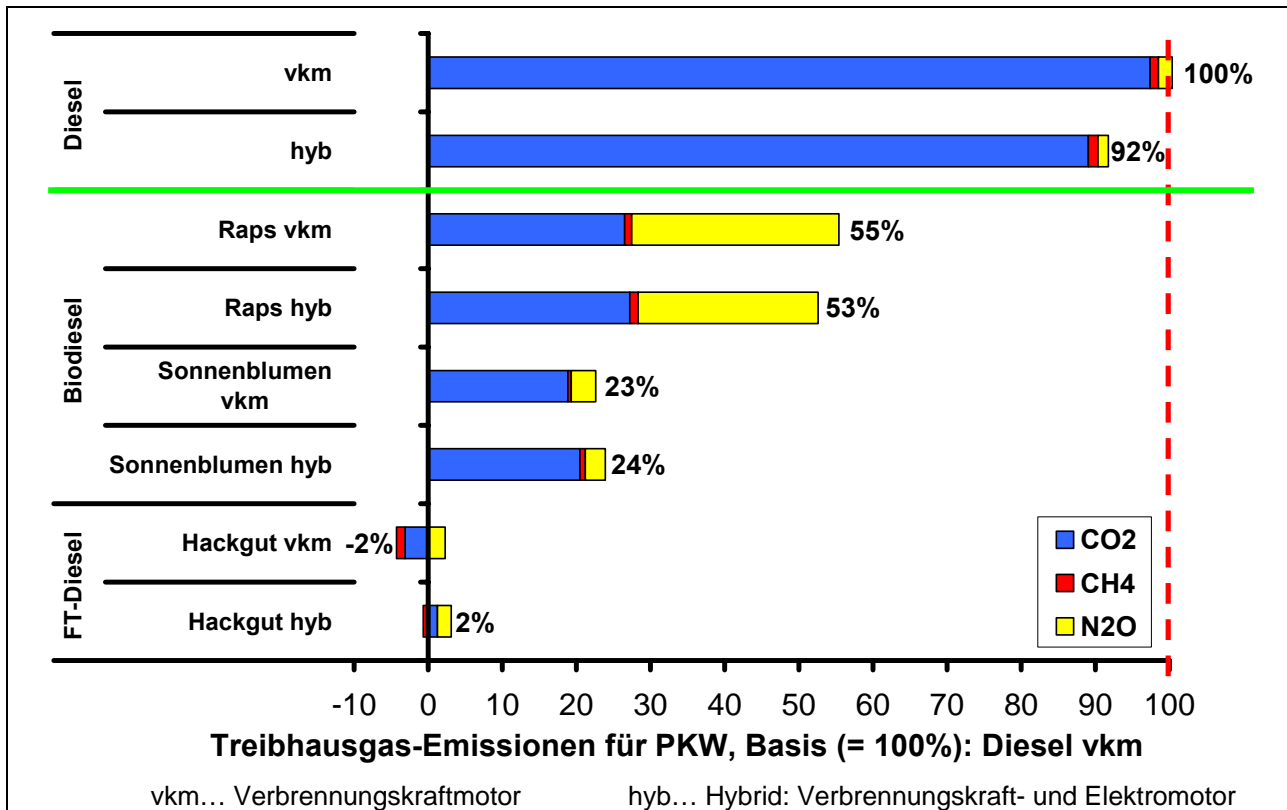
<sup>2</sup> hyp... Hybrid: Verbrennungskraft- und Elektromotor

<sup>3</sup> bz... Brennstoffzelle

Es werden die Treibhausgas-Emissionen verschiedener Treibstoffen in Kombination mit verschiedenen Rohstoffen verglichen, dabei erfolgt noch eine Unterscheidung der Technologie für die Jahre 2007 und 2050.

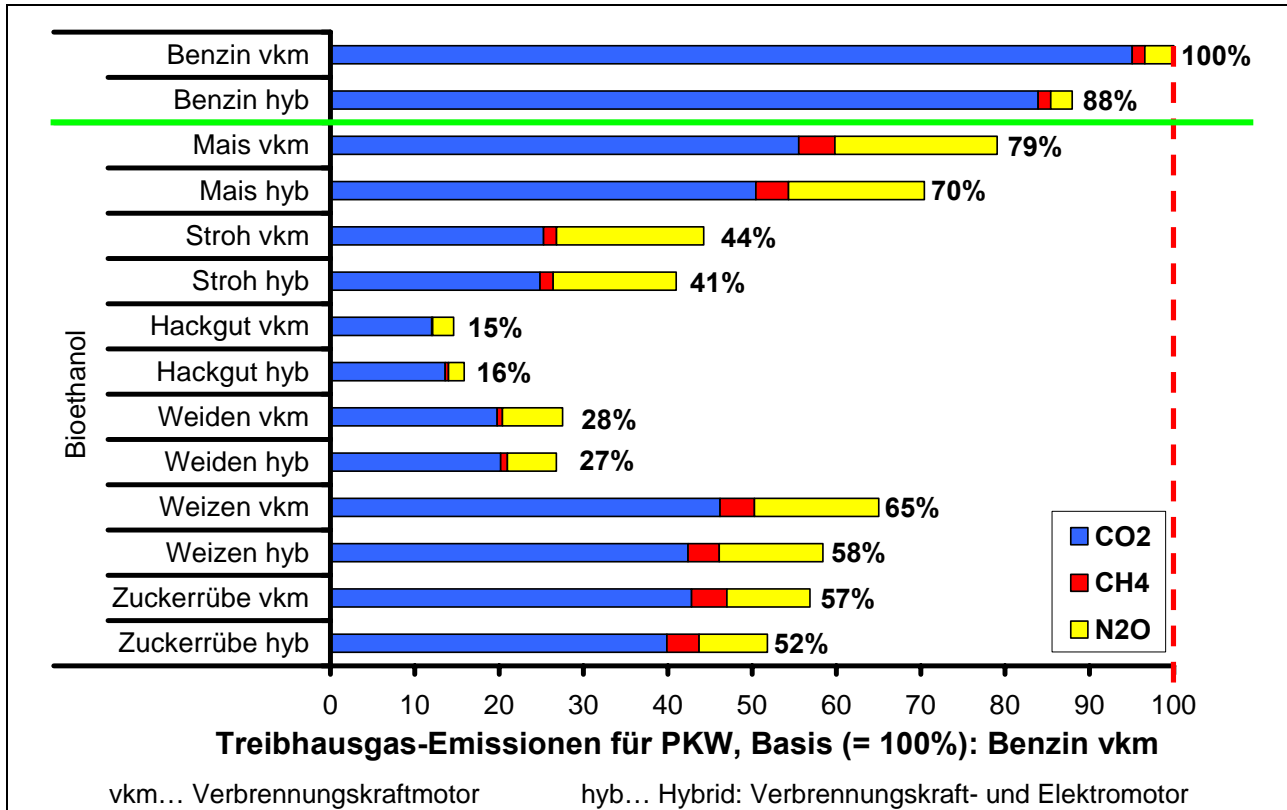
### E-3.1 Technologie – „Ist“ (2007)

In Abbildung E- 6 werden die Treibhausgas-Emissionen von Diesel, Biodiesel und Fischer-Tropsch Diesel verglichen. Dabei ist zu sehen, dass im Vergleich zum Diesel beim Biodiesel rund 50 bis 75% Treibhausgas-Emissionen eingespart werden können, beim FT-Diesel sogar fast 100%. Der negative Prozentwert bei FT-Diesel aus Hackgut kommt daher, da der als Nebenprodukt erzeugte Strom Netzstrom ersetzt. Sonnenblumen haben durch den geringeren Stickstoffdüngereinsatz auch wesentlich geringere N<sub>2</sub>O-Emissionen. Die Nutzung der Nebenprodukte Presskuchen (bei Raps und Sonnenblumen) und Glycerin hat einen signifikanten Einfluss auf die Treibhausgas-Emissionen.



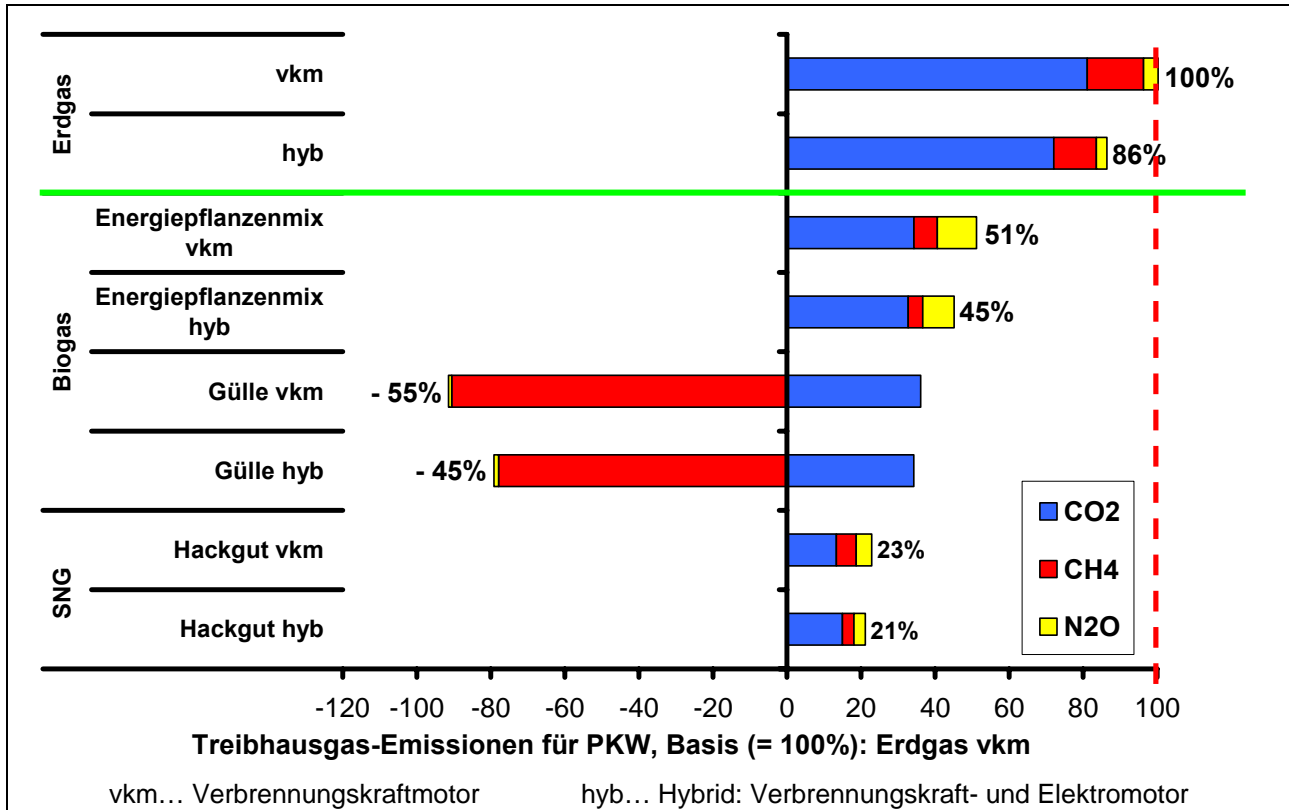
*Abbildung E- 6: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- und Hybridmotoren betrieben mit Diesel und Biodiesel, Technologie 2007, Basis (=100%): Diesel vkm*

In Abbildung E- 7 sind die Treibhausgas-Emissionen von Bioethanol und Benzin für einen Personenkraftwagen dargestellt. Das Fahrzeug mit Ethanol verursacht in Abhängigkeit vom biogenen Rohstoff mit gegenwärtiger Technologie in etwa 20 bis 70% weniger Treibhausgas-Emissionen verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine mit Benzin. Die Treibhausgas-Emissionen von Bioethanol werden maßgeblich durch die N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der Stickstoffdüngung, die Wahl des Energieträgers für die Prozesswärme-Bereitstellung zur Ethanol-Erzeugung sowie die Nutzung des Nebenproduktes „Schlempe“ bestimmt.



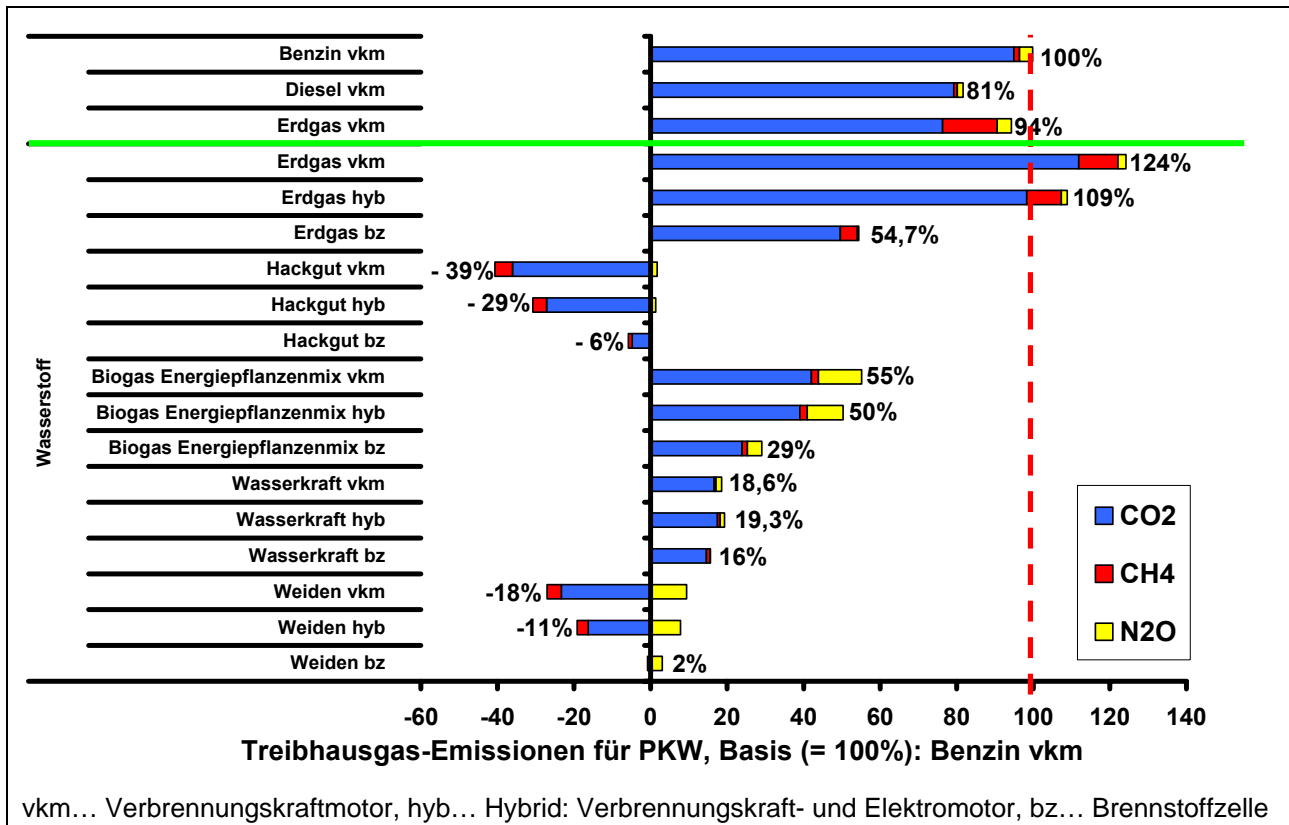
*Abbildung E- 7: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Bioethanol und Benzin, Technologie 2007. Basis (=100%): Benzin vkm*

In Abbildung E- 8 sind die Treibhausgas-Emissionen von Biogas, Erdgas und SNG (Synthetic Natural Gas) für einen Personenkraftwagen für das Jahr 2007 dargestellt. Das Fahrzeug mit Biogas verursacht in Abhängigkeit vom biogenen Rohstoff mit gegenwärtiger Technologie bis 150% weniger Treibhausgas-Emissionen verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine mit. Da die CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Güllelagerung durch die Erzeugung von Biogas vermieden werden, die beim Bioenergie-System berücksichtigt werden, können die Treibhausgas-Emissionen auch negativ sein. Die Treibhausgas-Emissionen von Biogas aus tierischen Exkrementen werden maßgeblich durch die Vermeidung von CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Güllelagerung bestimmt. Der Einfluss der Verbesserung der Düngerwirkung durch die Verwendung von ergorener anstelle von unvergorener Gülle ist bezüglich der Reduktion von Treibhausgas-Emissionen vergleichsweise gering.



*Abbildung E- 8: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungs- kraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Biogas, Erdgas und Synthetisches Erdgas, Technologie 2007. Basis (=100%): Erdgas vkm*

In Abbildung E- 9 sind die Treibhausgas-Emissionen von Wasserstoff aus biogenen Rohstoffen und Erdgas für einen Personenkraftwagen dargestellt. Mit Wasserstoff erreicht man Treibhausgas-Emissionen von etwa minus 139 bis plus 24% verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine. Da bei der Erzeugung von Wasserstoff über die Vergasung aus biogener Rohstoffe auch Strom als Nebenprodukt erzeugt werden kann, der Strom aus dem öffentlichen Stromnetz (vorwiegend aus Kohle, da angenommen wird, dass bei zusätzlicher Stromerzeugung insbesondere der Einsatz thermischer Kraftwerke mit Kohle reduziert wird) ersetzt, können die Treibhausgas-Emissionen auch negativ sein. Somit werden die Treibhausgas-Emissionen von biogenem Wasserstoff maßgeblich dadurch bestimmt, ob Strom als Nebenprodukt bei der Wasserstoff-Erzeugung anfällt, wobei die gekoppelte Stromerzeugung eine etwas geringere Wasserstoff-Ausbeute bewirkt. Aufgrund des zusätzlichen Energieaufwandes zur Verflüssigung von Wasserstoff haben Fahrzeuge mit gasförmiger Wasserstoffspeicherung geringere Emissionen. Nachteilig ist speziell bei PKWs der höhere Platzbedarf solcher Speichersysteme im Fahrzeug. Aus Sicht der Treibhausgas-Emissionen sind Fahrzeuge mit Wasserstoff nur dann günstig zu beurteilen, wenn der Wasserstoff aus erneuerbaren Energieträgern erzeugt wird.



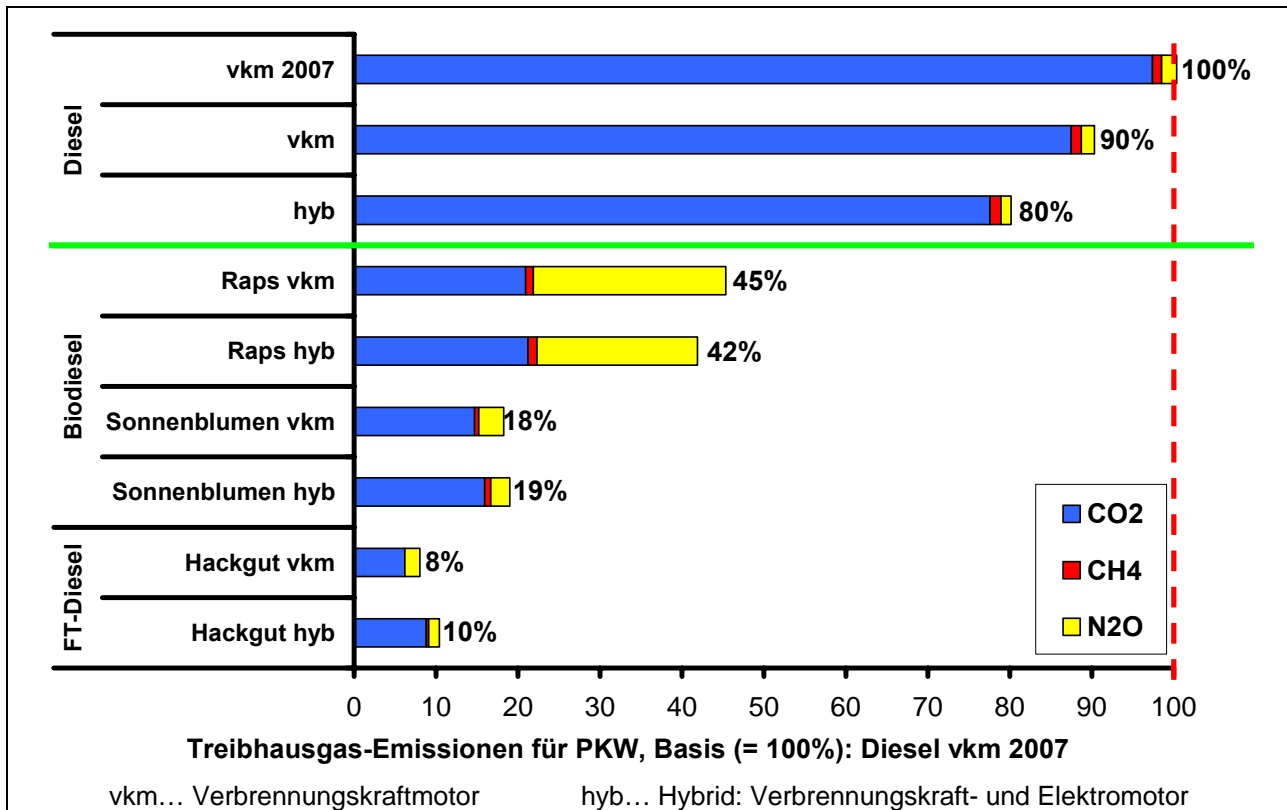
*Abbildung E- 9: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft-, Hybridmotoren und Brennstoffzellen betrieben mit Wasserstoffprodukten und Benzin, Technologie 2007. Basis (=100%): Benzin vkm*

### E-3.2 Technologie – „Zukunft“ (2050)

In Abbildung E- 10 werden die Treibhausgas-Emissionen von Diesel, Biodiesel und Fischer-Tropsch Diesel verglichen. Dabei ist zu sehen, dass im Vergleich zum Diesel aus dem Jahr 2007 beim Biodiesel im Jahr 2050 rund 60 bis 80% Treibhausgas-Emissionen eingespart werden können, bei FT-Diesel sogar fast 100%.

Die Treibhausgas-Emissionen eines zukünftigen Diesel-PKW sind um etwa 10% geringer als die gegenwärtiger Fahrzeuge, was im Wesentlichen durch den geringeren Treibstoffbedarf der zukünftigen Fahrzeuge bestimmt wird und nur zu einem geringen Teil durch technische Verbesserungen bei den Prozessen zur Bereitstellung von Diesel. Bei Biodiesel-PKW sind daher zukünftig Treibhausgas-Reduktionen zu erwarten, da die zukünftig Verringerung des Treibstoffbedarfes, einer deutlichen Verbesserung der Bereitstellung von Biodiesel sowie der Verwertung der Nebenprodukten angenommen werden können.





*Abbildung E- 10: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Diesel und Biodiesel, Technologie 2050. Basis (=100%): Diesel vkm 2007*

In Abbildung E- 11 sind die Treibhausgas-Emissionen von Bioethanol und Benzin im Jahr 2050 für einen Personenkraftwagen dargestellt. Das Fahrzeug mit Ethanol verursacht in Abhängigkeit vom biogenen Rohstoff in etwa 50 bis 85% weniger Treibhausgas-Emissionen, verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine mit Benzin mit dem Technologiestand von 2007.

Die Treibhausgas-Emissionen eines zukünftigen Benzin-PKW sind um etwa 15% geringer als die gegenwärtiger Fahrzeuge, was im Wesentlichen durch den geringeren Treibstoffbedarf der zukünftigen Fahrzeuge bestimmt wird und nur zu einem geringen Teil durch technische Verbesserungen bei den Prozessen zur Bereitstellung von Benzin. Bei Bioethanol-PKW sind zukünftig Treibhausgas-Reduktionen von bis zu etwa 85% zu erwarten, die neben der zukünftig Verringerung des spezifischen Treibstoffbedarfes der PKWs insbesondere durch eine deutliche Verbesserung der Bereitstellung von Bioethanol, vor allem durch verstärkten Einsatz von erneuerbarer Energie bei der Prozesswärmeerzeugung, erreicht werden können.

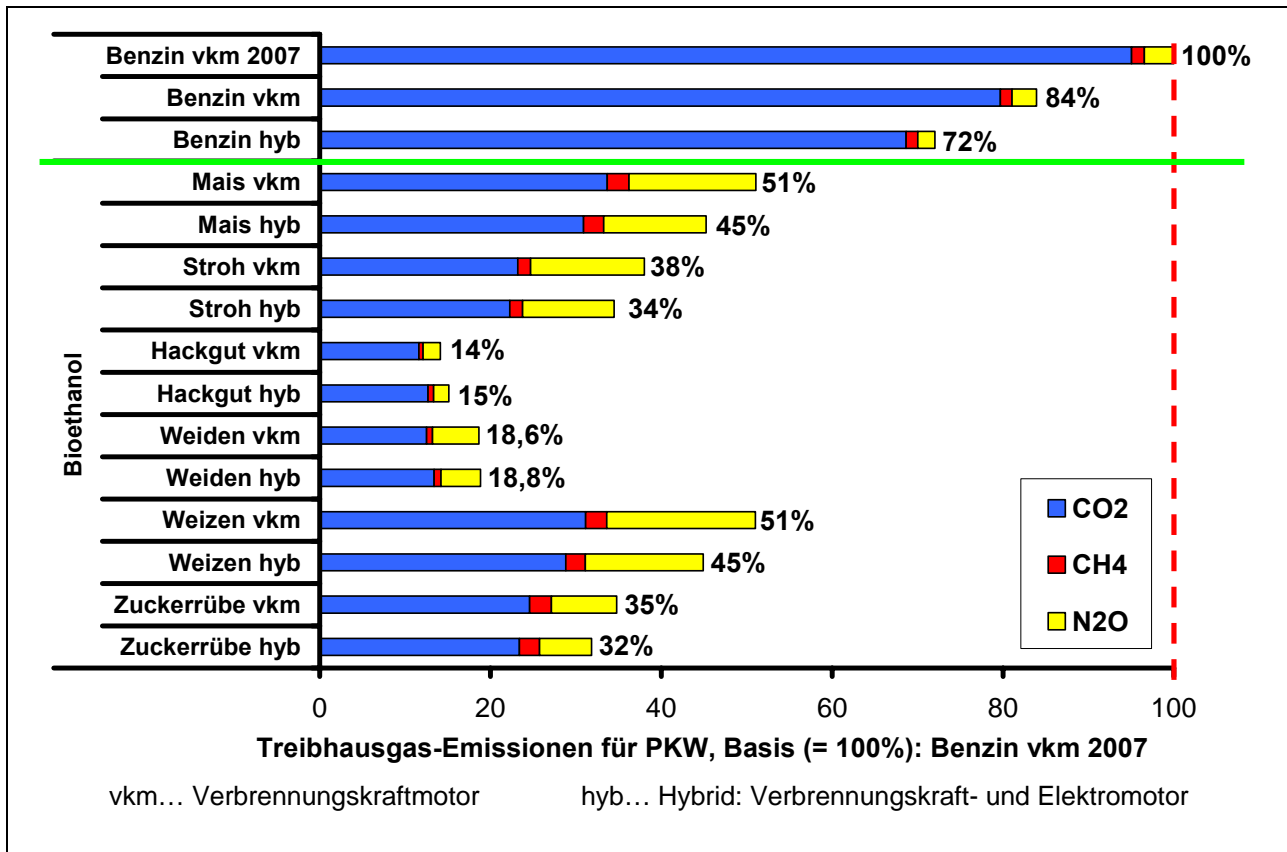


Abbildung E- 11: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungs- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Bioethanol und Benzin, Technologie 2050. Basis (=100%): Benzin vkm 2007

In Abbildung E- 12 sind die Treibhausgas-Emissionen von Biogas, Erdgas und SNG (Synthetic Natural Gas) für einen Personenkraftwagen für das Jahr 2050 dargestellt. Das Fahrzeug mit Biogas verursacht in Abhängigkeit vom biogenen Rohstoff mit zukünftiger Technologie etwa 75 bis 140% verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine mit Erdgas mit dem Technologiestand von 2007.

Die Treibhausgas-Emissionen eines zukünftigen Erdgas-PKW sind um etwa 17% geringer als die gegenwärtiger Fahrzeuge, was im Wesentlichen durch den geringeren Treibstoffbedarf der zukünftigen Fahrzeuge bedingt ist. Dabei wurde für den Fall einer breiteren Nutzung von Erdgas für Fahrzeugantriebe eine Umstellung vom derzeit üblichen bivalenten auf monovalenten Erdgas-Betrieb ausgegangen. Ein Teil der Emissionsreduktionen wird auch durch technische Verbesserungen bei den Prozessen zur Bereitstellung von Erdgas, insbesondere der Verringerung der CH<sub>4</sub>-Verluste bei der Erdgasförderung erreicht. Bei PKWs mit Biogas aus Gülle sind mit zukünftigen, verbrauchssparenden Technologien „negative“ Treibhausgas-Emissionen je gefahrenem Kilometer zu rechnen. Bei einem geringeren Treibstoffbedarf je gefahrenem Kilometer werden je PKW-km auch geringere Mengen an Gülle eingesetzt, wodurch es auch zu einer Verringerung der vermiedenen CH<sub>4</sub>-Emissionen aus der Referenznutzung der Lagerung unvergorener Gülle kommt. Insgesamt sind verbrauchsgünstigere

Antriebe aber auch in diesem Fall eindeutig besser zu beurteilen, da damit bei gegebener Menge an biogenen Treibstoffen eine größere Menge sonst mit fossilen Treibstoffen gefahrener Fahrzeugkilometer ersetzt werden kann. Zudem ist bei gegebener Gesamtmenge an Biogas aus Gülle auch der gesamte Güllebedarf gleich, so dass das Reduktionspotenzial je Energieeinheit vom spezifischen Verbrauch der Fahrzeuge unabhängig ist.

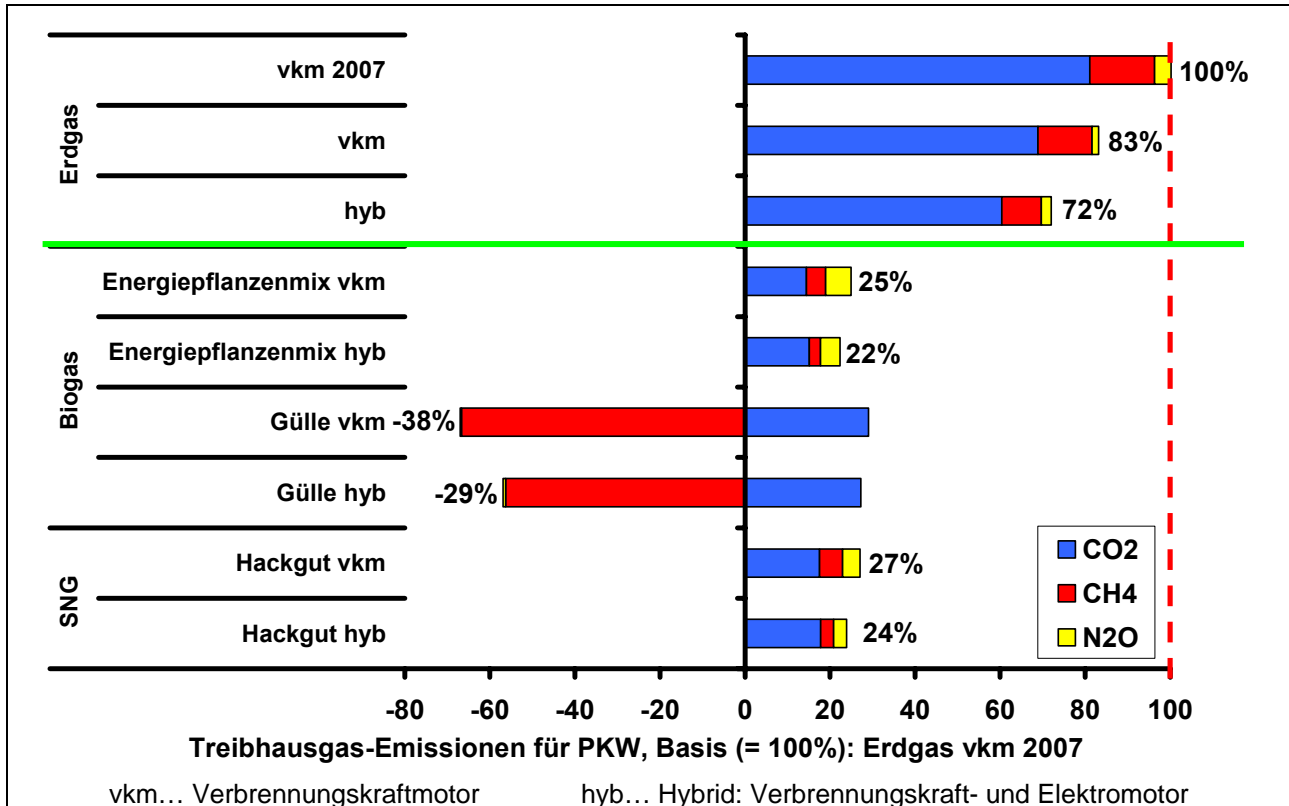


Abbildung E- 12: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungs- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Biogas, Erdgas und Synthetisches Erdgas, Technologie 2050. Als Basis (=100%): Erdgas vkm 2007

In Abbildung E- 13 sind die Treibhausgas-Emissionen von Wasserstoff aus biogenen Rohstoffen und Erdgas für einen Personenkraftwagen mit zukünftiger Technologie aus dem Jahr 2050 um etwa 3 bis fast 100% geringer, verglichen mit den Emissionswerten einer Verbrennungskraftmaschine mit Benzin mit dem Technologiestand von 2007.

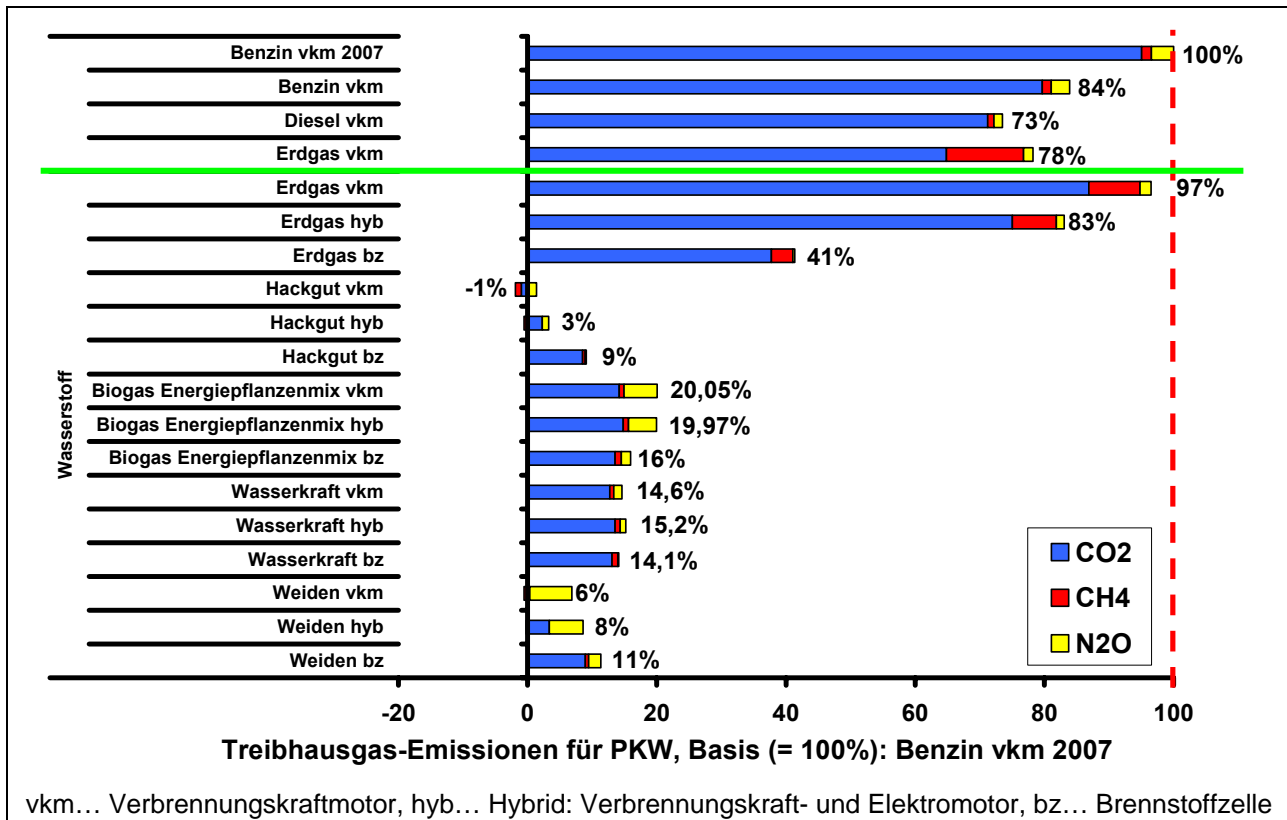


Abbildung E- 13: Treibhausgas-Emissionen von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft-, Hybridmotoren und Brennstoffzellen betrieben mit Wasserstoffprodukten und Benzin, Technologie 2050. Basis (=100%): Benzin vkm 2007

## E-4 Primärenergieaufwand

In den nächsten zwei Unterpunkten wird der Primärenergieaufwand der verschiedenen Treibstoffe in Kombination mit verschiedenen Rohstoffen verglichen, dabei erfolgt noch eine Unterscheidung der Technologie in den Jahren 2007 und 2050.

### E-4.1 Technologie – „Ist“ (2007)

In Abbildung E- 14 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Diesel, Biodiesel und FT-Diesel (Fischer Tropsch Diesel) dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2007 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes beim Einsatz von Bio- oder FT-Diesel von rund 75% bis

zu 100% möglich ist. Ein negativer Wert kann dadurch zustande kommen, dass bei der Prozesskette die erzeugten Nebenprodukte anderweitig verwendet werden können.

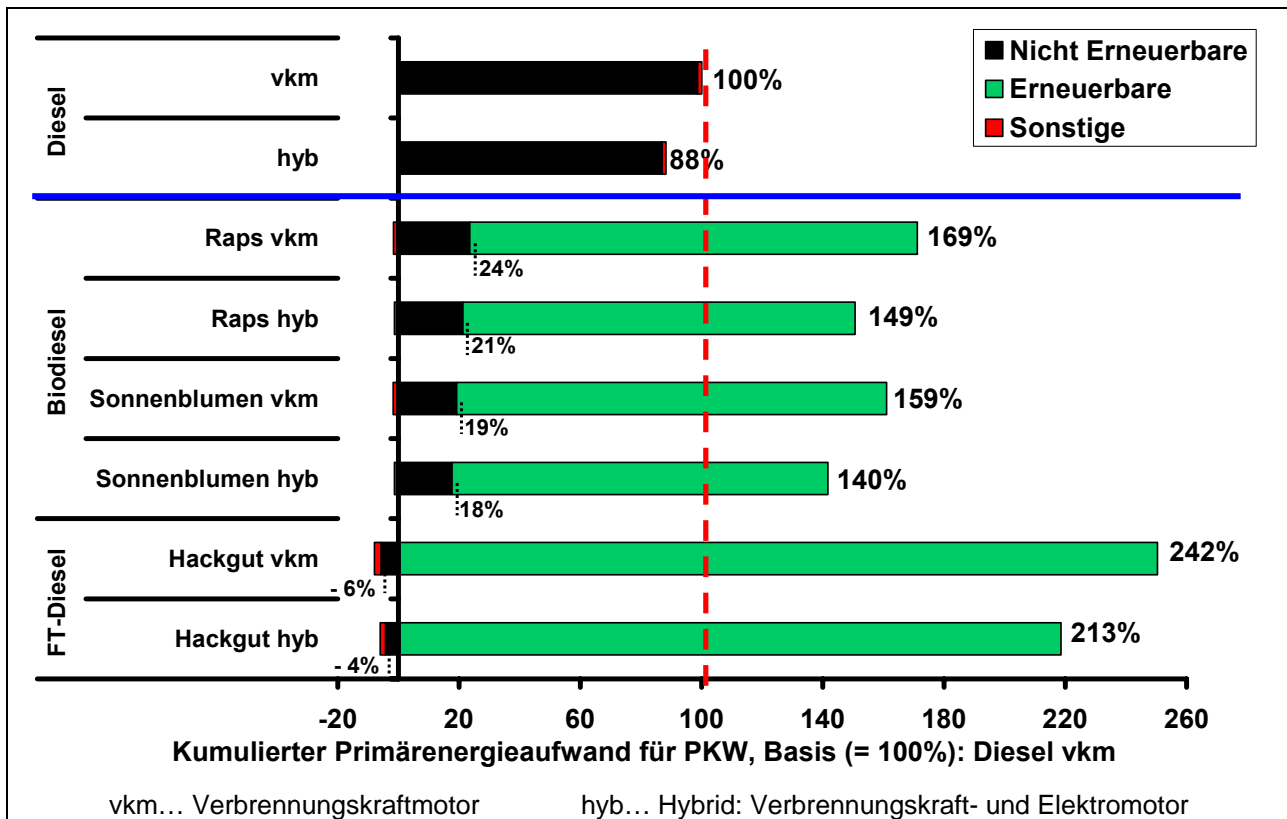


Abbildung E- 14: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Diesel und Biodiesel, Technologie 2007. Basis (=100%): Diesel vkm

In Abbildung E- 15 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Benzin und Bioethanol mit biogenen Rohstoffen dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2007 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes von rund 45% bis zu 90% möglich ist. Die größtmögliche Reduktion ist bei der Verwendung von Bioethanol aus Hackgut in Verbindung mit einem Hybridmotor (Verbrennungskraft- und Elektromotor) möglich.

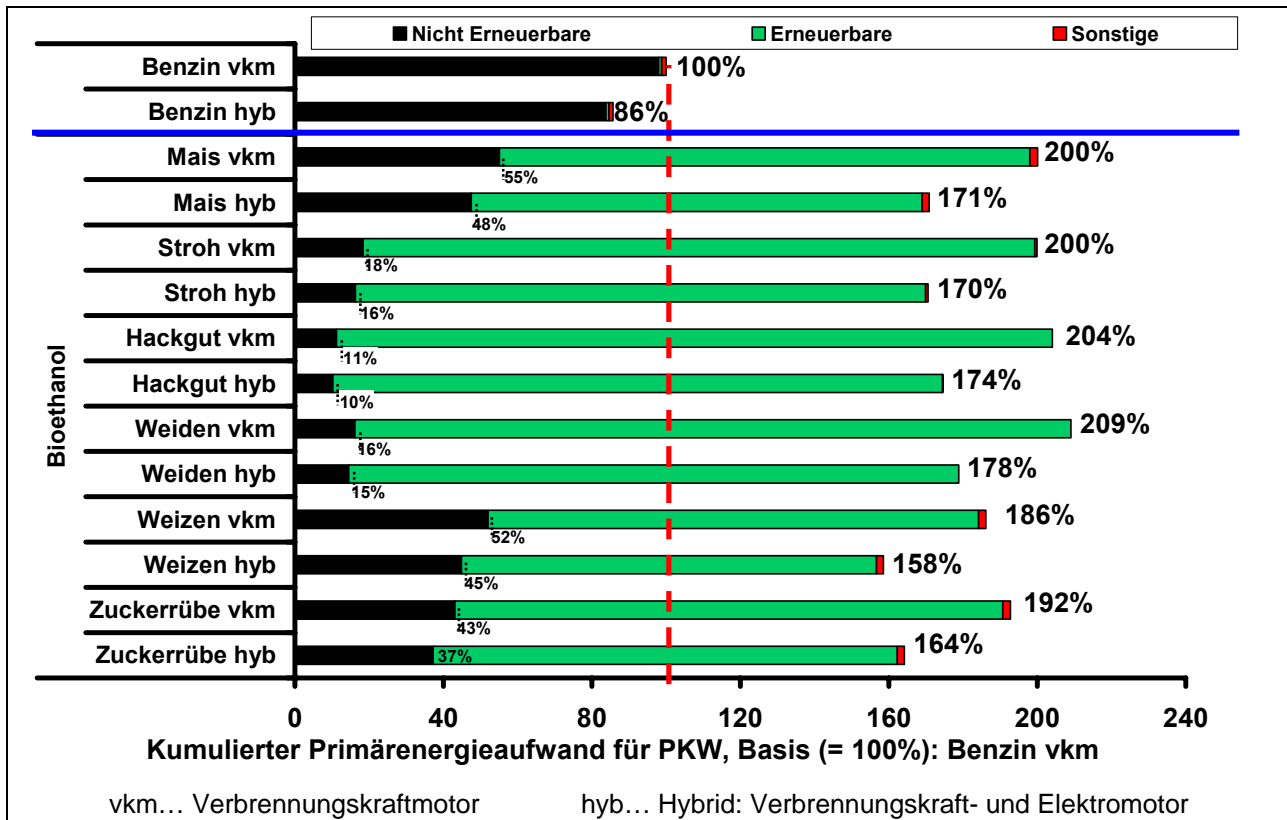
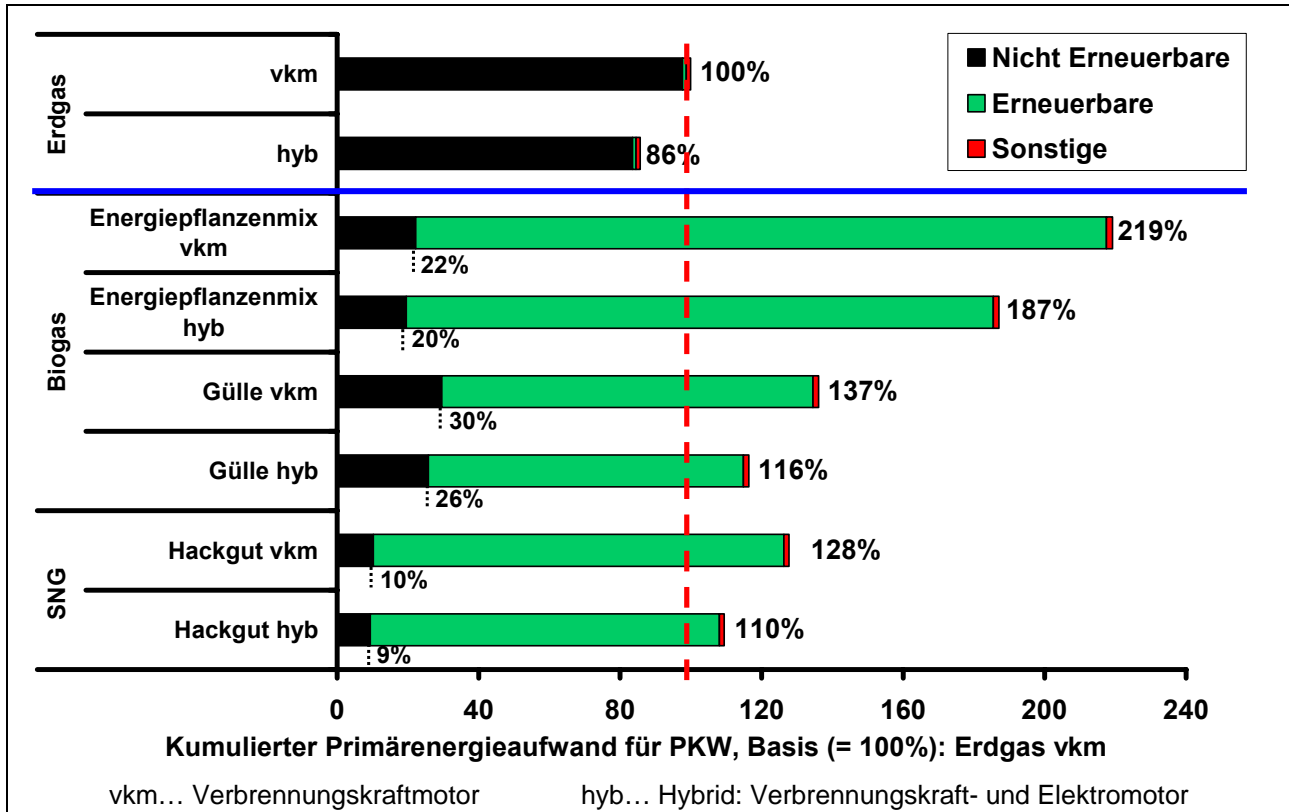


Abbildung E- 15: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Bioethanol und Benzin, Technologie 2007. Basis (=100%): Benzin vkm

In Abbildung E- 16 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Erdgas, Biogas und SNG (Synthetic Natural Gas) dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2007 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes von rund 70% bis zu 91% ermöglicht. Die größtmögliche Reduktion ist bei der Verwendung von SNG- Hackgut in Verbindung mit einem Hybridmotor (Verbrennungskraft- und Elektromotor) erreichbar.



*Abbildung E- 16: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Biogas, Erdgas und Synthetisches Erdgas, Technologie 2007. Basis (=100%): Erdgas vkm*

In Abbildung E- 17 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von den fossilen Treibstoffen Benzin, Diesel, Erdgas und Wasserstoff aus biogenen Rohstoffen und Erdgas dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2007 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes auf 0% möglich ist. Ein negativer Wert kann dadurch zustande kommen, dass bei der Prozesskette die erzeugten Nebenprodukte anderweitig verwendet werden können. Es ist allerdings zu beachten, dass bei der Verwendung von Wasserstoff aus Erdgas (Verbrennungskraftmotor und Hybridmotor) der Energieaufwand bei nicht Erneuerbaren Energieträgern erhöht wird.

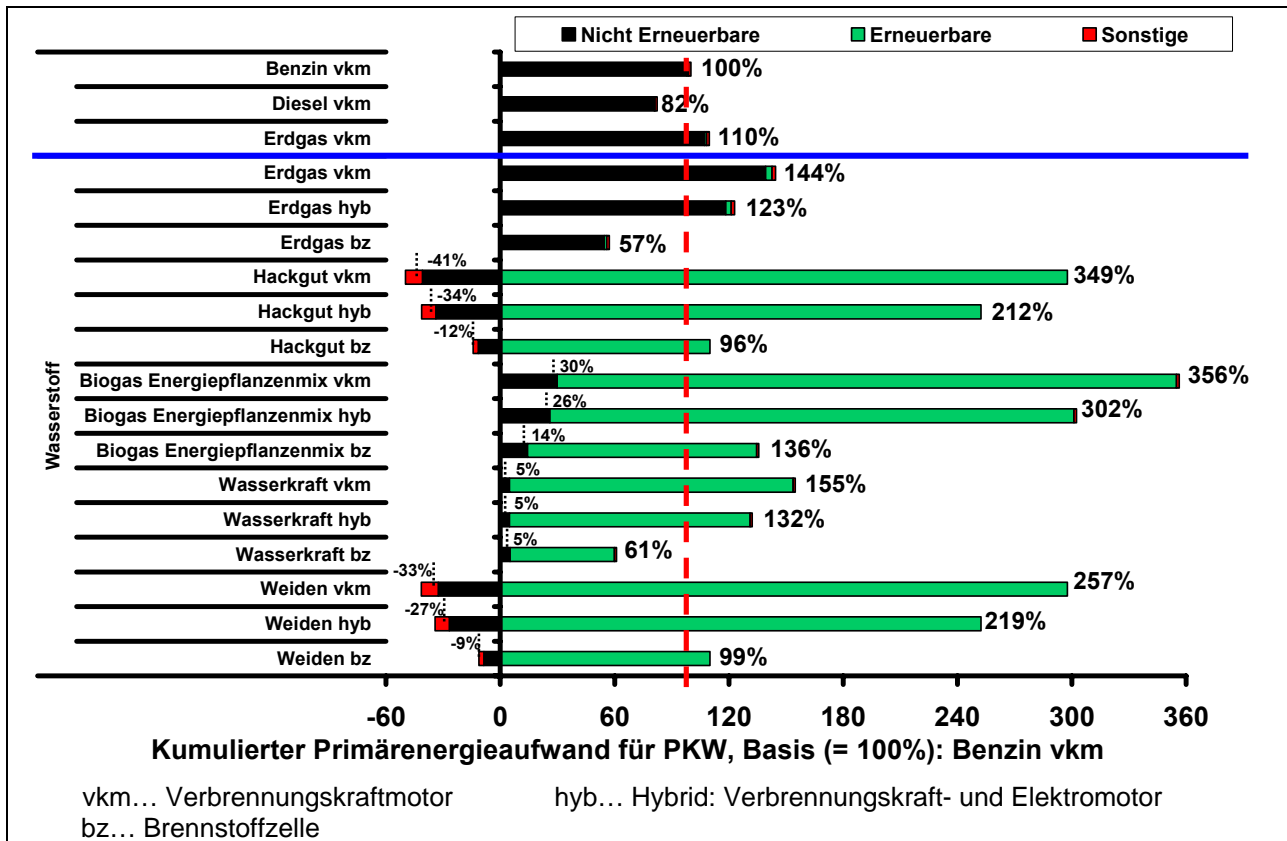


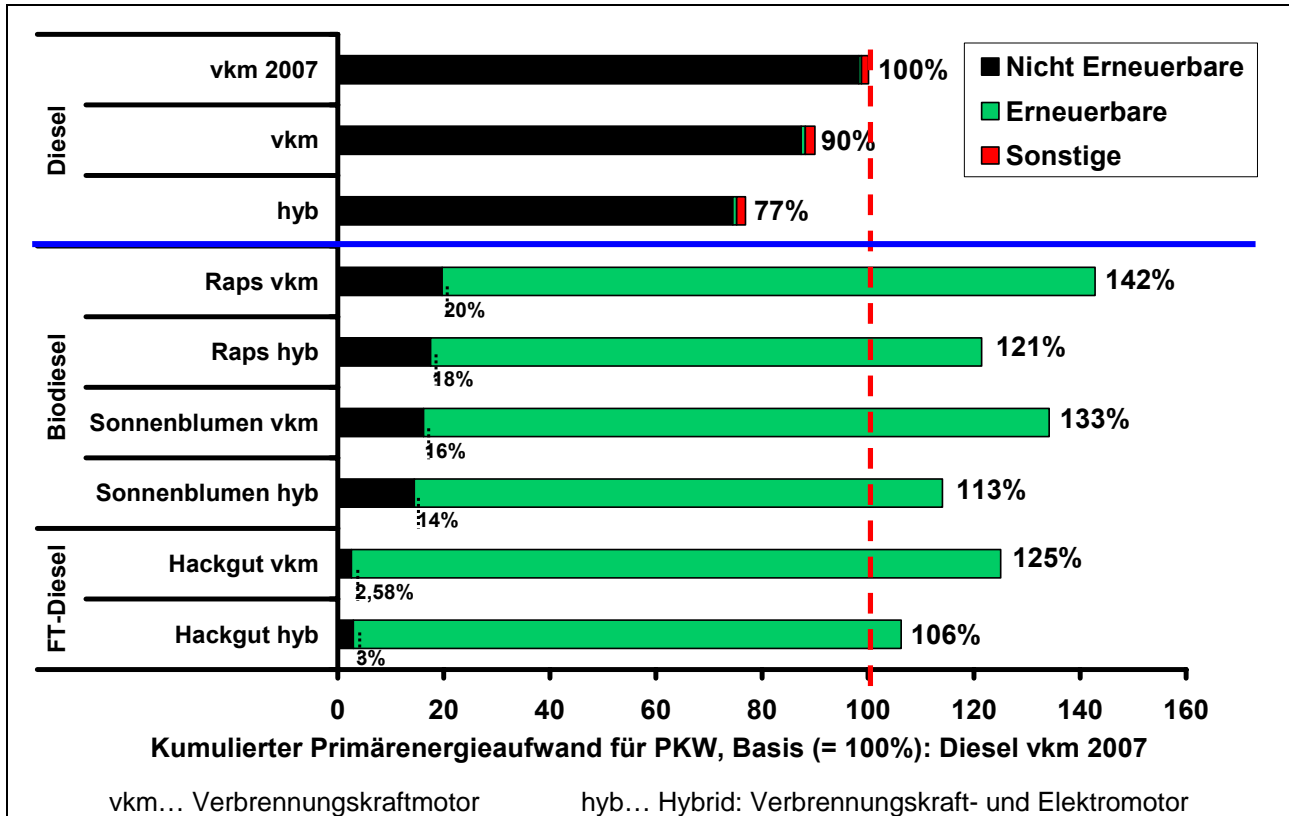
Abbildung E- 17: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft-, Hybridmotoren und Brennstoffzellen betrieben mit Wasserstoffprodukten und Benzin, Technologie 2007. Basis (=100%): Benzin vkm

#### E-4.2 Technologie – „Zukunft“ (2050)

In Abbildung E- 18 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Diesel, Biodiesel und FT-Diesel (Fischer Tropsch Diesel) dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2050 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes von rund 80% bis fast 100% möglich ist, beim Einsatz von Bio- oder FT-Diesel im Vergleich mit einem Diesel-Verbrennungskraftmotor zum Jahre 2007. Mit der zukünftigen Technologie wären Reduktionen von bis zu 10% zum gegenwärtigen Zeitpunkt möglich. Die Gründe dafür können aus der Beschreibung bei den Treibhausgas- Emissionen (Zukunft) entnommen werden.

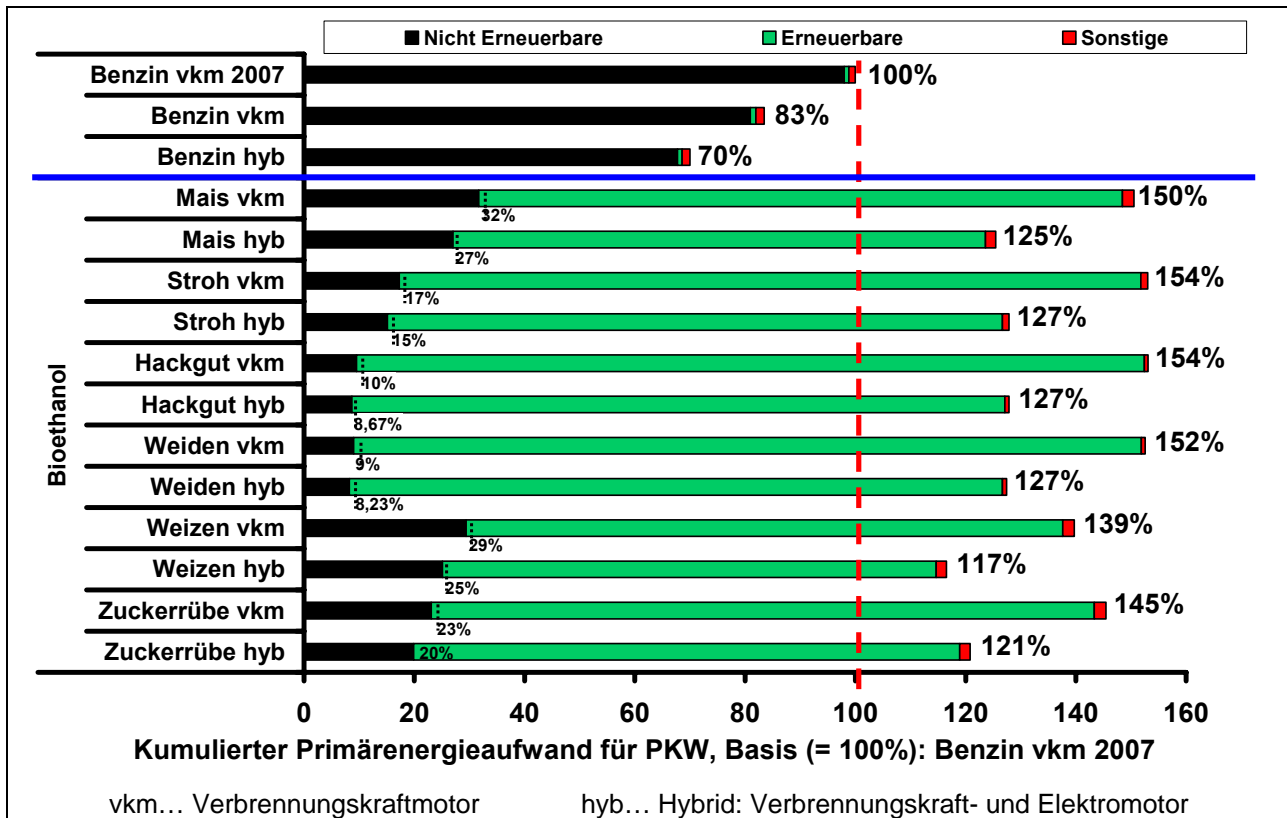




*Abbildung E- 18: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Diesel und Biodiesel, Technologie 2050. Basis (=100%): Diesel vkm 2007*

In Abbildung E- 19 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Benzin (zum Jahr 2007 und 2050) und Bioethanol mit biogenen Rohstoffen dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand 2050 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes im Vergleich zu Benzin mit einem Verbrennungskraftmotor aus dem Jahr 2007 von rund 70% bis zu 92% möglich ist. Die größtmögliche Reduktion ist bei der Verwendung von Bioethanol aus Weiden in Verbindung mit einem Hybridmotor (Verbrennungskraft- und Elektromotor) möglich.



*Abbildung E- 19: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Bioethanol und Benzin, Technologie 2050. Basis (=100%): Benzin vkm 2007*

In Abbildung E- 20 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von Erdgas, Biogas und SNG (Synthetic Natural Gas) dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2050 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes im Vergleich zu Erdgas mit einem Verbrennungskraftmotor aus dem Jahr 2007 von rund 75% bis 91% möglich ist. Die größtmögliche Reduktion ist bei der Verwendung von SNG aus Hackgut in Verbindung mit einem Hybridmotor (Verbrennungskraft- und Elektromotor) möglich.

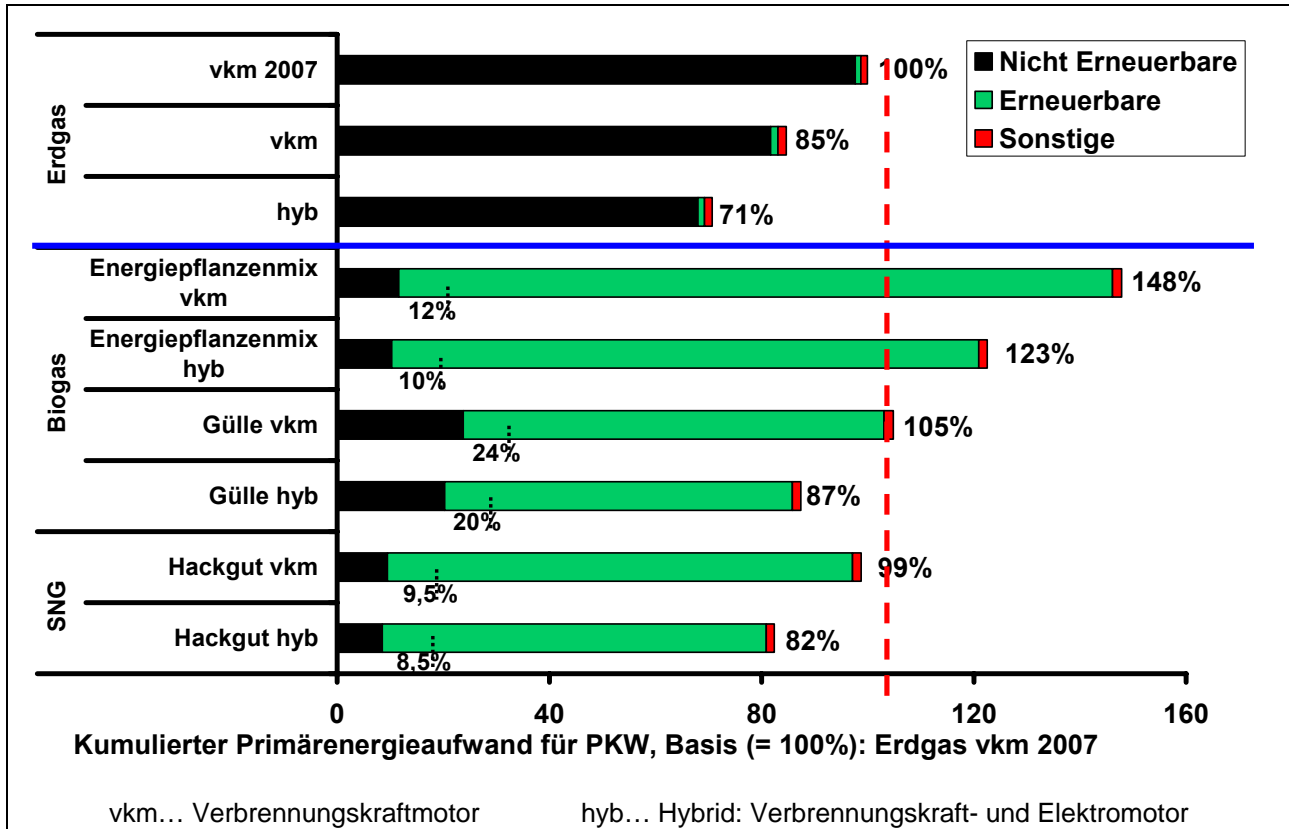


Abbildung E- 20: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft- bzw. Hybridmotoren betrieben mit Biogas, Erdgas und Synthetisches Erdgas, Technologie 2050. Basis (=100%): Erdgas vkm 2007

In Abbildung E- 21 wird der kumulierte Primärenergieaufwand von den Fossilen-Treibstoffen Benzin, Diesel, Erdgas und Wasserstoff aus biogenen Rohstoffen und Erdgas dargestellt. Dabei werden die Anteile auf „Nicht Erneuerbare“, „Erneuerbare“ und „Sonstige“- Energien aufgeteilt. Zur weiteren Verdeutlichung wurden die Prozentwerte für „Nicht Erneuerbare“- Energie explizit angeführt.

Aus der Grafik ist ersichtlich, dass zum Technologiestand im Jahre 2050 eine Reduktion des fossilen Energieaufwandes im Vergleich zu Benzin mit einem Verbrennungskraftmotor aus dem Jahr 2007 auf 0% möglich ist. Ein negativer Wert kann dadurch zustande kommen, dass bei der Prozesskette die erzeugten Nebenprodukte anderweitig verwendet werden können. Es ist allerdings zu beachten, dass bei der Verwendung von Wasserstoff- Erdgas (Verbrennungskraftmotor) der Energieaufwand bei nicht Erneuerbaren Energieträgern erhöht wird.

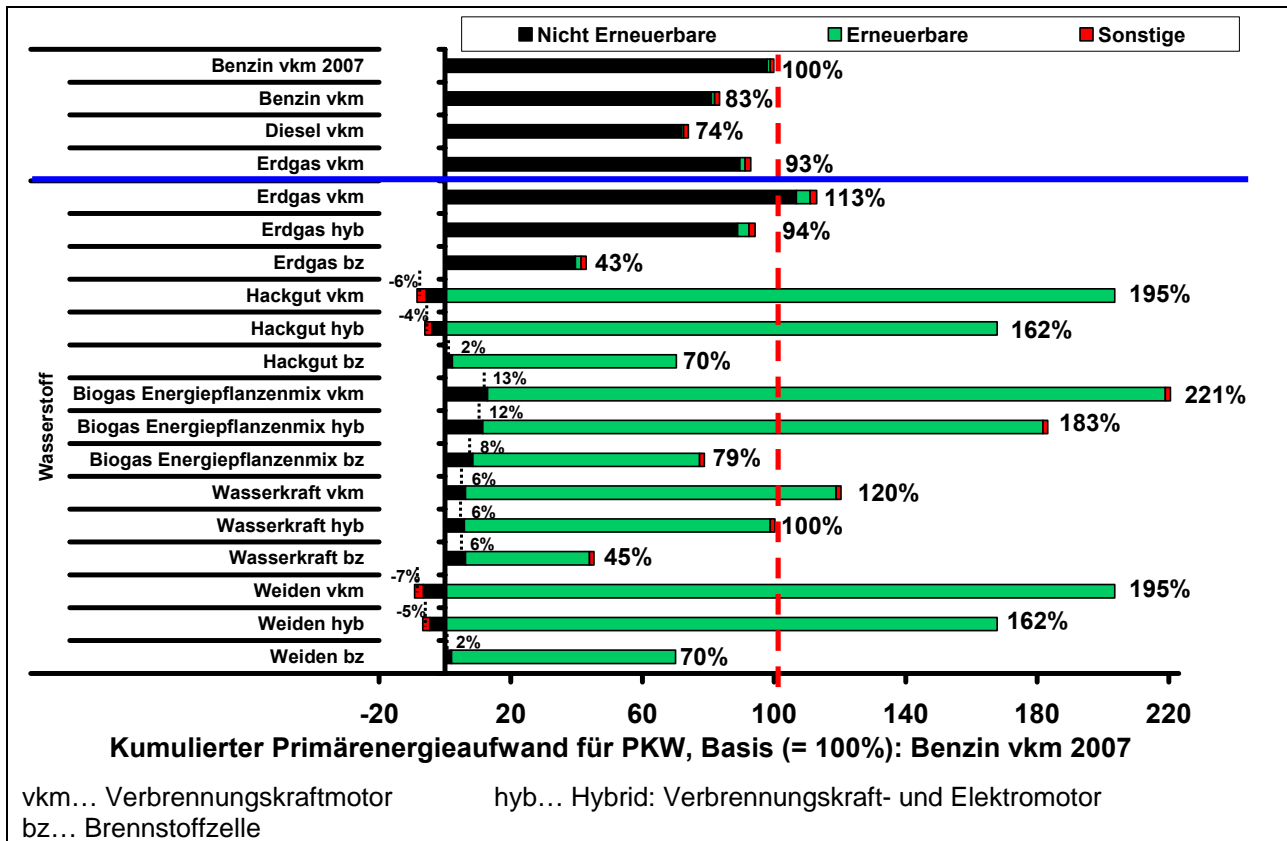


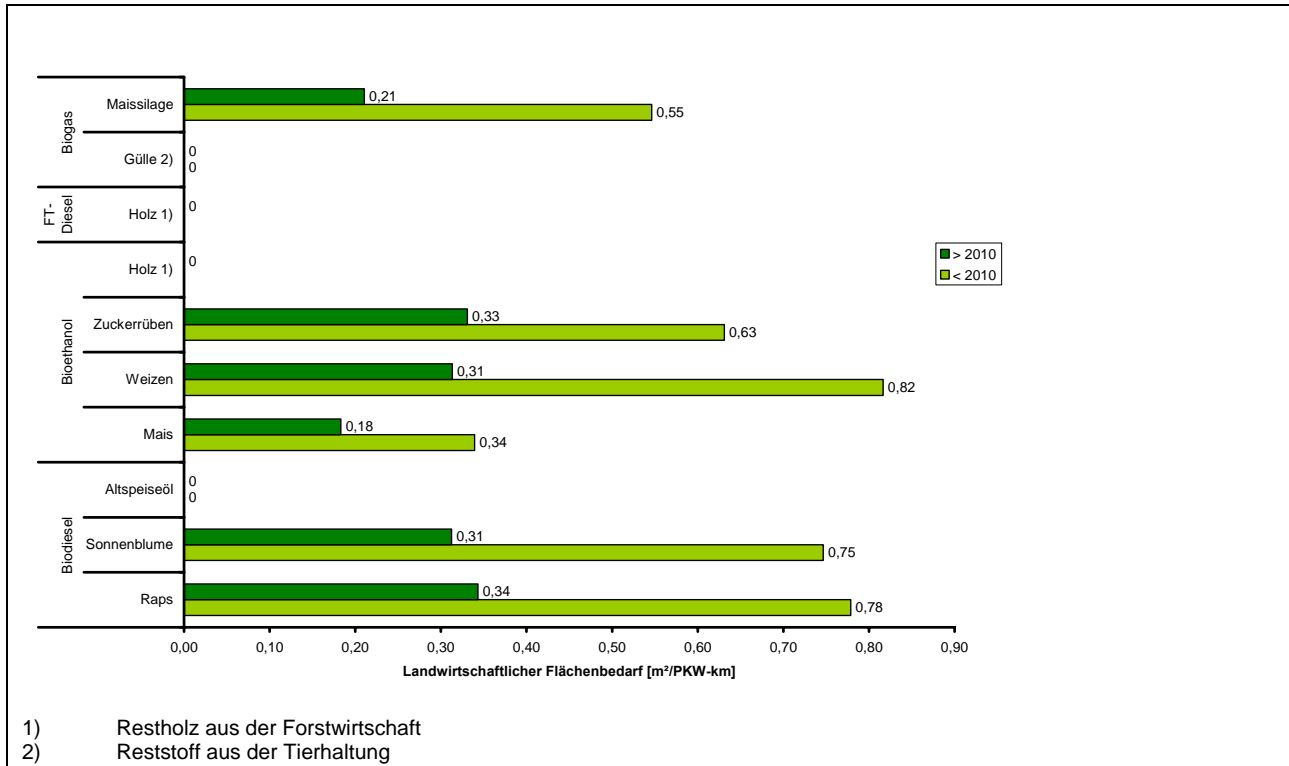
Abbildung E- 21: Kumulierter Primärenergieaufwand von Personenkraftwagen mit Verbrennungskraft-, Hybridmotoren und Brennstoffzellen betrieben mit Wasserstoffprodukten und Benzin, Technologie 2050. Basis (=100%): Benzin vkm 2007

## E-5 Andere Umweltauswirkungen

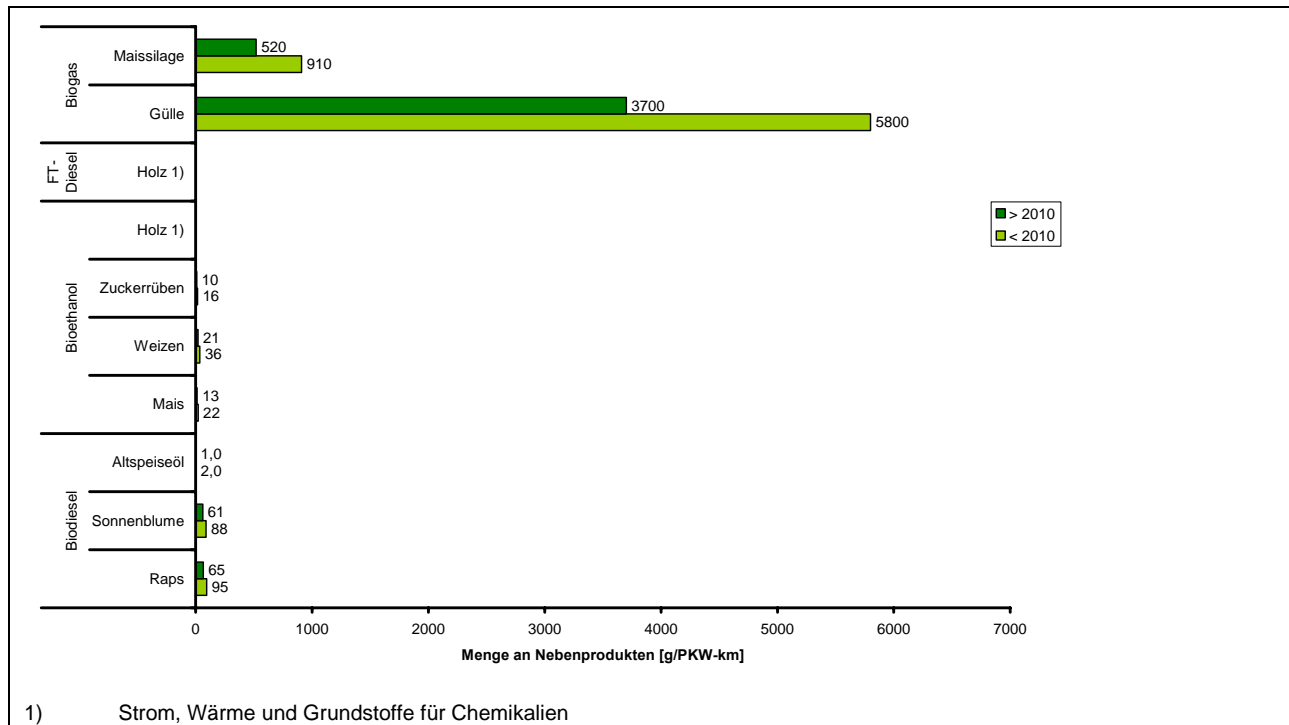
Es werden die Ergebnisse aus Lebenszyklusanalysen für die folgenden Umweltauswirkungen dargestellt:

- landwirtschaftlicher Flächenbedarf
- Menge an Nebenprodukten, die bei der Herstellung von Biotreibstoffen anfallen.

In Abbildung E- 22 ist der landwirtschaftliche Flächenbedarf ausgewählter Biotreibstoffe im Vergleich zu fossilen Treibstoffen für Technologie < 2010 und > 2010 dargestellt. Biotreibstoffe, die Reststoffe aus der Forst- bzw. Landwirtschaft nutzen (z.B. Gülle) haben keinen landwirtschaftlichen Flächenbedarf. In Abbildung E- 23 sind die Mengen an Nebenprodukten für ausgewählte Biotreibstoffe dargestellt. Die Biotreibstoffe Biodiesel und Bioethanol aus Zucker und Stärke haben bedeutende Mengen an Tierfutter als Koppelprodukte (z.B. Rapskuchen, DDGS), die ganz wesentlich für die Umweltbewertung sind (z.B. Vermeidung des Anbaues anderer landwirtschaftlicher Pflanzen zur Tierfutter-Erzeugung).



*Abbildung E- 22: Landwirtschaftlicher Flächenbedarf ausgewählter Biotreibstoffe (nach Könighofer et al. 2006. Jungmeier et al. 2003)*



**Abbildung E- 23:** Menge an Nebenprodukten über den Lebenszyklus ausgewählter Biotreibstoffe (nach Könighofer et al. 2006. Jungmeier et al. 2003)

## E-6 Literatur

Jungmeier et al. 2003: G. Jungmeier, S. Hausberger, L. Canella: Treibhausgas-Emissionen und Kosten von Transportsystemen – Vergleich von biogenen mit fossilen Treibstoffen, Graz 2003

Haas et al. 2008: R. Haas, A. Ajanovic, M. Kloess, N. Nakicenovic, K. Könighofer, L. Canella, G. Jungmeier, P. Prenninger, J. Rechberger: ALTANKRA Endbericht: Szenarien der (volks) wirtschaftlichen Machbarkeit alternativer Antriebssysteme und Kraftstoffe im Bereich des individuellen Verkehrs bis 2050, Wien 2008

## Anhang F:

# Szenarien für Biotreibstoffe bis 2020 und visionär bis 2050

## Inhalt

<b>F-1</b>	<b>Szenarien bis 2020</b>	<b>2</b>
F-1.1	Einleitung	2
F-1.2	Szenarien Treibstoffe der Zukunft (alle Treibstoffe)	3
F-1.3	Szenarien Biotreibstoffe (alle Biotreibstoffe)	4
F-1.4	Szenarien Biodiesel	5
F-1.5	Szenarien Bioethanol	5
F-1.6	Szenarien Biogas	6
F-1.7	Szenario Fischer-Tropsch(FT)-Diesel	7
F-1.8	Pflanzenöl	7
F-1.9	Schlussfolgerungen	7
<b>F-2</b>	<b>Szenarien für nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050</b>	<b>10</b>
F-2.1	Methodik	10
F-2.2	Grunddaten für Szenario	12
F-2.3	Ergebnisse Szenario 2050	13
<b>F-3</b>	<b>Szenarien für Treibstoffe bei unterschiedlichen politischen Randbedingungen</b>	<b>18</b>
F-3.1	Szenario A „Niedriger Ölpreis, keine politische Interventionen“	18
F-3.2	Szenario D „Hoher Ölpreis, PolitikszENARIO“	20
F-3.3	Vergleichende Diskussion der Szenarien	22
<b>F-4</b>	<b>Referenzen</b>	<b>23</b>

Aus aktuellen Arbeiten zu Szenarien werden Ergebnisse zusammenfassend dargestellt.

## **F-1 Szenarien bis 2020**

Es werden zusammenfassend Szenarien für Biotreibstoffe bis 2020 dargestellt, die in Könighofer et al. 2006 erarbeitet wurden.

### ***F-1.1 Einleitung***

In der vorliegenden Analyse wurden die technologischen, ökonomischen und ökologischen Aspekte für die zukünftigen Treibstoffe (Biotreibstoffe: Biodiesel, Bioethanol, Biogas, Fischer-Tropsch (FT)-Diesel und Pflanzenöl, sowie Erdgas und erneuerbarer Wasserstoff („Öko-Wasserstoff“)) im Hinblick auf eine breite Markteinführung in Szenarien untersucht.

In den Analysen zu den Chancen der unterschiedlichen zukünftigen Treibstoffe im Wettbewerb mit den heute überwiegend eingesetzten Treibstoffen Benzin und Diesel zeigte sich, dass eine eindeutige Reihung der Treibstoffe nicht möglich ist. In Tabelle F- 1 wird ein Vergleich der zukünftigen Treibstoffe mit Benzin und Diesel auf Basis des Entwicklungsstandes im Jahr 2005 für folgende Kriterien dargestellt: Möglichkeit, die bestehende Infrastruktur für Diesel und Benzin zu nutzen (z.B. Möglichkeit der Beimischung), der aktuelle Entwicklungsstand der Treibstoffherzeugung und der Fahrzeuge, Reduktion von Umweltauswirkungen (Treibhausgas-Emissionen und lokale Luftschadstoffe (z.B. Feinstaub) sowie die Kilometerkosten.

Im Hinblick auf eine breite Markteinführung zur Erfüllung dieser Vorgaben werden unterschiedliche Szenarien analysiert. Basierend auf den technologischen, ökonomischen und ökologischen Grunddaten der zukünftigen Treibstoffe werden in den Szenarien die Auswirkungen auf die Treibhausgas-Emissionen, den Rohstoffbedarf, den landwirtschaftlichen Flächenbedarf, die Menge der Nebenprodukte sowie auf die Kosten untersucht. Ausgehend von der WIFO-Prognose für den Energieeinsatz im Verkehr (2005: 303 PJ/a; 2020: 322 PJ/a) wurden 15 Szenarien berechnet, in denen die zukünftigen Treibstoffe alleine oder als Mix mit den heutigen bzw. zukünftig erwarteten Technologien eingesetzt werden (2010: 24 PJ/a; 2020: 74 PJ/a), wobei Pflanzenöl nur für Anwendungen in land- und forstwirtschaftlichen Maschinen eingesetzt wird, welche in den Szenarien nicht enthalten sind.



**Tabelle F- 1: Vergleich zukünftiger Treibstoffe mit Benzin und Diesel (Entwicklungsstand 2005, Könighofer et al. 2006)**

Treibstoff	Nutzung bestehender Infrastruktur	Entwicklungsstand		Umwelt		Kilometerkosten
		Treibstoff-erzeugung	Fahrzeuge	Treibhausgas-emissionen	Lokale Emissionen	
Pflanzenöl		-		o	+	o <sup>7)</sup>
Biodiesel		o		oo	+	o <sup>7)</sup>
Bioethanol	o <sup>2)</sup>	o <sup>3)</sup>	o	+ <sup>4)</sup>		+ -
Biogas		-		oo+ <sup>5)</sup>		+ -
Fischer-Tropsch-Diesel		o		o	+	+ -
Öko-Wasserstoff <sup>1)</sup>	--	-	--	++	++	--
Erdgas		-		oo <sup>6)</sup>	+	+ <sup>7)</sup>

1) Wasserstoff aus erneuerbaren Energiequellen (hier: Wasserkraft).  
 2) Ab E85 sind eine eigene Tankstelleninfrastruktur und geeignete Fahrzeuge erforderlich.  
 3) Für Bioethanol aus Holz: "-"  
 4) Für Bioethanol aus stärkehaltigen Pflanzen mit fossiler Prozessenergie: "o"  
 5) Für Biogas aus Gülle: "oo+"  
 6) Erdgas hat als fossiler Energieträger etwas geringere Treibhausgas-Emissionen als Diesel oder Benzin.  
 7) Bei Befreiung von der Mineralölsteuer.  
 Legende: ++ ... viel besser / + ... besser / o ... gleich / - ... schlechter / -- ... viel schlechter

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Szenarien zusammengefasst, wobei die Bandbreiten der Ergebnisse angeführt werden. Es werden die folgenden Szenarien beschrieben (Könighofer et al. 2006):

1. Szenarien Treibstoffe der Zukunft
2. Szenario Biotreibstoffe
3. Szenario Biodiesel
4. Szenario Biogas und
5. Kurzbemerkungen zum Einsatz von Pflanzenöl.

**F-1.2 Szenarien Treibstoffe der Zukunft (alle Treibstoffe)**

Durch den Einsatz von zukünftigen Treibstoffen könnten die über den Lebenszyklus betrachteten Treibhausgas-Emissionen durch den Ersatz von Benzin und Diesel um 0,6 – 1,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a (2010) und 2,3 – 3,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a (2020) reduziert werden. Die Erzeugung bzw. die Nutzung zukünftiger Treibstoffe ist im Vergleich zu Diesel und Benzin mit höheren Kosten verbunden. Der Einsatz von Treibstoffen der Zukunft führt zu Mehrkosten von 460 – 590 Mio. €/a (2010) und 7.100 – 12.700 Mio. €/a (2020) wobei Europäische Referenzwerte des EU-Projektes VIEWLS ([www.viewls.org](http://www.viewls.org)) bei einem Rohölpreis von 25 - 45€ pro Barrel zugrunde gelegt sind. Die Treibhausgas-Vermeidungskosten betragen 380 - 790€/t CO<sub>2</sub>-Äq (2010) und 2.000 – 5.600€/t CO<sub>2</sub>-Äq

(2010). Der landwirtschaftliche Flächenbedarf ist 230.000 – 510.000 ha/a (2010) und 330.000 - 740.000 ha/a (2020). Der Biomasse-Rohstoffbedarf beträgt 4,1 - 5,3 Mio. t/a (2010) und 6,0 - 7,8 Mio. t/a (2020), wobei Nebenprodukte im Ausmaß von 2,7 - 3,3 Mio. t/a (2010) und 4,0 - 4,7 Mio. t/a (2020) anfallen. Zur Erfüllung der Zielwerte 2020 sind 0,7 Mio. Erdgas-Fahrzeuge (vor allem PKW) und 0,6 Mio. Wasserstoff-Fahrzeuge (vor allem PKW) notwendig, die flüssigen Biotreibstoffe können als Beimengungen in Benzin- und Dieselfahrzeugen eingesetzt werden.

### **F-1.3 Szenarien Biotreibstoffe (alle Biotreibstoffe)**

Die Biotreibstoffe spielen bei den zukünftigen Treibstoffen eine wichtige Rolle und liefern folgende Ergebnisse für den angenommenen Biotreibstoffmix mit 40 - 60% Biodiesel, 20 - 40% Bioethanol, 20% Biogas und 0 - 20% FT-Diesel: über den Ersatz von Benzin und Diesel durch Biotreibstoffe könnten die über den Lebenszyklus betrachteten Treibhausgas-Emissionen um 0,5 – 1,3 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a (2010) und 0,8 – 1,9 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a (2020) reduziert werden. Der Einsatz von Biotreibstoffen führt zu Mehrkosten von 420 – 500 Mio. €/a (2010) und 610 – 730 Mio. €/a (2020). Die Treibhausgas-Reduktionskosten betragen 320 - 890 €/t CO<sub>2</sub>-Äq. Die anderen Ergebnisse sind gleich wie im Szenario „Treibstoffe der Zukunft“.

Die Erfüllung der Österreichischen Kraftstoffverordnung im Jahr 2008<sup>1</sup> - gerechnet für das gesamte Jahr - durch einen Biotreibstoffmix mit 40 - 60% Biodiesel, 20 - 40% Bioethanol und 20% Biogas, kann zu einer Reduktion der über den Lebenszyklus betrachteten Treibhausgas-Emissionen von 0,5 – 0,6 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a, zu Mehrkosten von 480 – 495 Mio. €/a mit Treibhausgas-Reduktionskosten von 780 - 885 €/t CO<sub>2</sub>-Äq führen. Der landwirtschaftliche Flächenbedarf würde 490.000 – 500.000 ha/a und der Biomasse-Rohstoffbedarf 4,6 - 5,3 Mio. t/a betragen, wobei 3,1 - 3,2 Mio. t/a an Nebenprodukten anfallen.

Weitere Projektergebnisse werden in den nachfolgenden Szenarien dargestellt, für die angenommen wird, dass der jeweilige Treibstoff allein die Zielwerte erreicht. Hierzu wird angegeben, welche Bandbreite der Zielwerte im Zeitraum von 2010 bis 2020 erreichbar wäre.

Die Ergebnisse dieser Szenarien sind in Tabelle F- 2 zusammengestellt.

---

<sup>1</sup> gesetzlich vorgeschrieben ab 1.10.2008

*Tabelle F-2: Ergebnisse der Szenarien Treibstoffe der Zukunft und Biotreibstoffe (Könighofer et al. 2006)*

Ergebnisse	2008 <sup>2)</sup>	2010	2020
<b>THG-Reduktion 1.000 t CO<sub>2</sub>-Äq/a</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	550 - 640	580 - 1.350	2.260 - 3.490
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>		550 - 1.290	800 - 1.870
<b>Flächenbedarf 1.000 ha/a</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	490 - 500	230 - 510	330 - 740
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>			
<b>Treibstoffmenge 1.000 t/a</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	490 - 530	610 - 660	1.490 - 1.570
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>		480 - 530	700 - 770
<b>Nebenprodukte 1.000 t/a</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	3.140 - 3.240	2.710 - 3.260	3.950 - 4.740
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>			
<b>Rohstoffbedarf 1.000 t/a</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	4.580 - 5.300	4.130 - 5.330	6.010 - 7.760
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>			
<b>Mehrkosten Mio. €/a <sup>3)</sup></b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	480 - 495	460 - 590	7.120 - 12.710
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>		420 - 500	610 - 730
<b>THG-Vermeidungskosten €/t CO<sub>2</sub>-Äq vermieden</b>			
Szenarien Treibstoffe der Zukunft	780 - 885	380 - 790	2.040 - 5.610
Szenarien Biotreibstoffe <sup>1)</sup>		320 - 890	320 - 890

1) Biotreibstoffmix: 40 - 60% Biodiesel, 20 - 40% Bioethanol, 20% Biogas und 0 - 20% FT-Diesel  
2) Werte gerechnet für das gesamte Jahr, gesetzlich vorgeschrieben ab 1.10.2008  
3) Mehrkosten gerechnet mit Europäischen Referenzwerten des EU-Projektes VIEWLS ([www.viewls.org](http://www.viewls.org)) bei einem Rohölpreis von 25 - 45 € pro Barrel

### **F-1.4 Szenarien Biodiesel**

Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- geringe Treibhausgasreduktion: 0,5 - 1,5 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a
- Mehrkosten: 460 – 710 Mio. €/a
- Treibhausgasvermeidungskosten: 481 - 876 €/t CO<sub>2</sub>-Äq
- hoher landwirtschaftlicher Flächenbedarf durch Anbau von Ölpflanzen (z.B. Raps) in einer drei- bis vierjährigen Fruchtfolge: 345.000 - 841.000 ha/a; derzeitige Anbaufläche 65.000 ha
- Verwertung der Nebenprodukte Presskuchen als Futtermittel (Sojamehlersatz) und Glycerin als Chemierohstoff: 0,7 – 1,0 Mio. t/a
- weitere F&E-Aktivitäten zu Rohstoffen notwendig

### **F-1.5 Szenarien Bioethanol**

Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Spezielle Fahrzeuge (FFV – Flexible-Fuel-Vehicles), die es am Markt bereits gibt, notwendig bei höherer Beimischung (z.B. E50, E85, E100)
- geringe Treibhausgasreduktion, wenn Prozessenergie aus fossiler Energie, mittlere Treibhausgasreduktion, wenn Prozessenergie aus erneuerbarer Energie sowie Rohstoff Holz: 0,08 – 2 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a
- Mehrkosten: 358 – 589 Mio. €/a
- Geringe bis hohe Treibhausgasvermeidungskosten: 269 – 5.000 €/t CO<sub>2</sub>-Äq
- Mittlerer landwirtschaftlicher Flächenbedarf durch Anbau zucker- und stärkehaltiger Rohstoffe: 272.000 - 713.000 ha/a, derzeitige Anbaufläche 570.000 ha.
- Verwertung der Nebenprodukte wie Schlempe und DDGS – Dried Distillers Grain with Solubles – als Futtermittel (Sojamehlersatz) und Düngemittel: 0,2 – 0,3 Mio. t/a
- F&E-Aktivitäten für Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen (Holz, Stroh) notwendig

### **F-1.6 Szenarien Biogas**

Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Nutzung als Treibstoff über die Einspeisung in das Erdgasnetz, wenn durch Reinigung (z.B. CO<sub>2</sub>-Abtrennung) Erdgasqualität erreicht wird
- hohe Treibhausgasreduktion: 1,5 – 2,4 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a
- Mehrkosten: 396 – 1.000 Mio. €/a
- Treibhausgasvermeidungskosten: 239 – 455 €/t CO<sub>2</sub>-Äq
- Sehr große Mengen an Nebenprodukten wie ausgegorene Maissilage und Gülle: 12,0 – 20,3 Mio. t/a
- geringer landwirtschaftlicher Flächenbedarf: 179.000 – 475.000 ha, derzeitige Anbaufläche 250.000 ha, Gülle und Reststoffe aus der Landwirtschaft
- Anzahl der erforderlichen Erdgasfahrzeuge: 240.000 – 530.000 Fahrzeuge
- erste Aufbereitungs- und Einspeiseanlagen in Betrieb, weitere Anlagen in Erprobung bzw. in Planung; etwa 300 landwirtschaftliche Biogasanlagen in Betrieb (Stand 2007)
- Positionspapier der „Plattform Bio-CNG“ (Vereinigung aus Vertretern der Landwirtschaft, Gasindustrie und Interessensvertretern) zur Markteinführung von „Biomethan“ (80% Erdgas, 20% Biogas) vom September 2006
- weitere F&E-Aktivitäten zur effizienten und kostengünstigeren Biogasaufbereitung erforderlich

### **F-1.7 Szenario Fischer-Tropsch(FT)-Diesel**

Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- FT-Diesel in beliebigen Mischungsverhältnissen mit Diesel oder in reiner Form in Diesel-Fahrzeugen einsetzbar
- in größeren Mengen frühestens ab 2010 verfügbar
- mittlere Treibhausgasreduktion: 1,3 - 1,8 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äq/a
- Mehrkosten: 784 – 1.140 Mio. €/a
- Treibhausgasvermeidungskosten: 600 €/t CO<sub>2</sub>-Äq
- kein landwirtschaftlicher Flächenbedarf, da in Österreich Restholz aus der Forstwirtschaft eingesetzt würde
- Rohstoffbedarf Holz: 2,1 – 3,1 Mio. t/a
- Nebenprodukte sind Strom und Wärme, um durch Polygeneration hohe Biomasse-Nutzungsgrade zu erreichen
- erste Laboranlage in Güssing in Betrieb
- F&E-Aktivitäten zur Verfahrenstechnik der Synthese notwendig, z.B. zu kostengünstigen Katalysatoren

### **F-1.8 Pflanzenöl**

Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Anwendung vorrangig in Nischen (forst- und landwirtschaftliche Fahrzeuge) und im regionalen Kontext, daher keine Szenarien
- Umrüstung von Diesel-Fahrzeugen erforderlich
- derzeit Flottenversuch „35-Traktor-Projekt“
- mittlere Treibhausgasreduktion, vergleichbar mit Biodiesel
- erste Ölpresen, Tankstellen und einige Fahrzeuge regional verfügbar
- Aktivitäten zu Normierung und Qualitätssicherung im Gange

### **F-1.9 Schlussfolgerungen**

Es werden die Szenarien für Biotreibstoffe bis 2020 dargestellt, wie sie im Forschungsauftrag des Lebensministeriums (Könighofer et al. 2006) erstellt wurden.

Die nachfolgenden Ergebnisse gelten für das Jahr 2020 und zwar für folgende Ausgangsdaten und Annahmen:

- Gesamtenergie Verkehr 2020: 322 PJ (Quelle: Energieszenarien für Österreich bis 2020, K. Kratena, M. Wüger, Juli 2005, WIFO)

- Anteile der (Bio)Kraftstoffe 2020 („Biotreibstoffmix“): Biodiesel 4%, Bioethanol 4%, Biogas 2%, Erdgas 10%. Das bedeutet, dass BioCNG (80% Erdgas, 20% Biogas) einen Anteil von 10% hat, plus 2% Erdgas als CNG. Insgesamt entspricht diese Annahme 20% alternative Kraftstoffe im Jahre 2020

In der nachfolgenden Abbildung F- 1 sind diese Ergebnisse für 2020 und Technologie 2005 und >2010 dargestellt. In der Tabelle sind die Ergebnisse zusammengestellt, wobei die Anteile der (Bio)Kraftstoffe ausschließlich für das Jahr 2020 gelten. Die Ergebnisse beinhalten die Daten für die Biotreibstoffe Biodiesel, Bioethanol und Biogas, die Werte zu Erdgas sind nicht berücksichtigt. Dies hat Auswirkungen auf folgende Ergebnisse: THG-Reduktion, Treibstoffmenge, THG-Vermeidungskosten und Mehrkosten.

Ein Vergleich unterschiedlicher Szenarien (Biotreibstoffmix, Biogas, Bioethanol, Biodiesel und FT-Diesel) für 2020 (Technologie >2010) ist in der Abbildung F- 2 dargestellt. Die Werte für die Szenarien Biogas, Bioethanol, Biodiesel und FT-Diesel sind entnommen aus Könighofer et al. 2006.

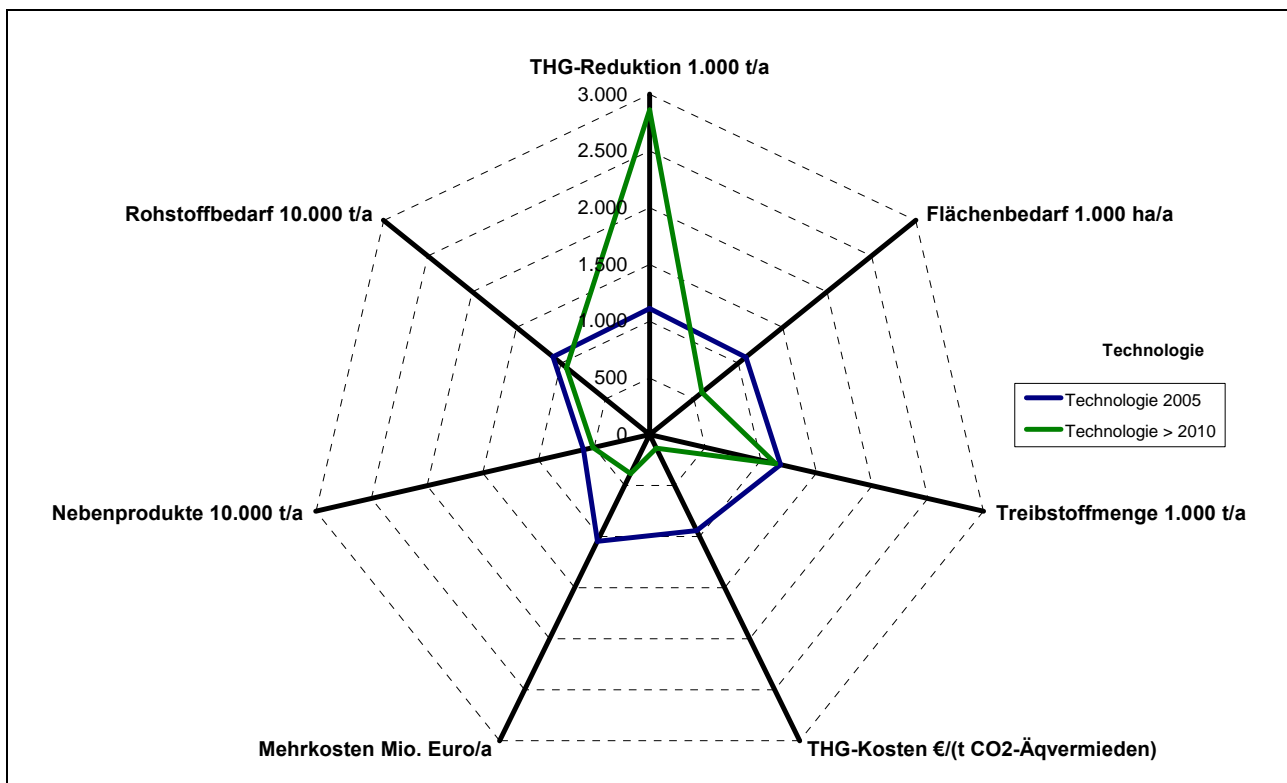
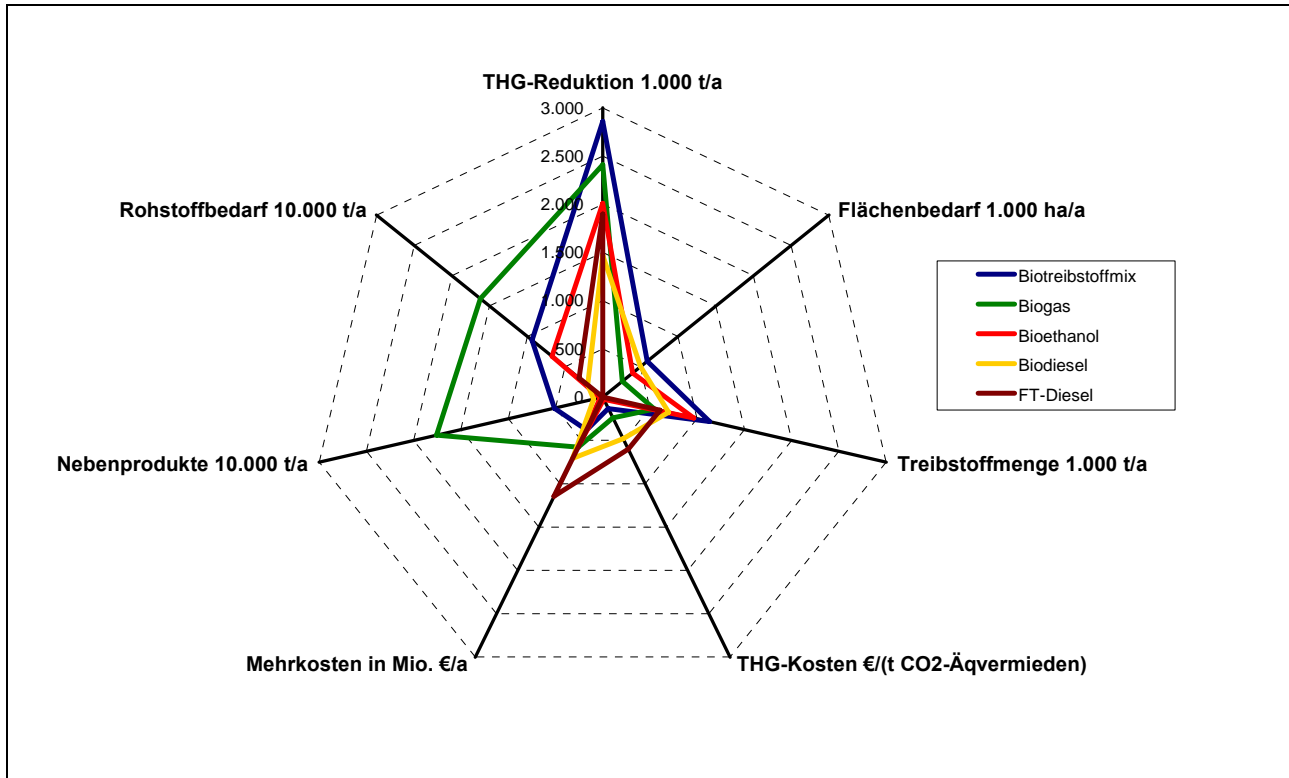


Abbildung F- 1: Vergleich der Ergebnisse für Technologie 2005 und Technologie > 2010 (Könighofer et al. 2006)



*Abbildung F- 2: Vergleich der unterschiedlichen Biotreibstoffe (Könighofer et al. 2006)*

Insgesamt zeigt sich, dass derzeit keiner der zukünftigen Treibstoffe bei allen Kriterien sehr gut abschneidet. Die Bedeutung der einzelnen zukünftigen Treibstoffe wird vom Erfolg der technischen Weiterentwicklung, der Verfügbarkeit kostengünstiger Rohstoffe und dem Aufbau der zusätzlichen Infrastruktur abhängen. Folgende Trends lassen sich jedoch ableiten:

Beim derzeitigen Entwicklungsstand werden zur Erfüllung der Kraftstoffverordnung kurz- und mittelfristig vor allem Biodiesel und Bioethanol aus zucker- und stärkehaltigen Rohstoffen eine Rolle spielen (Biotreibstoffe der 1. Generation), da sie sich auch gut mit den konventionellen Treibstoffen mischen lassen und somit keine wesentliche zusätzliche Infrastruktur, insbesondere keine neuen Fahrzeuge benötigen. Biogas wird mittelfristig dann an Bedeutung gewinnen, wenn es gelingt, Erdgas als Treibstoff verstärkt einzuführen (d.h. wenn eine entsprechend große Anzahl von Erdgas-Fahrzeugen und Tankstellen in Betrieb sind) und wenn die Reinigung und Einspeisung von Biogas in das Erdgasnetz günstiger ist als die stationäre Nutzung für Strom und Wärme. Da Pflanzenöl nicht mit konventionellen Treibstoffen gemischt werden kann und angepasste Motoren benötigt, kann Pflanzenöl als Nischenanwendung, vor allem in forst- und landwirtschaftlichen Fahrzeugen, Bedeutung erlangen. Synthetische Biotreibstoffe und Bioethanol aus Holz haben in Österreich eine große Rohstoffbasis (Biotreibstoffe der 2. Generation), können gut mit konventionellen Treibstoffen gemischt werden und könnten daher mittelfristig bei entsprechender Entwicklung signifikante Beiträge leisten. Bei den für Biotreibstoffe verfügbaren biogenen Rohstoffmengen

müssen allerdings andere Nutzungsformen wie Nahrungs- und Futtermittel, Wärme- und Stromerzeugung sowie die stoffliche Nutzung (z.B. Holzprodukte) berücksichtigt werden. Wasserstoff benötigt eine ganz neue Infrastruktur sowohl für die Erzeugung und Verteilung als auch für die Fahrzeuge, die erst nach entsprechenden Entwicklungserfolgen langfristig möglich erscheint.

## **F-2 Szenarien für nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050**

### ***F-2.1 Methodik***

Um die mögliche zukünftige Bedeutung von Biotreibstoffen im österreichischen Energiesystem zu analysieren, werden ausgehend vom derzeitigen System Möglichkeiten eines zukünftigen nachhaltigen Energiesystems, das auch Biotreibstoffe als Sekundärenergieträger nutzt, untersucht. Dabei wird die Annahme zugrunde gelegt, dass nur erneuerbare Energiequellen für die Deckung der Energiedienstleistungen zur Verfügung stehen und der vollständige Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger vollständig vollzogen ist. Für diese Analysen wird ein Rechenmodell verwendet, das im Rahmen der Studie „Energiebedarfsdeckung nach einem Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger – Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel Österreichs“ (Lauer et al. 1995) entwickelt wurde. Dieses Modell wurde mit aktuellen Daten des „Energieflussbild Österreich im Jahr 2004“ aktualisiert. Das Szenario für die mögliche Bedeutung von Biotreibstoffen in Österreich wird derart gestaltet, dass jeweils eine weitgehende Übereinstimmung zwischen Endenergieangebot und Endenergiebedarf erreicht wird (Abbildung F- 3). Die Details der Methodik sind in Lauer et al. 1995 dargestellt.



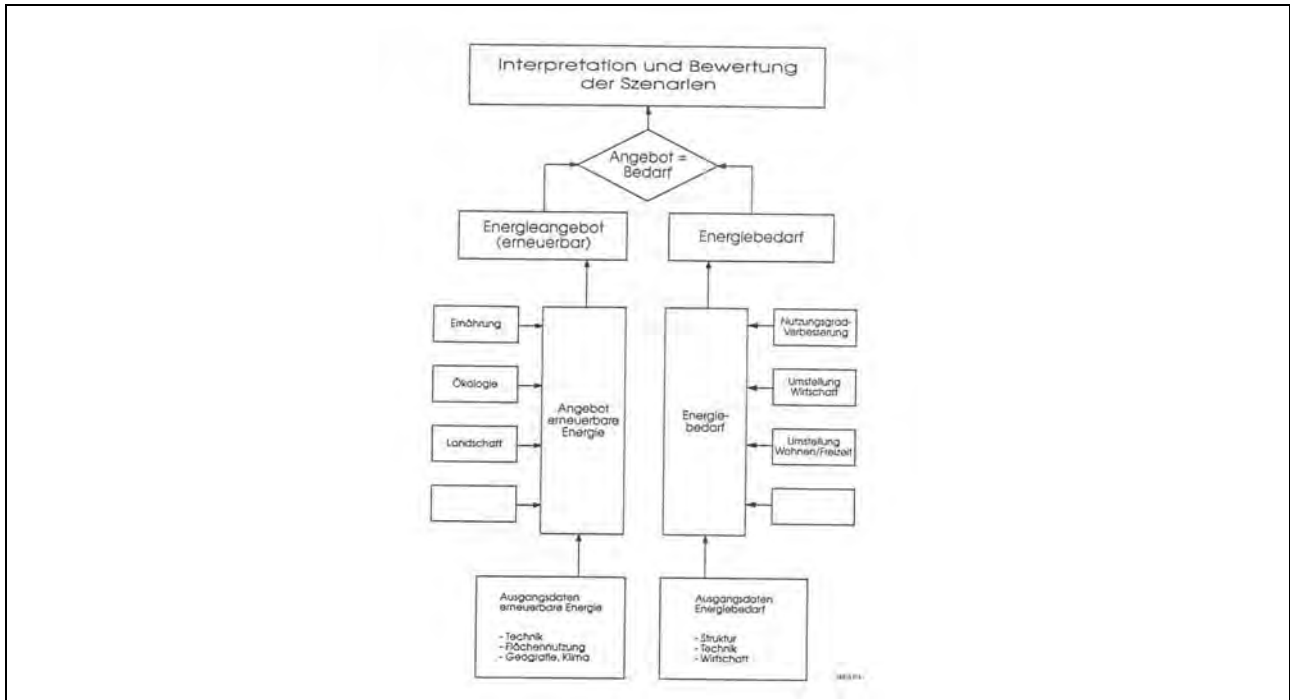


Abbildung F- 3: Methodik zur Erstellung des Szenarios (Lauer et al. 1995)

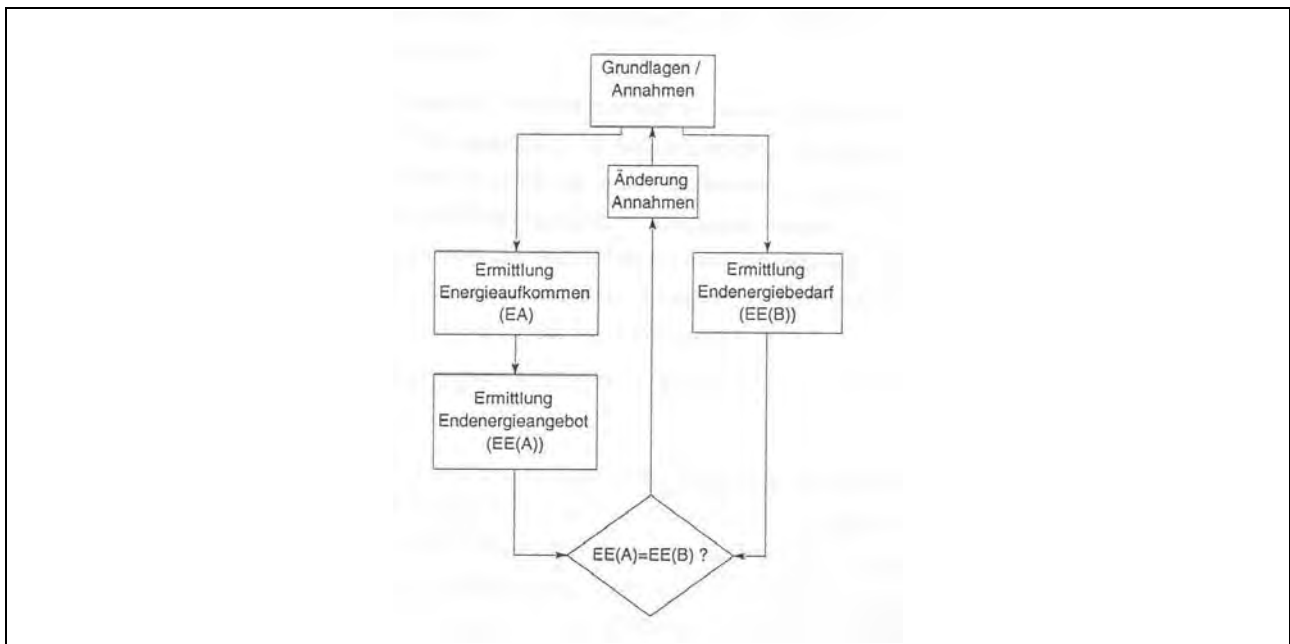


Abbildung F- 4: Abgleich Endenergiebedarf und Endenergieangebot (Lauer et al. 1995)

Im Szenario werden folgende Rahmenbedingungen berücksichtigt:

- “Energiesparen” - Reduktion Energiebedarf
- Steigerung der Energieeffizienz
- (Weiterer) Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energie
- Reduktion der Treibhausgas-Emissionen
- Reduktion lokaler Emissionen, insbesondere NO<sub>x</sub> und Feinstaub in Ballungsgebieten
- Nutzung heimischer erneuerbarer Energie

Insgesamt wird in dem Szenario der gleiche Umfang an Energiedienstleistungen wie im Jahr 2004 angenommen.

Der Vision „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“ wird als Forderung zugrunde gelegt, dass – unter maximaler Ausschöpfung der heimischen erneuerbaren Energiepotentiale und Realisierung aller Energieeffizienzpotentiale – im Jahr 2050 Energiedienstleistungen wie Raumwärme, Kälte, Mobilität, Produktion und Beleuchtung im selben Umfang wie heute verfügbar sind. Für das zukünftige nachhaltige Energiesystem wird Folgendes angenommen:

- Einsatz heimischer erneuerbarer Primärenergie wie Wasserkraft, Biomasse, Windkraft, Photovoltaik und Solarwärme
- Höchste Energieeffizienz bei der Umwandlung von Primärenergie zur Energiedienstleistung
- Umfang und Qualität der Energiedienstleistungen bleiben auf dem heutigen Stand
- Einsatz von Öko-Wasserstoff nur im Transportsektor, da für die Strom- und Wärmenutzung die direkte Nutzung erneuerbarer Energie effizienter ist

### **F-2.2 Grunddaten für Szenario**

Das Rechenmodell (Lauer et al. 1995) für das Szenario einer möglichen Rolle von Biotreibstoffen in Österreich wurde mit den Daten des österreichischen Energieflussbildes im Jahr 2004 aktualisiert. Es sind zwar Energiebilanzen für das Jahr 2003 von der Statistik Austria verfügbar, in diesen Energiebilanzen wird jedoch die Nutzenergie nicht ausgewiesen, weshalb diese Energiebilanzen nicht verwendet werden konnten.

Die folgenden Rahmenbedingungen werden im Szenario berücksichtigt, wobei die diesbezüglichen Grunddaten in den folgenden Abbildungen dargestellt sind:

- “Energiesparen” - Reduktion Nutzenergiebedarf bei gleichem Energiedienstleistungsumfang
- Steigerung der Energieeffizienz im Bereich Nutzenergie-Endenergie
- (Weiterer) Ausbau der Nutzung heimischer erneuerbarer Energie

### **F-2.3 Ergebnisse Szenario 2050**

Aufgrund der o.g. beschriebenen Ergebnisse der Analyse der ökologischen und ökonomischen Zieldimensionen und Bewertung der 7 Leitprinzipien wurden für das Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“ folgende Annahmen getroffen:

- Die Biomasse wird zur Erzeugung von flüssigen und gasförmigen Biotreibstoffen in Polygenerationsanlagen zur Treibstoff-Strom-Wärme-Erzeugung und nicht für Öko-Wasserstoff eingesetzt.
- Der Öko-Wasserstoff wird ausschließlich im Transportsektor eingesetzt und nicht für stationäre gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung.

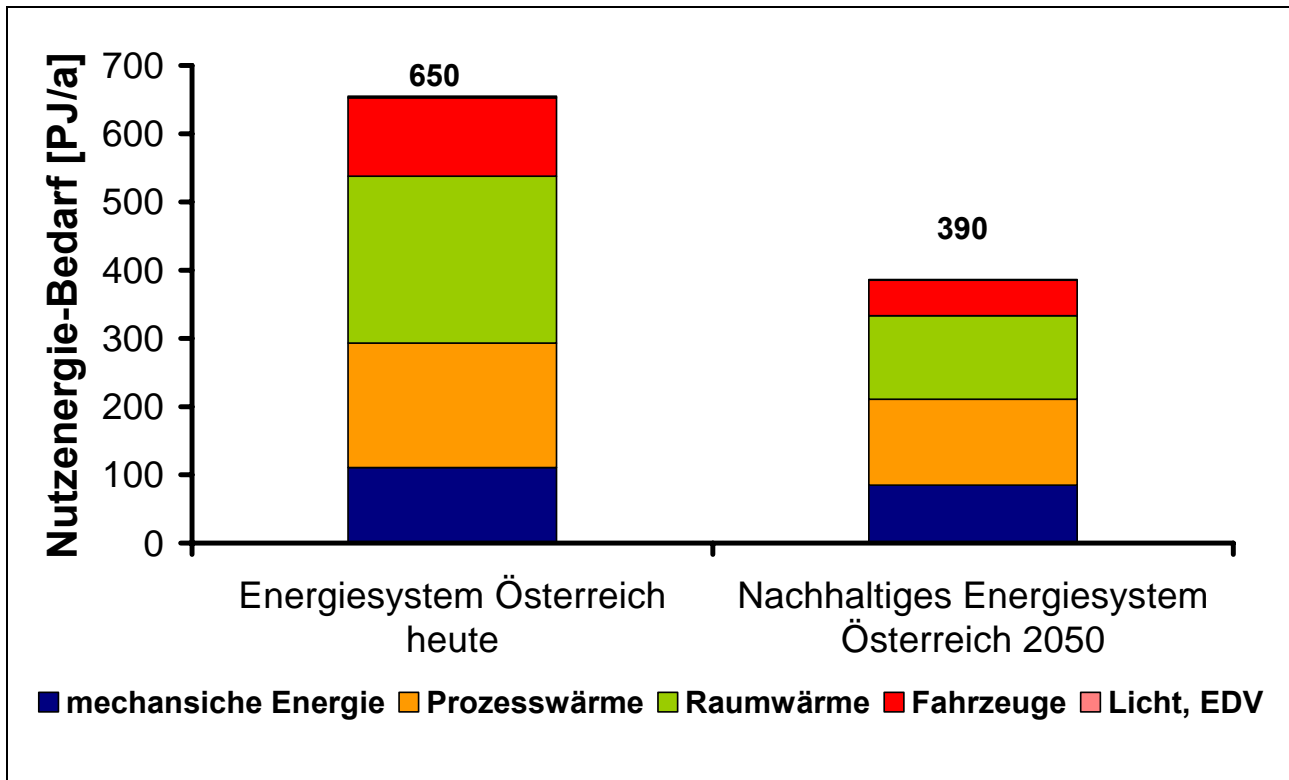
In den folgenden Abbildungen - Abbildung F- 5, Abbildung F- 6 und Abbildung F- 7 wird dargestellt, dass im Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“ im Vergleich zum Energiefluss Österreich im Jahr 2000 bei gleichem Energiedienstleistungsumfang

- der Nutzenergiebedarf um 40% von 650 PJ/a auf 390 PJ/a
- der Endenergiebedarf um 55% von 1.100 PJ/a auf 500 PJ/a
- der Primärenergiebedarf um 60% von 1.400 PJ/a auf 570 PJ/a

verringert ist. Insgesamt würden etwa 35 PJ/a Biotreibstoffe (27 PJ flüssige Biotreibstoffe und 8 PJ gasförmige Biotreibstoffe) neben 63 PJ Öko-Wasserstoff als Endenergieträger für Fahrzeugantriebe benötigt werden, wobei der Öko-Wasserstoff vor allem durch Elektrolyse durch (zusätzlichen) Öko-Strom aus Wind- und Wasserkraft erzeugt werden würde.

Für das Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“ ist in Abbildung F- 8 der Anteil von flüssigen und gasförmigen Biotreibstoffen von 14% am Endenergiebedarf für alle Nutzenergiearten sowie von 30% für Fahrzeugantriebe Abbildung F- 9 dargestellt.

Wie in Abbildung F- 10 dargestellt, bestimmen Reichweite und Größe des Straßenfahrzeuges, ob es optimal mit Öko-Strom, Öko-Wasserstoff oder Biotreibstoffen betrieben werden kann. Öko-Wasserstoff ist besonders für Fahrzeuge optimal, die größere Reichweiten pro Tankinhalt als Elektrofahrzeuge erreichen sollen, aber keine schweren Fahrzeuge sind. Die Schwerfahrzeuge (z.B. LKW) der Zukunft sollen besser mit Biotreibstoffen z.B. Biodiesel betrieben werden.



*Abbildung F- 5: Vergleich Nutzenenergiebedarf „Energiesystem Österreich heute“ (2004) und Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“*

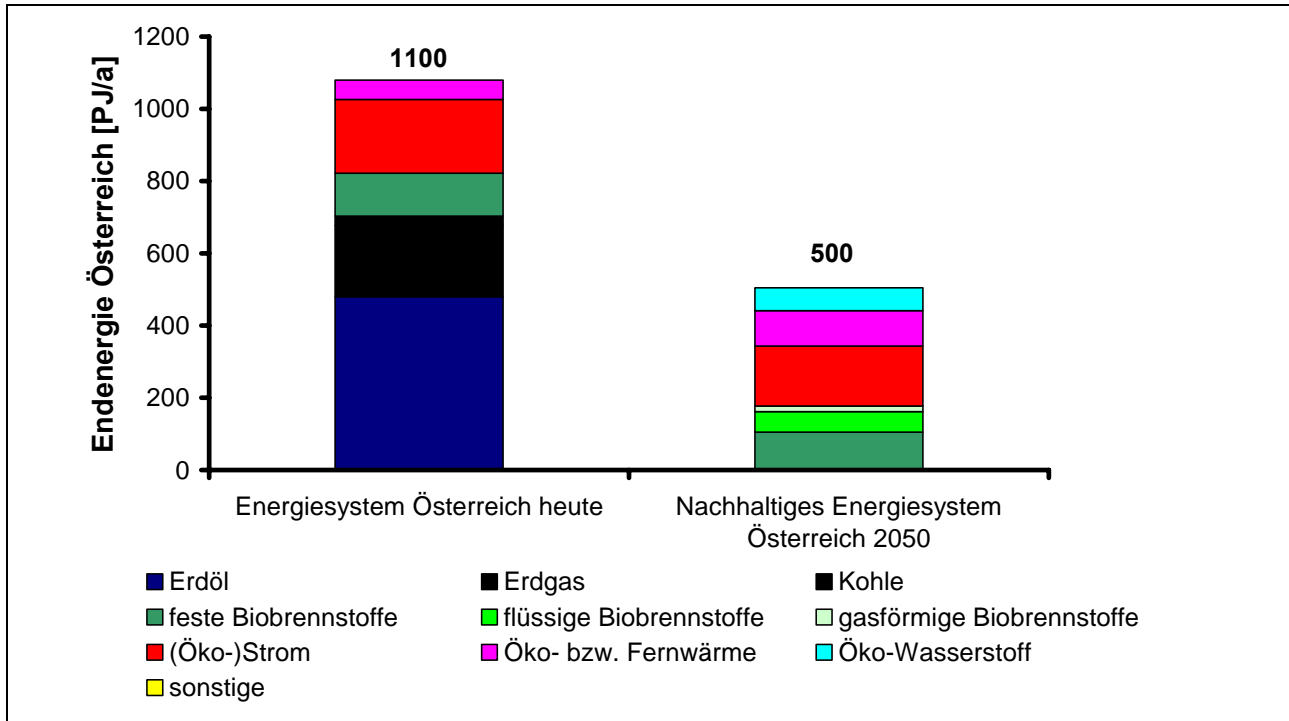


Abbildung F- 6: Vergleich Endenergiebedarf „Energiesystem Österreich heute“ (2004) und Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“

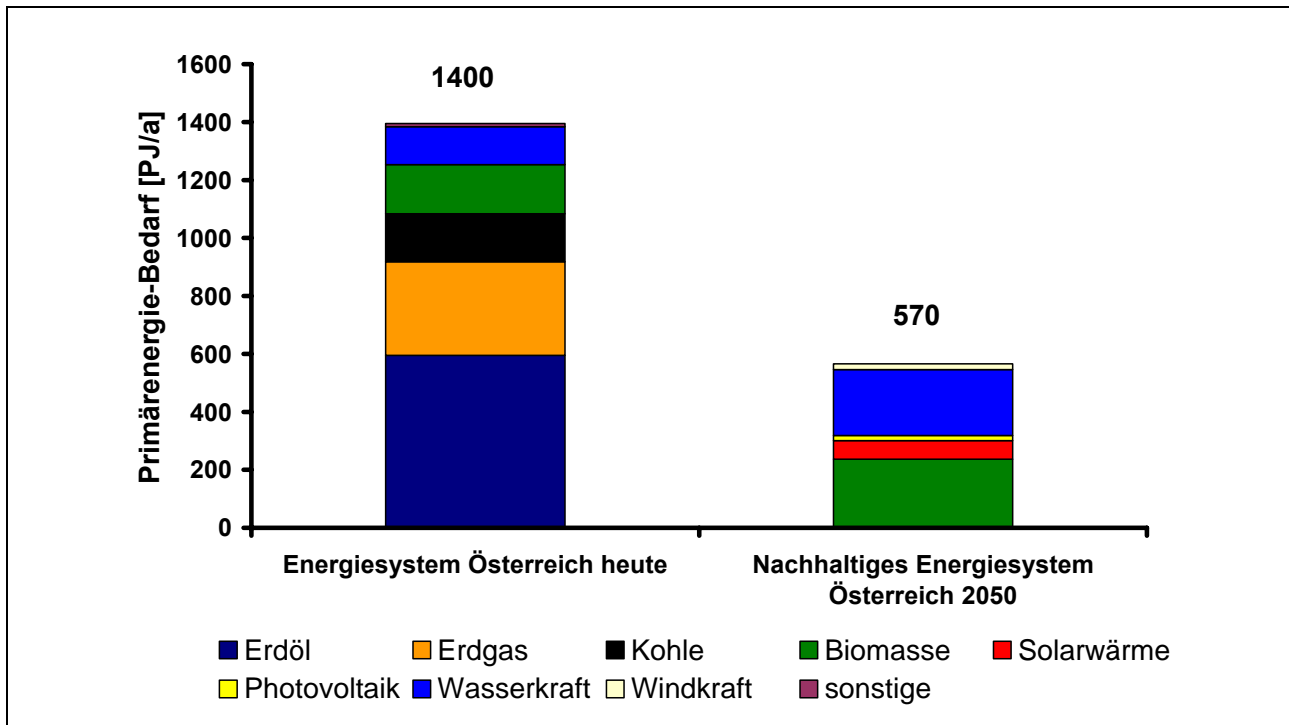
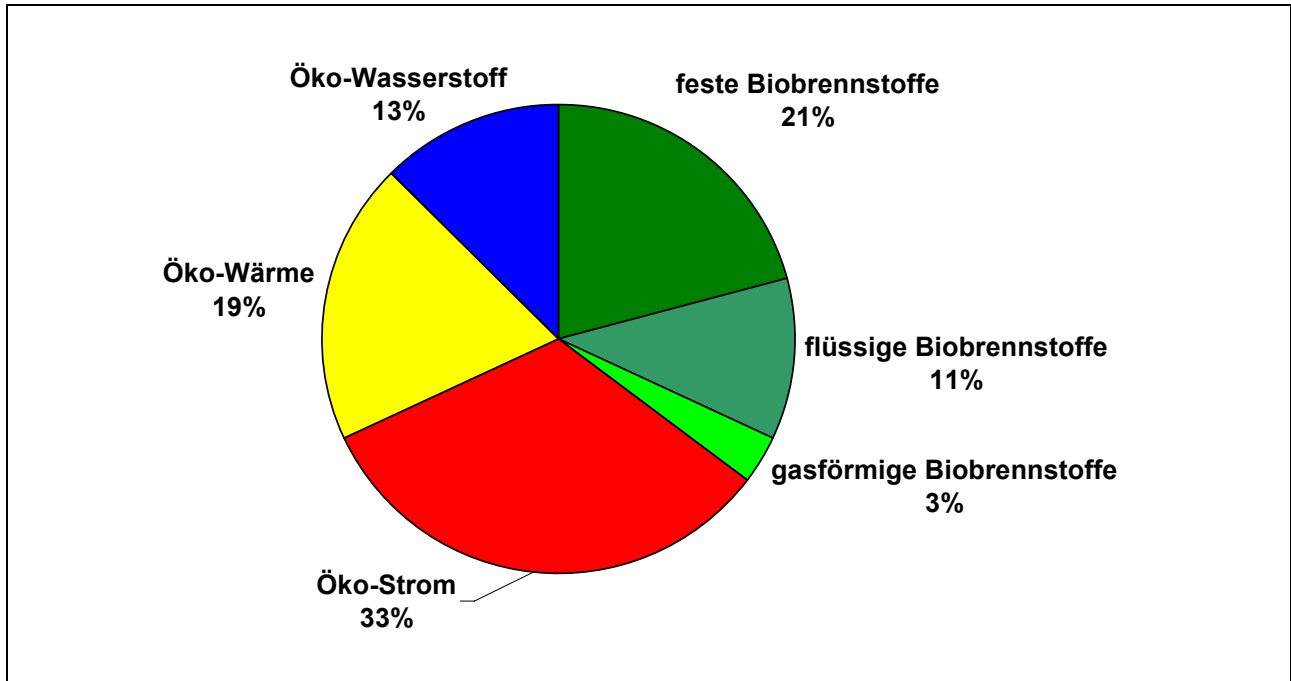
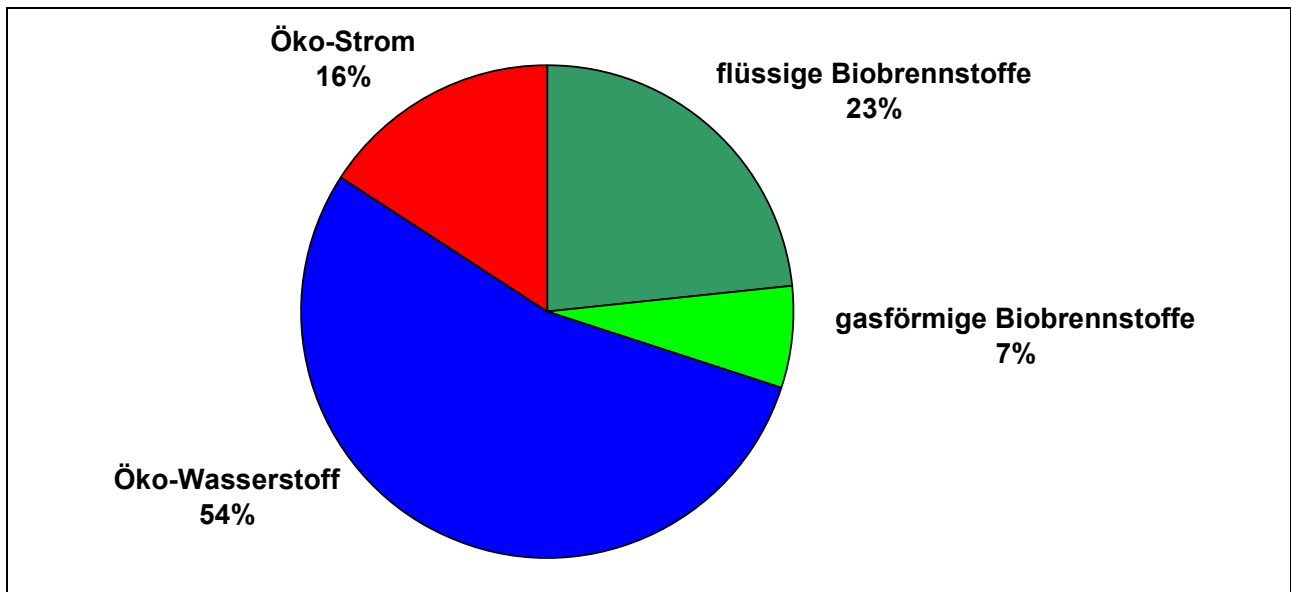


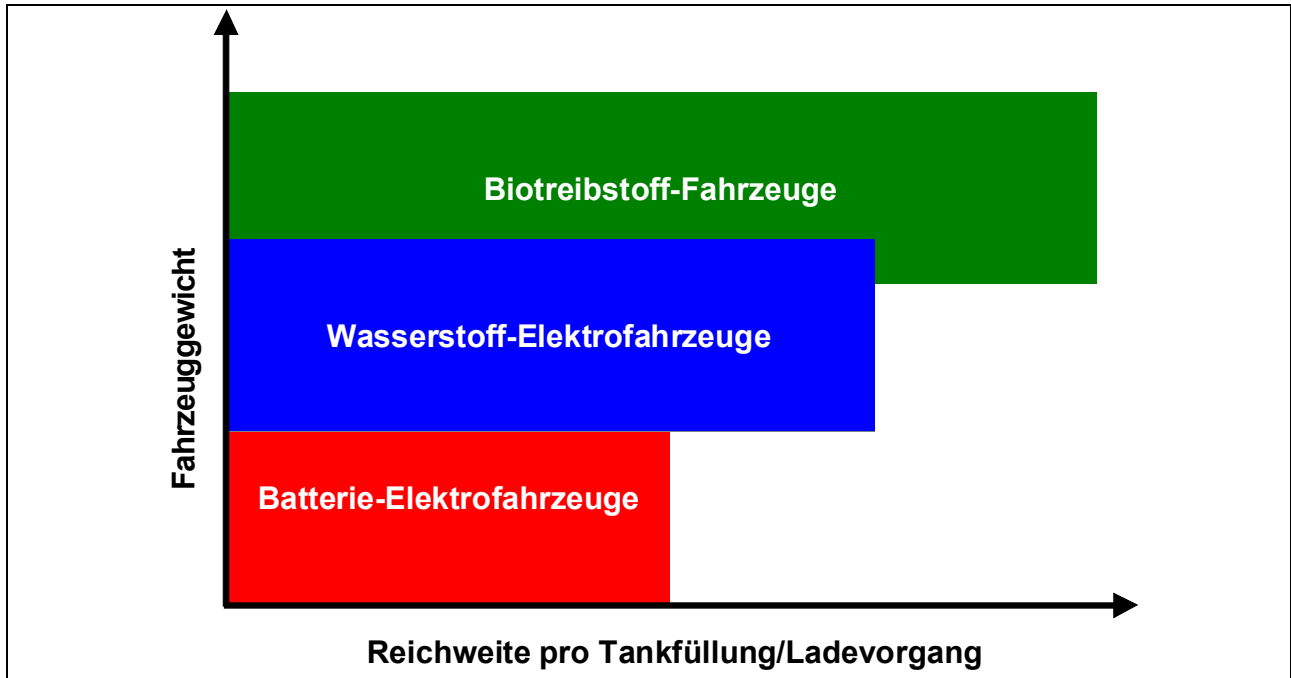
Abbildung F- 7: Vergleich Primärenergiebedarf „Energiesystem Österreich heute“ (2004) und Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“



*Abbildung F- 8: Anteil der unterschiedlichen Endenergeträger für alle Nutzenergiearten im Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“*



*Abbildung F- 9: Anteil der unterschiedlichen Endenergeträger für den Nutzenergieart Transport mit 117 PJ/a im Szenario „Nachhaltiges Energiesystem Österreich 2050“*



*Abbildung F- 10: Optimale Einsatzbereiche von Öko-Strom, Biotreibstoffen und Öko-Wasserstoff in unterschiedlichen Straßenfahrzeugen*

## **F-3 Szenarien für Treibstoffe bei unterschiedlichen politischen Randbedingungen**

Aus Haas et al. 2008 werden die möglichen Anteile der unterschiedlichen Treibstoffe unter unterschiedlichen Randbedingungen dargestellt. Hierbei werden die folgenden zwei Szenarien ausgewählt, um die Bandbreite möglicher Entwicklungen darzustellen (alle Details hierzu siehe Haas et al. 2008):

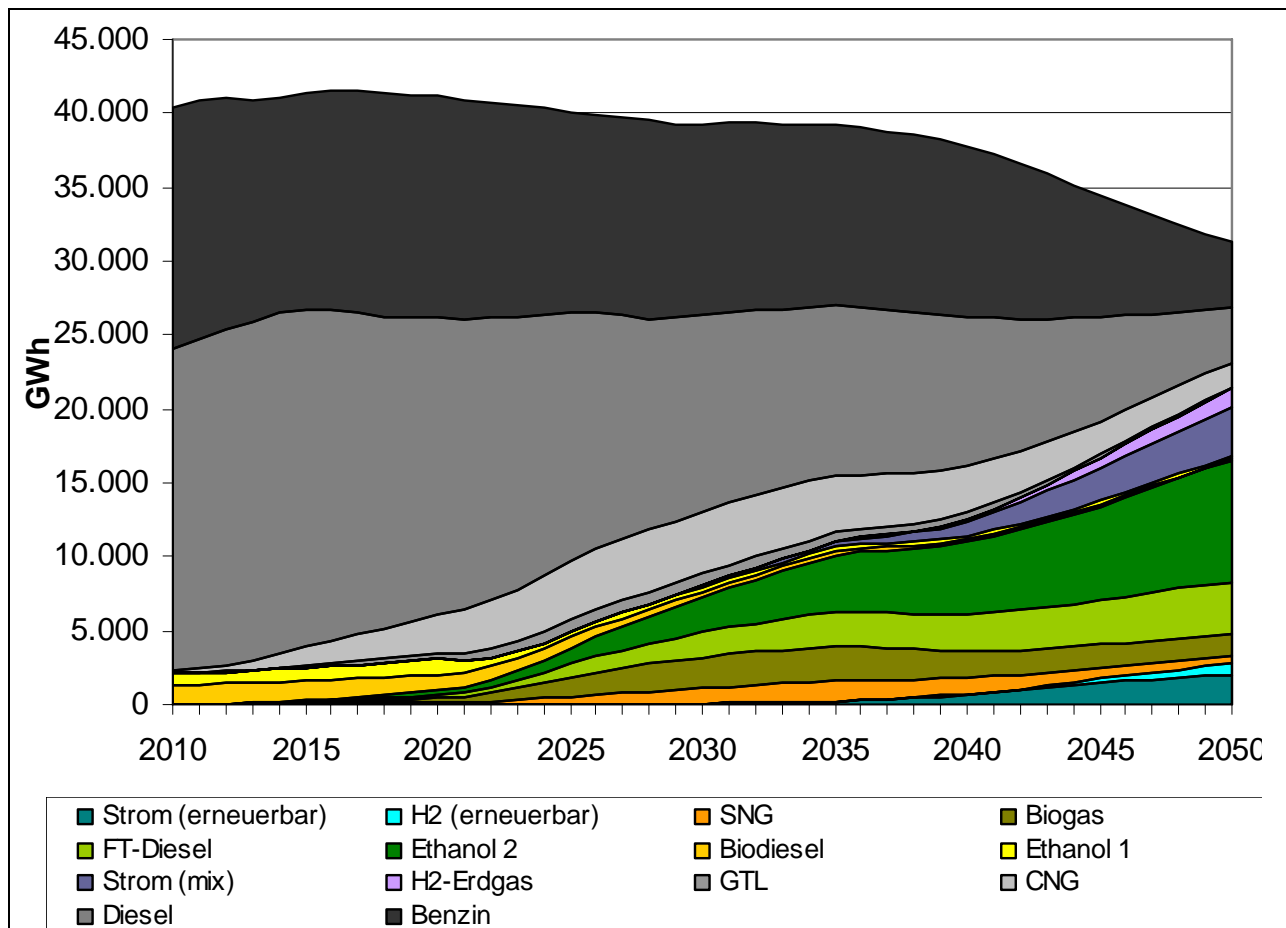
- Szenario A: „Niedriger Ölpreis, keine zusätzlichen politischen Interventionen“
- Szenario D: „Hoher Ölpreis, PolitikszENARIO“

### ***F-3.1 Szenario A: „Niedriger Ölpreis, keine politischen Interventionen“***

In diesem Szenario wurde von einem niedrigen Rohölpreinsniveau und einer passiven Politik ausgegangen. So wird bis auf eine Anpassung der Mineralölsteuer das heutige Politikportfolio in Bezug auf Antriebe fortgeführt.

In der Entwicklung der Neuzulassungen zeigt sich, dass es trotz mangelnder politischer Einflussnahme zu einem ausgeprägten Trend hin zu effizienten Antrieben kommt. Dieser Trend lässt sich am Endenergieverbrauch ablesen, der langfristig um etwa 20% zurückgeht. Weiters ist eine starke Diversifikation bei den Endenergieträgern zu erkennen. Die fossilen Endenergieträger (Benzin, Diesel, Erdgas) werden zunehmend durch erneuerbare Energieträger und Strom ersetzt. Sie bleiben langfristig aber auch ein wichtiger Bestandteil der Energieversorgung. Unter den erneuerbaren Energieträgern werden die Biokraftstoffe der ersten Generation kontinuierlich von den Biokraftstoffen der zweiten Generation ersetzt, welche ein weitaus größeres Gesamtpotential für Biokraftstoffe ermöglichen und langfristig die wirtschaftlichere Option darstellen (Abbildung F- 11).

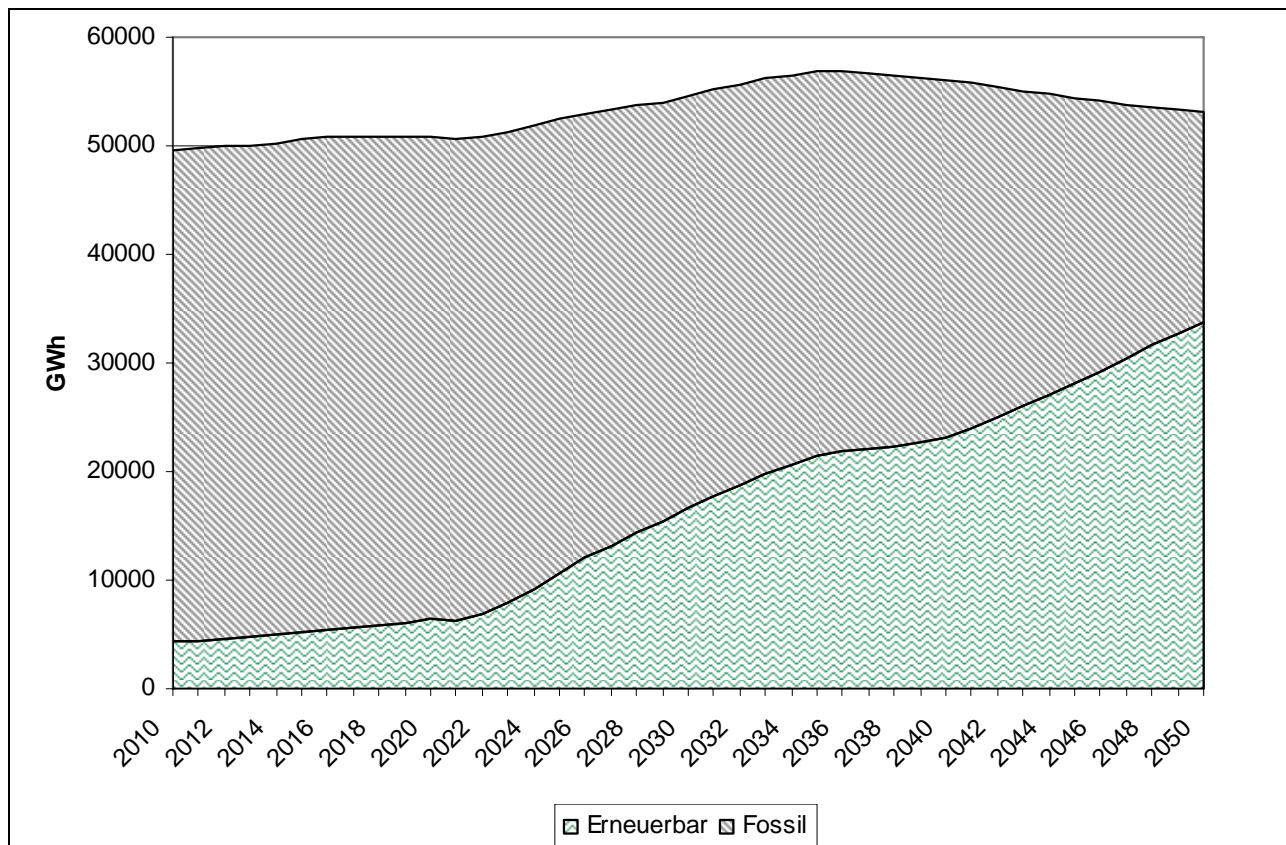




*Abbildung F- 11: Dynamische Entwicklung des Endenergieverbrauchs (Szenario A, Haas et al. 2008)*

Der Verbrauch and Endenergieträgern lässt nur bedingte Aussagen über den gesamten Energieverbrauch des Sektors zu, da dieser durch steigende Anteile von Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen verzerrt wird.

Ein besseres Bild über die Entwicklung des Energieverbrauchs ergibt sich durch die Darstellung des kumulierten Energieverbrauchs. Hier wird der gesamte Energieverbrauch des Sektors abgebildet. Das beinhaltet die Energie zur Bereitstellung der Kraftstoffe (inklusive Transport), den Verbrauch an Kraftstoffen und den Energieverbrauch zur Herstellung der Fahrzeuge. Man sieht, dass der Gesamtverbrauch aufgrund des Anstieges im Fahrzeugbestand erst steigt, sich dann sättigt (etwa 2035) und erst langfristig leicht sinkt (ab 2040).



*Abbildung F- 12: Dynamische Entwicklung des kumulierten Energieverbrauchs WTW (Szenario A, Haas et al. 2008)*

### **F-3.2 Szenario D: „Hoher Ölpreis, PolitikszENARIO“**

Im Szenario D wird einerseits ein hohes Ölpreisniveau angenommen und andererseits eine ganze Reihe politischer Rahmenbedingungen implementiert. Neben einer stufenweise erfolgenden Anpassung der Mineralölsteuer wurden auch bei der Zulassungssteuer weitere Anpassungen angenommen. Weiters wurden zwei Quoten (2015 und 2025) für alternative Antriebe bzw. Zero Emission Vehicles (ZEV) angenommen.

Die veränderten politischen Rahmenbedingungen wirken sich stark auf die Ergebnisse dieses Szenarios aus. Vor allem die Quote für Zero Emission Vehicles beeinflusst die Ergebnisse fundamental.

Der frühere Umstieg auf effizientere Antriebe wirkt sich auch signifikant auf den Verbrauch an Endenergieträgern aus, wo es zu einem früheren und stärkeren Rückgang kommt (Abbildung F- 13). Bis zum Jahr 2050 wird der Endenergieverbrauch dadurch beinahe halbiert. Auch der kumulierte Energieaufwand wird durch den verstärkten Einsatz alternativer Antriebe in diesem Szenario deutlich gesenkt (Abbildung F- 14).

Dieses Szenario ist insgesamt das ambitionierteste. Es wird sowohl mit einem hohen Ölpreis gerechnet als auch mit der Implementierung des in Kap. 7 definierten Portfolios an energie- und verkehrspolitischen Maßnahmen.

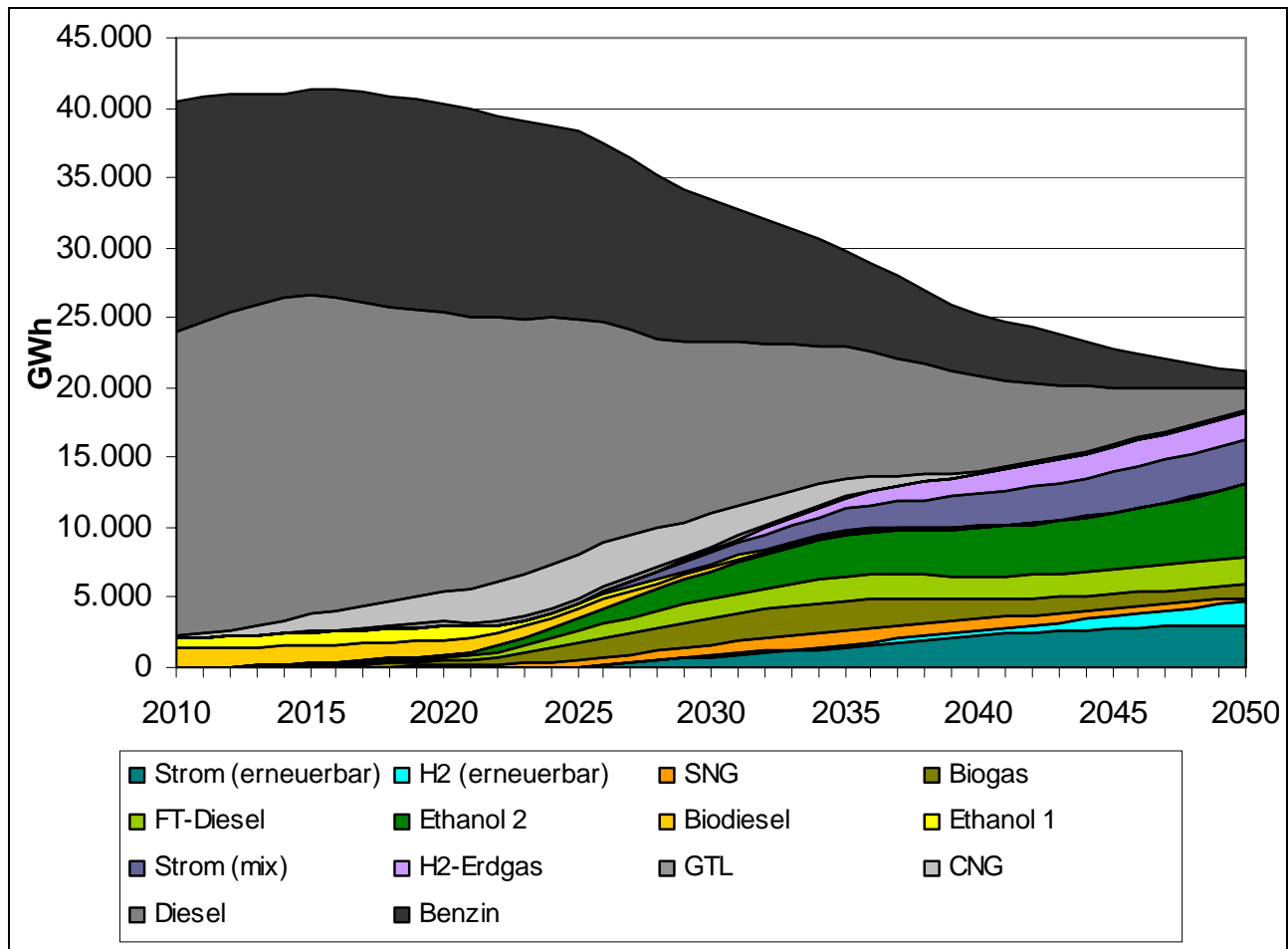


Abbildung F- 13: Dynamische Entwicklung des Endenergieverbrauchs (Szenario D, Haas et al. 2008)

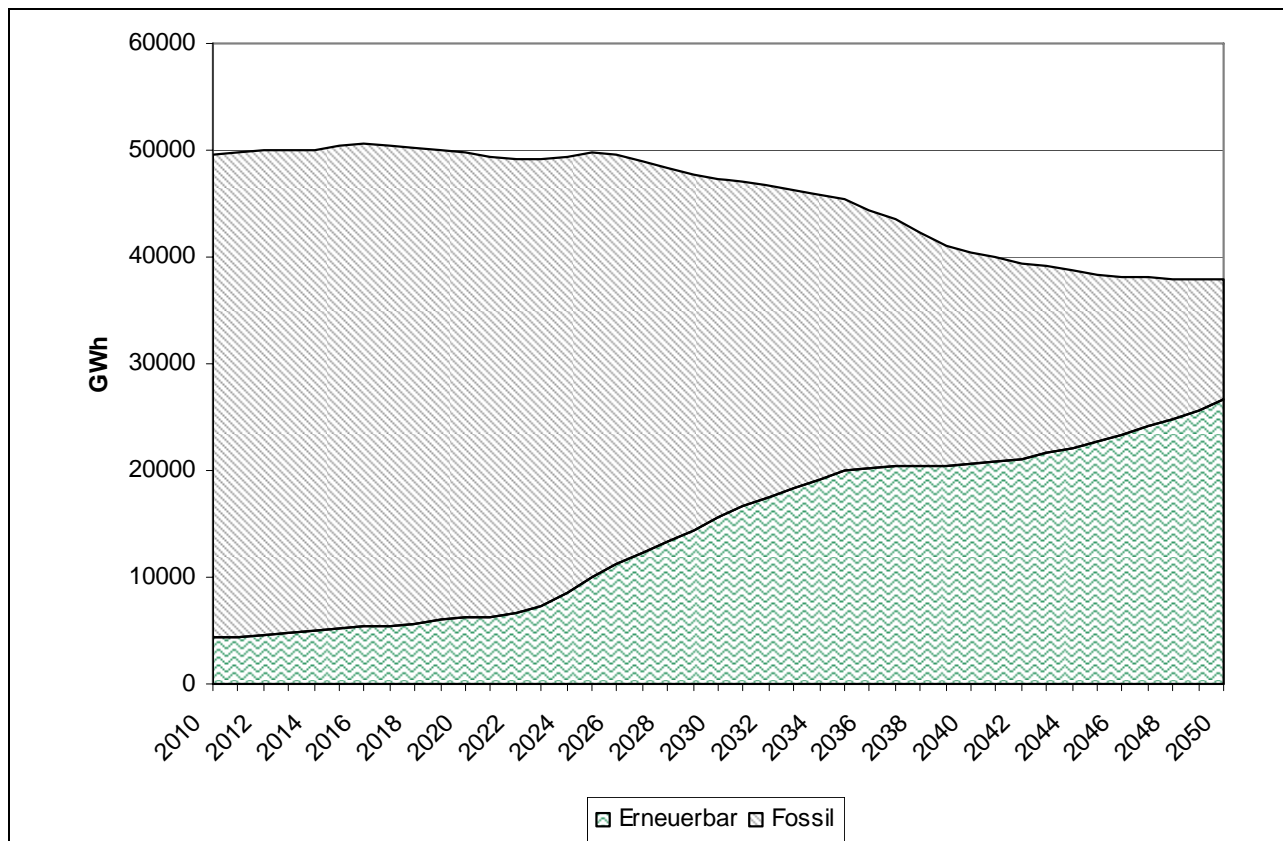


Abbildung F- 14: Dynamische Entwicklung des kumulierten Energieverbrauchs WTW

### F-3.3 Vergleichende Diskussion der Szenarien

Im Vergleich der Szenarien zeigt sich, dass politische Rahmenbedingungen den stärksten Einfluss auf den Sektor haben. Während das Rohölpreinsniveau in der angenommenen Schwankungsbreite wenig Einfluss auf die Verbreitung alternativer Antriebe hat, zeigen veränderte politische Rahmenbedingungen eine deutliche Wirkung. Im Szenario A ist ein ausgeprägter Trend zu elektrifizierten Antrieben zu erkennen. Im Szenario D zeigen sich die Auswirkungen der geänderten politischen Rahmenbedingungen. Aufgrund der starken Verteuerung kommt es zu keinem weiteren Wachstum des Fahrzeugbestandes.

Durch die Quoten für alternative Antriebe (2015-2025) und später für Zero-Emission-Vehicles kommt es zu einer verstärkten Verbreitung von Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen dieser Analyse sind:

- In allen Szenarien steigt die Vielfalt eingesetzter Antriebssysteme und Kraftstoffen deutlich an.
- In einem BAU-Szenario, in dem die derzeitigen Preise konventioneller Kraftstoffe nicht signifikant steigen, kommt es zu einem kontinuierlichen weiteren Anstieg

des gesamten Fahrzeugbestandes und zu einer Hybridisierung des Großteils der Fahrzeugsflotte. In einem Szenario mit hohem Ölpreis und forcierten Politiken stagniert der Fahrzeugbestand und Elektro- bzw. H<sub>2</sub>-Antriebe gewinnen bereits ab ca. 2030 deutlich Marktanteile.

- Biogene Treibstoffe werden an Bedeutung gewinnen. Das Ausmaß ist derzeit allerdings vor allem durch die in Österreich begrenzt verfügbaren Potentiale limitiert und langfristig vor allem davon abhängig, ob es bei den Biotreibstoffen der 2. Generation (aus lignozellulosen Rohstoffen) zu signifikanten Ertragssteigerungen bei gleichzeitigen Kostenreduktionen durch „Technologisches Lernen“ kommt.

In Bezug auf „Zero emission vehicles“ hängt das Niveau der Anteilssteigerung vor allem von den begleitenden politischen Maßnahmen ab. Letztendlich sind zwei Erkenntnisse von zentraler Relevanz (Haas et al. 2008):

1. Das derzeitige Preisniveau bewirkt bereits, dass in den nächsten Jahren die Zuwächse beim Energieverbrauch und bei den Neuzulassungen abnehmen bzw. sogar zurückgehen werden;
2. Zu deutlichen Rückgängen bei den Zuwächsen kommt es nur, wenn ergänzend entsprechende begleitende Politiken implementiert werden.

## F-4 Referenzen

Lauer et al. 1995: Lauer M., Waupotisch M.: Energiebedarfsdeckung nach einem Umstieg von fossilen auf erneuerbare Energieträger – Möglichkeiten und Grenzen am Beispiel Österreichs – Stufe 1: Grobanalyse, JOANNEUM RESEARCH, IEF-B-04/95, Graz Jänner 1995

Haas et al. 2008: R. Haas, A. Ajanovic, M. Kjlöss, N. Nakicenovic, K. Könighofer, L. Canella, G. Jungmeier, P. Prenninger, J. Rechberger: Szenarien der (volks)wirtschaftlichen Machbarkeit alternativer Antriebssysteme und Kraftstoffe im Bereich individuellen Verkehrs bis 2050, Endbericht, A3-Proj. Nr. 812613, Wien, Jänner 2008

Könighofer et al. 2006: K. Könighofer, G. Jungmeier, A. Wenzel, L. Canella, J. Spitzer: Zukünftige Treibstoffe in Österreich – Szenarien für Biotreibstoffe und Öko-Wasserstoff in Österreich bis 2020, im Auftrag des Lebensministeriums, Graz, Dezember 2008



## Anhang G:

# F&E-Institutionen in Österreich und Forschungsaktivitäten

## Inhalt

G-1.1	Fragebogen .....	2
G-1.2	Landkarte der Biotreibstoff-Aktivitäten in Österreich.....	4
G-1.3	Zusammenfassung .....	14

In diesem Anhang werden die aktuellen Forschungsaktivitäten zu Biotreibstoffen in Österreich beschrieben, wobei auch deren europäische Einbindung berücksichtigt wird. Die diesbezüglichen Ergebnisse werden unter anderem in einer „Landkarte der Biotreibstoff-Aktivitäten in Österreich“ dargestellt. Hierzu wurde ein Fragebogen entwickelt, der den F&E-Institutionen übermittelt wurde; die ausgefüllten Fragebögen wurden als Landkarte der Biotreibstoff-Aktivitäten in Österreich ausgewertet.

## G-1 Fragebogen

Der Fragebogen ist in die folgenden vier Bereiche gegliedert, um die wesentlichen Daten zu den aktiven Institutionen einheitlich zu erfassen:

1. Kontaktdaten
2. Klassifizierung
3. Forschung & Entwicklung
4. Dienstleistungsangebot

Bei den Kontaktdaten wurden die folgenden Daten erhoben:

- Name der Institution
- Name des Ansprechpartners
- Adresse
- Telefonnummer
- Faxnummer
- Mobiltelefonnummer
- E-mail-Adresse
- Web-Adresse der Institution

Die Klassifizierung wird für die folgenden sieben Gruppen durchgeführt:

- Universität
- außeruniversitäre Forschungseinrichtung
- Industrie
- öffentliche Verwaltung
- NGOs/Interessensvertretung/Förderung/Verein
- Energieagentur
- Sonstige, bitte angeben:

Die folgenden vier F&E Kernkompetenzen wurden abgefragt:

- Züchtung/Anbau von Rohstoffen
- Treibstoffherzeugung
- Nutzung im Motor
- Systemanalysen



Zur detaillierten Erfassung der Kernkompetenzen wurden diese noch für die folgenden Rohstoffe, Biotreibstoffe sowie Arten der Analyse abgefragt.

- Rohstoffe:
  - Holz
  - Ölpflanzen
  - Zuckerhaltige Pflanzen
  - Stärkehaltige Pflanzen
  - Ganzpflanzennutzung
  - Kurzumtriebsplantagen
  - Altspeiseöl
  - Tierfett
  - Gülle
  - Klärschlamm
  - Stroh
  - Sonstige, bitte angeben:
- Biotreibstoffe:
  - Pflanzenöl
  - Biodiesel, konventionell
  - Biodiesel, hydro-treated\*
  - Bioethanol, konventionell
  - Bioethanol aus Lignozellulose
  - Biogas
  - Synthetic Natural Gas (SNG)
  - Fischer-Tropsch Diesel
  - Dimethylether (DME)
  - Biomethanol
  - Biotreibstoffe aus der hydro-thermischen Umwandlung (HTU)
  - Biowasserstoff
  - Sonstige, bitte angeben:
- Art der Analyse:
  - Ökonomische Bewertung
  - Ökologische Bewertung
  - Soziale Bewertung
  - Technologische Bewertung
  - Zukunfts-Szenarien
  - Sonstige, bitte angeben:

Die folgenden Aspekte des Dienstleistungsangebotes wurden erhoben:

- Beratung gemäß der oben angeführten Kompetenzschwerpunkte
- Analysen der Rohstoffe
- Analysen der Treibstoffherzeugung
- Analysen der Nutzung im Motor
- Sonstige, bitte angeben:

Der Fragebogen ist in Anhang A beigelegt.

## G-2 Landkarte der Biotreibstoff-Aktivitäten in Österreich

Der Fragebogen wurde insgesamt von 95 Institutionen ausgefüllt. 17 Institutionen gaben an, in Österreich keine F&E zu Biotreibstoffen durchzuführen. Die Angaben der 78 aktiven Institutionen werden im Folgenden ausgewertet.

In Abbildung G- 1 wird die Klassifizierung der mit F&E zu Biotreibstoffen befassten Institutionen graphisch dargestellt. 43% davon sind Industrieunternehmen. Forschungseinrichtungen (Universitätsinstitute und außeruniversitäre Forschungseinrichtungen) machen zusammen 39% der befragten Institutionen aus, und weitere 28% setzen sich aus NGOs/Interessensvertretung/Förderung/Verein, Energieagenturen und Sonstige (das sind in der Regel Dienstleistungsbetriebe) zusammen. Keine der Institutionen klassifizierte sich als öffentliche Verwaltung.

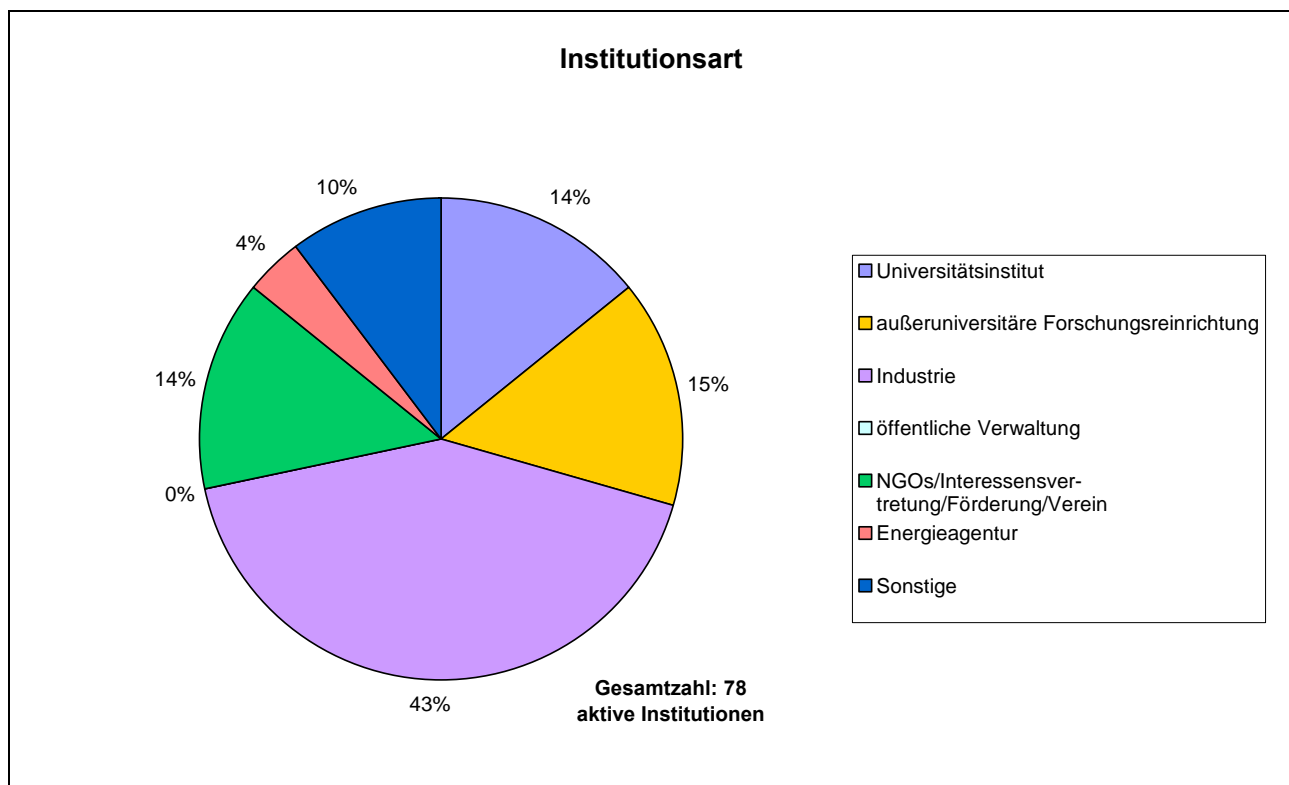
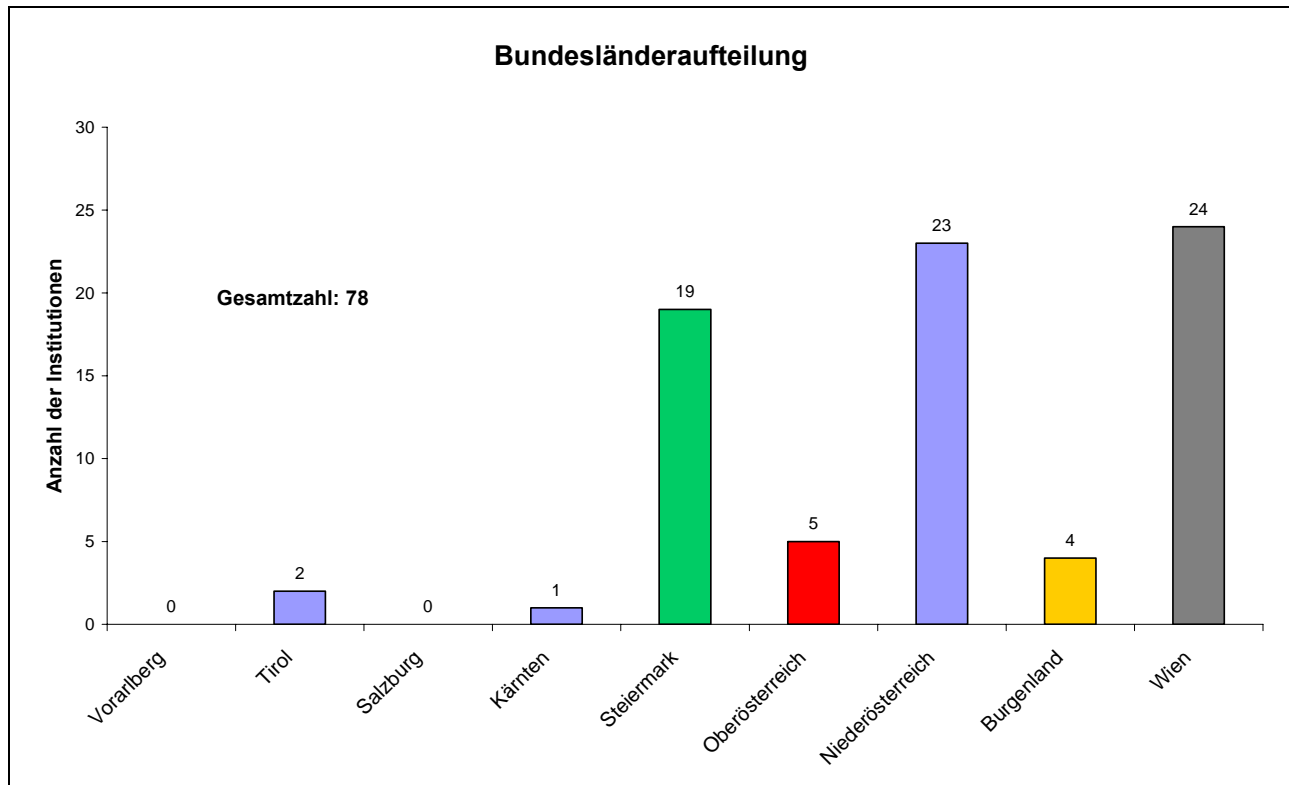


Abbildung G- 1: Klassifizierung der Institutionen

Abbildung G- 2 zeigt die Aufteilung der Institutionen auf die verschiedenen Bundesländer: Wien (24), Niederösterreich (23) und die Steiermark (19) sind am stärksten vertreten. Es folgen Oberösterreich (5), Burgenland (4), Tirol (2) und Kärnten (1); in Salzburg und Vorarlberg wurden keine mit Forschung und Entwicklung zu Biotreibstoffen befassten Institutionen gefunden. Während in der Steiermark 13 von 19 Institutionen in Graz angesiedelt sind, verteilen sich die niederösterreichischen Institutionen über das gesamte Bundesland mit Knotenpunkten in Klosterneuburg, Tulln,

Wieselburg und Zwettl. Weitere Knotenpunkte sind Feldbach in der Steiermark und Güssing im Burgenland.



*Abbildung G- 2: Verteilung der Institutionen auf die Bundesländer*

Die folgende Tabelle G- 1 listet alle 95 befragten Institutionen namentlich auf. Nur 17 davon gaben an, in Österreich keinerlei Forschungsaktivitäten zu Biotreibstoffen durchzuführen. Circa ein Drittel der Institutionen gehört zu international erfolgreich tätigen Industrieunternehmen oder nimmt aktiv an internationalen Forschungsgruppen wie z.B. IEA Bioenergy teil. Die Institutionen sind auch untereinander vernetzt, wie sich an der Existenz von Interessensvertretungen ablesen lässt.

Im Sektor Industrie sind nicht nur Biotreibstoff-Anlagenbauer und Anlagenbetreiber zu finden; auch vor- und nachgeschaltete Branchen wie Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Autoindustrie und Mineralölindustrie, sowie Industriebranchen, die Biotreibstoffe als Koppelprodukte herstellen können (wie die Zuckerindustrie und die Papier- und Zellstoffindustrie) befassen sich mit F&E zu Biotreibstoffen. Im Sinne einer effektiven Markteinführung von Biotreibstoffen und einer optimalen Ausnutzung der verfügbaren Rohstoffe ist eine gute Kooperation all dieser Sektoren untereinander anzustreben.

Table G- 1: Befragte Institutionen

<b>Industrie</b>
Abid Biotreibstoffe*
Agip Austria GmbH
AGRANA Beteiligungs-AG
AGRANA Bioethanol GmbH Werk Pischelsdorf
ALPPS Fuel Cell Systems GmbH
Andritz AG*
Annikki
AVL List GmbH
BDI Biodiesel International AG
Biodiesel Enns GmbH
Biodiesel Kärnten GmbH*
Biodiesel Krems
Bio-Diesel Raffinerie GmbH (Zistersdorf)
BioDiesel Technologies GmbH
Biodiesel Vienna GmbH (Lobau)
BIOIL
BP Austria Marketing AG*
Carbon Cycle Management AG
CMB Maschinenbau & Handels GmbH
ConocoPhillips Austria GmbH*
ENERGEA Umwelttechnologie GmbH
energy biodiesel produktion GmbH (Wöllersdorf)
Erdöl-Lagergesellschaft m.b.H.*
ESSO Austria GmbH*
F.Leitner Mineralöle GmbH (Graz)*
Ford Motor Company GmbH
General Motors Powertrain – Austria GmbH
Jenbacher

Lenzing Technik
Lindner Traktoren*
MAGNA International
MAGNA Steyr Fahrzeugtechnik AG & Co KG
MARATON Maschinenbau GmbH
Mol Austria GmbH*
MONDI BUSINESS PAPER SERVICES AG
Monsanto
Novaol Austria GmbH / Ölmühle Bruck GmbH*
OMV AG
Österreichische Bundesforste AG
Pioneer
PPM (Asperhofen) Energie aus nachwachsenden Rohstoffen GmbH
Raiffeisen Ware Austria*
REPOTEC-Renewable Power Technologies Umwelttechnik GmbH
RME reg GenmbH (Starrein)*
Rumpold Energie & BrennstoffhandelsgesmbH*
Saatbau Linz
Saatzucht Donau
Saatzucht Edelhof
SEEG Mureck reg. Gen.m.b.H.
SHELL Austria GmbH*
Vogelbusch GmbH
Zellstoff Pöls AG*
Zuckerforschung Tulln GmbH
<b>Universitätsinstitute</b>
Karl Franzens Universität Graz, Inst. für Chemie
TU Graz, Inst. für Wärmetechnik
TU Graz, Inst. f. Verbrennungskraftmaschinen u. Thermodynamik
TU Wien, Energy Economics Group
TU Wien, Inst. für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau

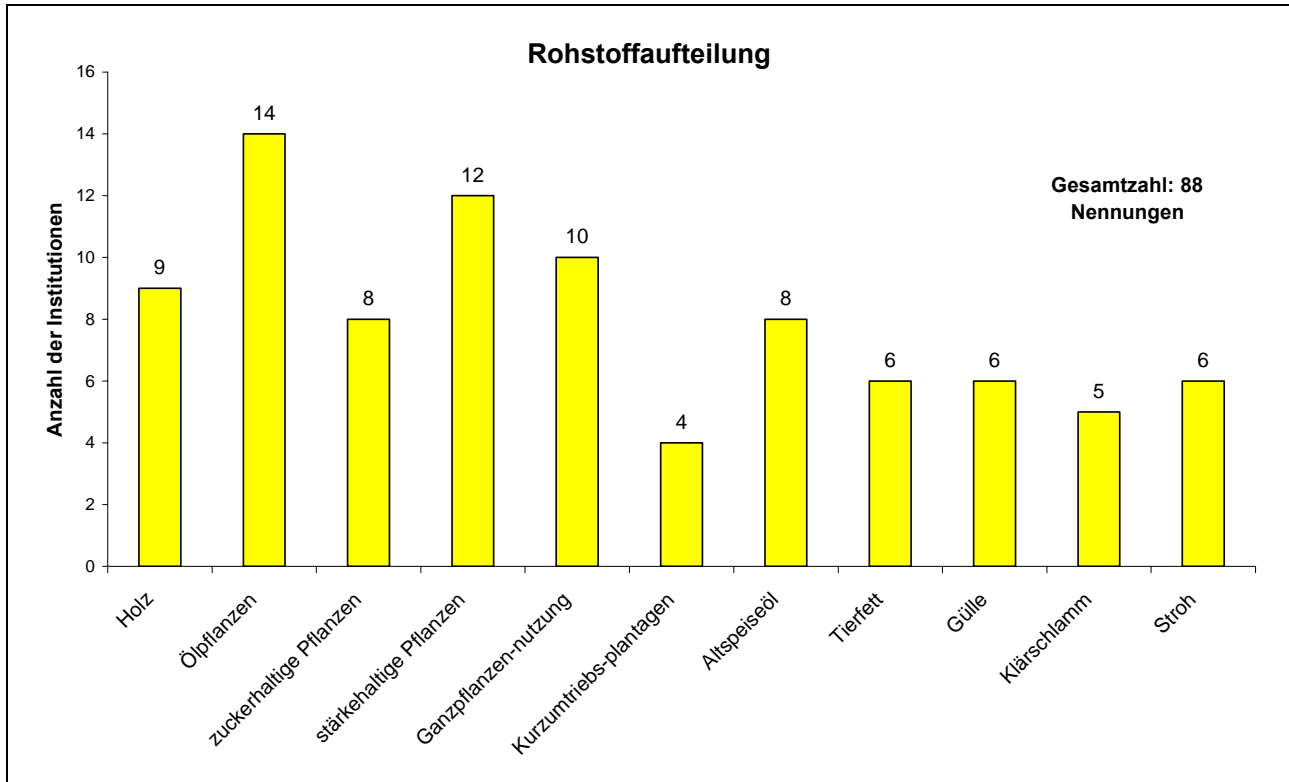
TU Wien, Inst. f. Verfahrenstechnik, Umwelttechnik u. techn. Biowissenschaften, biochem. VT
TU Wien, Inst. f. Verfahrenstechnik, Umwelttechnik u. techn. Biowissenschaften, chem. VT
TU Wien, Inst. f. Verfahrenstechnik, Umwelttechnik u. techn. Biowissenschaften, therm. VT
Universität für Bodenkultur, IFA Tulln
Universität für Bodenkultur, H733 Agrar-, Forstökonomik
Universität für Bodenkultur, H931 Department für Nachhaltige Agrarsysteme / Landtechnik
<b>außeruniversitäre Forschungseinrichtungen</b>
Austrian Bioenergy Centre GmbH
Austrian Biofuels Institute
Austrian Research Centers ARC
ECHEM K plus Zentrum für angewandte Elektrochemie GMBH
Forschungsgesellschaft Mobilität gem.GmbH
HBLuFA Francisco Josephinum, BLT Wieselburg
Hydrogen Center Austria
Joanneum Research, Institut für Energieforschung
Joanneum Research, Institut für nachhaltige Techniken und Systeme
PROFACTOR Produktionsforschungs GmbH
<b>NGOs/Interessenvertretung/Förderung/Verein</b>
ARGE Biokraft
ARGE Kreislauf/Wirtschaften mit Mischkulturen
Austropapier - Vereinigung der Österreichischen Papierindustrie
Biomasse Kraftwerk Güssing GmbH & Co KG
Energiepark Bruck/Leitha
Landeskammer für Land- und Forstwirtschaft Steiermark
ÖGUT
Ökocluster Oststeiermark
<b>Energieagentur</b>
Österreichische Energieagentur
Energieagentur Obersteiermark
Lokale Energie Agentur Oststeiermark
Regionale Energieagentur

<b>Sonstige</b>
Agrar Plus BeteiligungsgmbH
Denkstatt Umweltberatung und -management Gmbh
Dusek Consulting
ensowa - innovation und umweltconsulting gmbh
HEI   Hornbachner Energie Innovation
IMU*
NATAN - Technisches Büro für Verfahrenstechnik
Umweltbundesamt GmbH

\* keine F&E Aktivitäten zu Biotreibstoffen

Abbildung G- 3 fasst die Nennungen in der Kategorie Züchtung/Anbau von Rohstoffen zusammen. Die meisten Nennungen erzielten Ölpflanzen (14); es folgen stärkehaltige Pflanzen (12), Ganzpflanzennutzung (10), Holz (9), und zuckerhaltige Pflanzen und Altspeiseöl (je 8). Jeweils 6 Mal wurden die Rohstoffe Tierfett, Gülle und Stroh genannt; Klärschlamm erzielte 5 Nennungen und Kurzumtriebsplantagen 4.

Schlüsselt man die Rohstoffe anstatt nach der Zahl der Nennungen nach der Zahl der Institutionen auf (ohne Abbildung), so findet man in dieser Kategorie 27 aktive Institutionen. 14 davon befassen sich mit Rohstoffen zur Biodieselproduktion und reinem Pflanzenöl, jeweils 12 Institutionen befassen sich mit Rohstoffen zur Erzeugung von Biogas, Rohstoffen zur Herstellung von konventionellem Bioethanol und Rohstoffen für Biotreibstoffe der 2. Generation (Holz, Kurzumtriebsplantagen, Stroh, Energiepflanzen).



**Abbildung G- 3: Verteilung der Institutionen auf die Rohstoffe**

F&E Aktivitäten zur Erzeugung von Biotreibstoffen werden von 48, also der Hälfte der befragten Institutionen, verfolgt. Biogas und konventioneller Biodiesel werden am häufigsten genannt (23 bzw. 22 Nennungen), es folgen Bioethanol konventionell und Pflanzenöl (je 13). Alle anderen Biotreibstoffe, die noch nicht in größeren Mengen auf dem Markt verfügbar sind, erreichen jeweils nur 3 bis 7 Nennungen, wobei Biowasserstoff in dieser Gruppe mit 7 Nennungen an der Spitze liegt. Abbildung G- 4 fasst diese Betrachtungen zusammen.



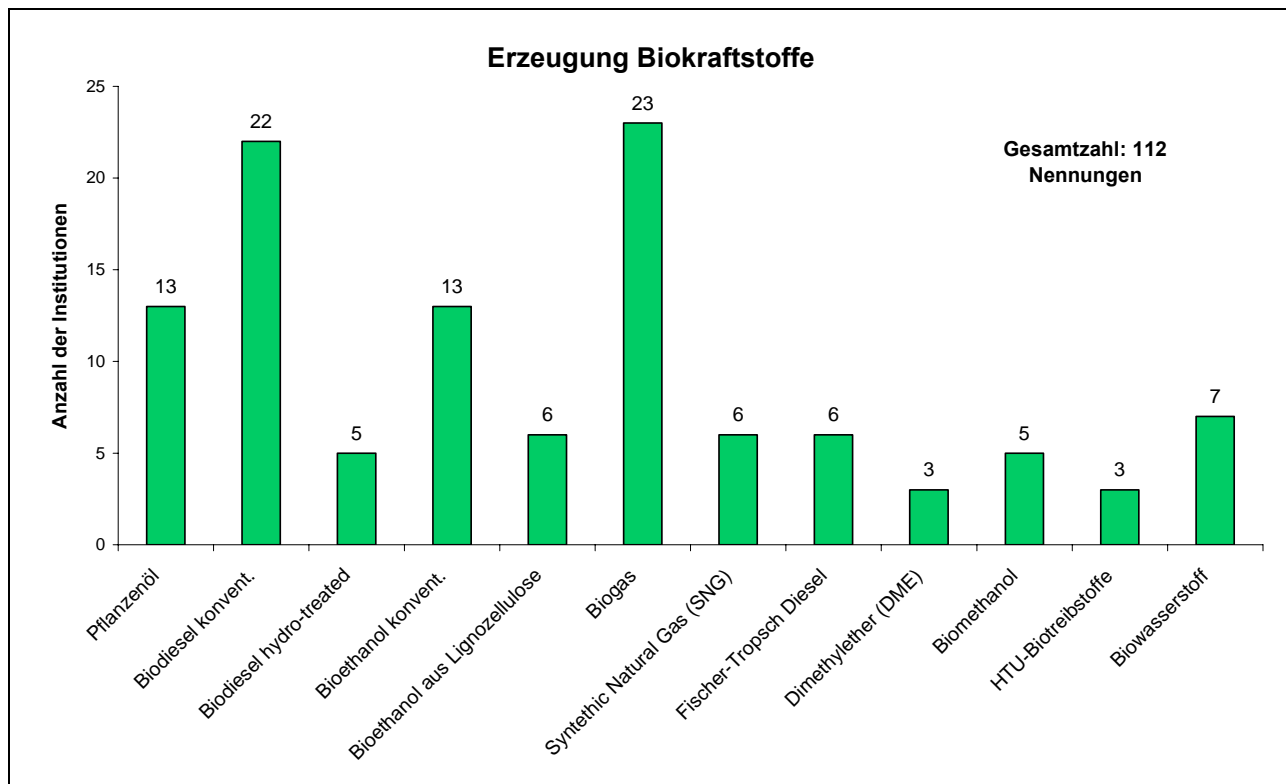
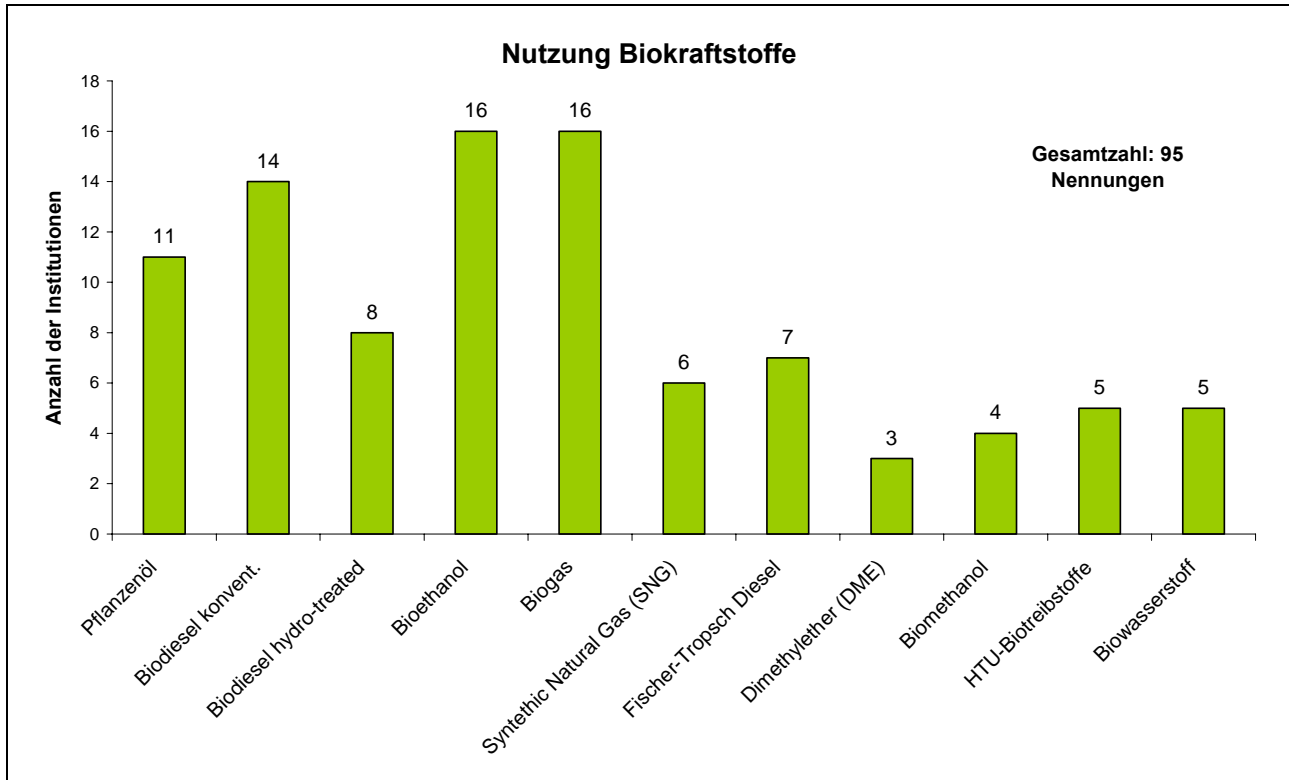


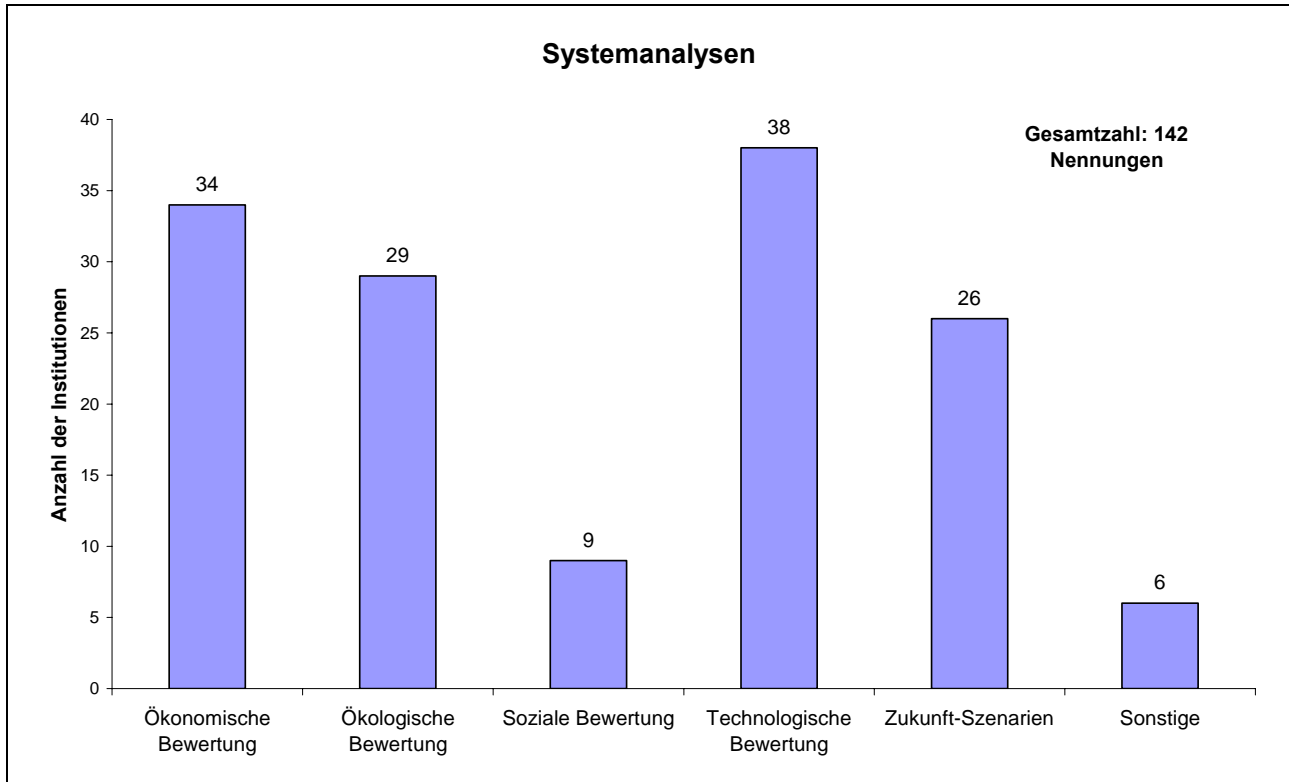
Abbildung G- 4: Verteilung der Institutionen auf die Erzeugung von Biotreibstoffen

34 Organisationen betreiben Forschung zur Nutzung von Biotreibstoffen in Motoren oder Brennstoffzellen. Am meisten beforscht wird die Nutzung von Bioethanol und Biogas (je 16 Nennungen), Biodiesel (14) und Pflanzenöl (11). Bei den Biotreibstoffen der 2. Generation wird die Nutzung von Biodiesel hydro-treated (8), Fischer-Tropsch Diesel (7) und Synthetic Natural Gas (6) am stärksten beforscht, die anderen Biotreibstoffe erzielen nur zwischen 3 und 5 Nennungen, wie in Abbildung G- 5 zu sehen ist.



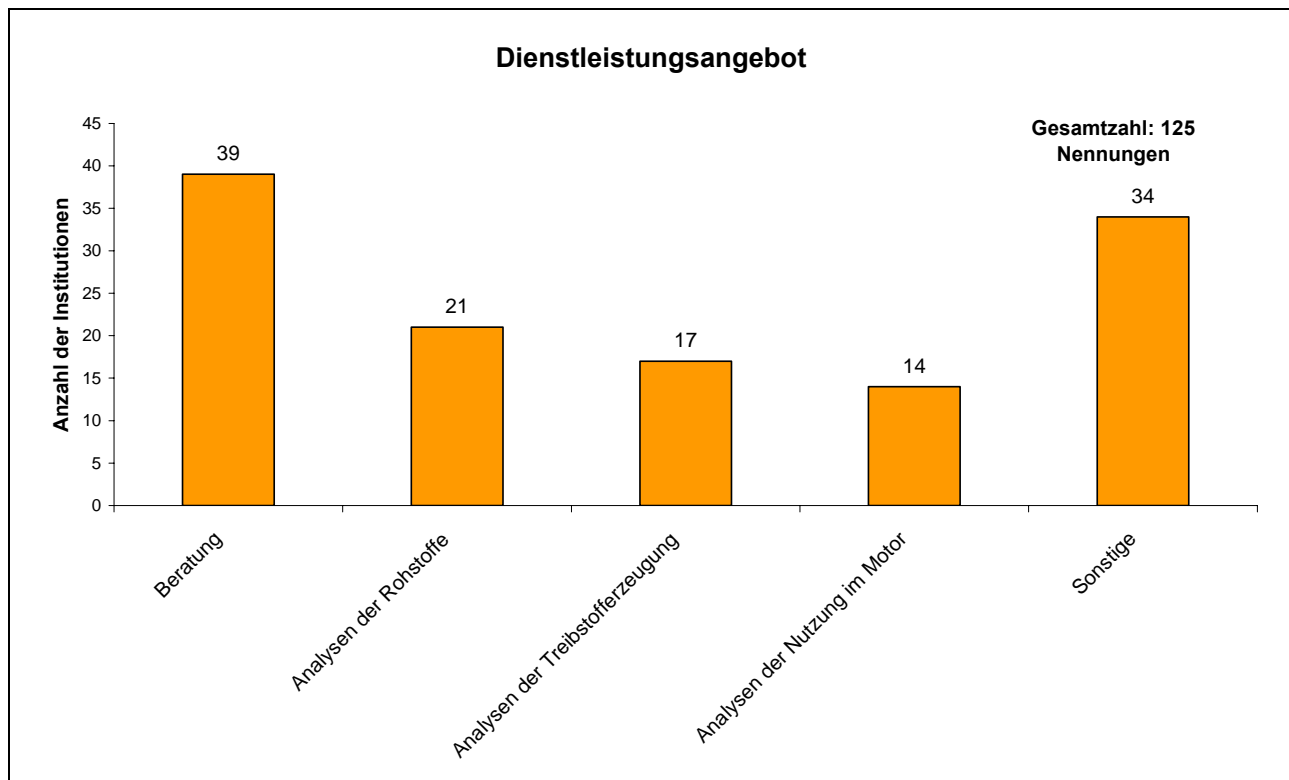
*Abbildung G- 5: Verteilung der Institutionen auf die Nutzung von Biotreibstoffen*

44 Institutionen erstellen Systemanalysen, siehe Abbildung G- 6. Am häufigsten genannt werden technologische Bewertungen (38), dann folgen ökonomische (34) und ökologische Bewertungen (29) und Zukunfts-Szenarien (26 Nennungen); soziale Bewertungen werden nur von 9 Organisationen durchgeführt, darunter kein einziger Industriebetrieb. Generell haben Industriebetriebe wenig Interesse an Systemanalysen (nur 11 von insgesamt 50 befragten Industriebetrieben). Unter dem Titel „Sonstige“ werden Analysen zu Speichertechniken, Prozesssimulationen und ganzheitliche Betrachtungen (Bioraffinerie, allgemeine Auswirkungen auf Fahrzeuge) angeführt.



*Abbildung G- 6: Anzahl der Institutionen nach Art der Analysen*

39 Organisationen bieten Beratung gemäß ihren Kernkompetenzen an; auch für Analysen der Rohstoffe, der Treibstoffe oder der Nutzung von Biotreibstoffen im Motor stehen zahlreiche Organisationen zur Verfügung, siehe Abbildung G- 7. Der Punkt „Sonstige“ wurde häufig dazu genutzt, das Beratungsangebot zu konkretisieren.



*Abbildung G- 7: Dienstleistungsangebot der Institutionen*

### G-3 Zusammenfassung

Von 95 befragten Institutionen führen 78 aktiv in Österreich F&E-Aktivitäten zu Biotreibstoffen durch. Von diesen gehört knapp die Hälfte zum Bereich Industrie, ein gutes Viertel sind Forschungseinrichtungen und ein weiteres Viertel stellt der Bereich Vereine, Energieagenturen und diverse Dienstleistungsunternehmen.

Die meisten der mit Biotreibstoffforschung befassten Institutionen sind in Wien (24 Institutionen) oder Graz (13) angesiedelt; weitere Knotenpunkte sind Feldbach, Güssing, Klosterneuburg, Tulln, Wieselburg und Zwettl.

27 Institutionen forschen an Rohstoffen zur Herstellung von Biotreibstoffen, wobei Rohstoffe für Biodiesel/Pflanzenöl, Rohstoffe für Bioethanol, und Rohstoffe für Biogas in etwa gleich stark beforscht werden. Etwas weniger Aktivitäten gibt es zu Reststoffen und Kurzumtriebsplantagen.

48 Institutionen befassen sich mit F&E zur Erzeugung von Biotreibstoffen, 34 mit der Nutzung von Biotreibstoffen in Motoren oder Brennstoffzellen. Sowohl bei der Erzeugung als auch bei der Nutzung liegt der Schwerpunkt der Aktivitäten bei den bereits etablierten Biotreibstoffen Biodiesel (konventionell und hydriertes Pflanzenöl),

Ethanol (konventionell und aus lignozellulosen Rohstoffen), Biogas und Pflanzenöl. Bei den noch nicht etablierten Technologien gibt es die meisten Aktivitäten zu Fischer-Tropsch Diesel und SNG.

44 Institutionen führen Systemanalysen durch, wobei jedoch generell Industriebetriebe in diesem Bereich weniger aktiv sind. Insgesamt werden soziale Bewertungen viel seltener genannt als ökonomische, ökologische und technologische Bewertungen, oder Zukunftsszenarien.

Mit 39 Institutionen bietet die Hälfte aller Institutionen Beratung an, für Analysen von Rohstoffen und Biotreibstoffen stehen insgesamt 34 Institutionen zur Verfügung.

Die Analyse zeigt, dass Österreich im Bereich Biotreibstoffe über zahlreiche F&E Institutionen verfügt, von denen etwa ein Drittel international verankert ist. F&E Aktivitäten gibt es entlang der gesamten Bereitstellungskette von Biotreibstoffen (Rohstoffe, Konversion, Nutzung) und auch in angrenzenden Branchen wie Land- und Forstwirtschaft, Zuckerindustrie, Papier- und Zellstoffindustrie, Autoindustrie und Mineralölindustrie.

Die Forschungsschwerpunkte spiegeln den aktuellen Stand der Marktentwicklung von Biotreibstoffen wider. Bewertungen des Gesamtsystems werden durchgeführt, lediglich im Bereich der sozialen Bewertung von Biotreibstoffen gibt es kaum Aktivitäten. Dienstleistungen und Analysen werden angeboten. Die befragten Institutionen sind zum Teil über Interessensgemeinschaften bereits miteinander vernetzt; diese Situation könnte durch eine Vernetzung verschiedener Biotreibstoffbranchen und eine Einbindung der angrenzenden Branchen noch verbessert werden.



# Anhang H: Kostenanalyse und notwendige Rahmenbedingungen

## Inhalt

H-1	Einleitung .....	2
H-2	Kosten der Treibstoff-Erzeugung .....	3
H-3	Investitionskosten von alternativen und konventionellen Fahrzeugen	5
H-4	Kosten der Transportdienstleistung .....	6
H-5	Referenzen.....	7

## H-1 Einleitung

Ziel ist es, Biotreibstoffe möglichst kostengünstig zu erzeugen und einzusetzen, sowie volkswirtschaftlich günstige Impulse zu setzen (z.B. Arbeitsplätze). Bei den Kostenanalysen werden die Biotreibstoffkosten [€/MJ], (aufgrund unterschiedlicher Dichten und Heizwerte der Biotreibstoffe ist ein Kostenvergleich pro Liter [€/l] nicht möglich), die Transportkosten [€/km] sowie die Kosten der Treibhausgas-Reduktion [€/t CO<sub>2</sub>-Äq vermieden] betrachtet. Folgende vier Kostenfaktoren sind von Bedeutung:

- 1) Produktionskosten der Rohstoffe,
- 2) Transportkosten der Rohstoffe,
- 3) Kosten der Treibstoffherzeugung mit Berücksichtigung von allfälligen Erlösen durch den Verkauf von Nebenprodukten (z.B. Eiweißfutter, Öko-Strom),
- 4) Kosten der Treibstoff-Verteilung inkl. Tankstelle und Kosten der Fahrzeuge zur Nutzung der Treibstoffe.

Die Erzeugung von Biotreibstoffen ist im Vergleich zu Diesel und Benzin meistens mit höheren Kosten verbunden. Die Kosten von Biotreibstoffen werden vor allem durch die Kosten des Rohstoffes sowie die Investitionskosten für die Biotreibstoffanlagen bestimmt. Bei jenen Biotreibstoffen, die die bestehende Infrastruktur für Benzin und Diesel bzw. Erdgas (wie Tankstellen und Fahrzeuge) aus technischen Gründen durch Beimischung nicht nutzen können (z.B. Pflanzenöl, DME, Biowasserstoff), fallen auch noch zusätzliche Kosten für die Errichtung der Infrastruktur und die Fahrzeuge an. Es wird erwartet, dass der steigende Rohölpreis die Konkurrenzfähigkeit der Biotreibstoffe weiter verbessern wird.

Für die derzeit kommerziell erzeugten Biotreibstoffe Biodiesel und Bioethanol liegen Kostenanalysen unter derzeitigen ökonomischen Randbedingungen vor, die zeigen, dass die Erzeugungskosten höher sind als bei mineralischen Treibstoffen. Für die zukünftigen Biotreibstoffe liegen nur Abschätzungen über mögliche Kosten vor, die erst nach Realisierung erster Anlagen überprüft werden können. Es wird erwartet, dass bei der gekoppelten Erzeugung von Biotreibstoffen, Chemikalien und Wertstoffen in Bioraffinerien die zusätzlichen Erlöse zur Kostenreduktion der Biotreibstoffe beitragen werden. Auch weitere Lerneffekte bei der breiten kommerziellen Anwendung werden zur Kostenreduktion beitragen.

Neben diesen betriebswirtschaftlichen Kostenaspekten werden günstige Auswirkungen der Erzeugung und Nutzung von Biotreibstoffen für die Volkswirtschaft erwartet, wie z.B. Sicherung bzw. Schaffung von Arbeitsplätzen, Verringerung des Devisenabflusses ins Ausland, Erhöhung der inländischen Wertschöpfung und der Erhöhung der Versorgungssicherheit. Auch die so genannten Schadenskosten bzw. externen Kosten der Umweltbelastung durch z.B. geringere Emission von Treibhausgasen bei Ersatz von mineralischen Treibstoffen wirken sich günstig auf die Volkswirtschaft aus.



Aus den Kostenanalysen lässt sich insgesamt feststellen, dass Biotreibstoffe aus Reststoffen (z.B. Altspeiseöl, Gülle) meist kostengünstiger sind als aus Rohstoffen aus landwirtschaftlichem Anbau. Die Reststoffmengen sind jedoch begrenzt verfügbar, da diese an andere Produktionsverfahren gebunden sind, z.B. Stroh aus dem Nahrungsweizenanbau.

Insgesamt zeigen die Kostenanalysen, dass sich derzeit kein einziger Biotreibstoff als besonders kostengünstig darstellt, sondern dies stark von den ökonomischen Rahmenbedingungen abhängt.

## H-2 Kosten der Treibstoff-Erzeugung

Die derzeitigen Erzeugungskosten von alternativen Kraftstoffen sind sehr unterschiedlich. Sie sind von vielen Faktoren abhängig: Kapitalkosten, Personalkosten, Wartungs- bzw. Reparaturkosten, Versicherungskosten, Energie- und Rohstoffkosten sowie Kosten für Hilfsstoffe. Der stärkste Einflussfaktor auf die Kosten der Biotreibstoffe ist der Rohstoffpreis. Aus den unterschiedlichen Anbauflächen und klimatischen Bedingungen resultieren unterschiedliche Rohstoffträge (Tonne pro Hektar) und letztendlich unterschiedliche Treibstoffträge (Liter pro Hektar). Die Biotreibstoffkosten in Österreich und der EU sind deutlich höher als in Brasilien und den USA. Auch die Nebenprodukte, die bei der Herstellung von biogenen Treibstoffen anfallen haben Einfluss auf die gesamten Erzeugungskosten. Aus diesen Gründen ist auch die Bandbreite der Erzeugungskosten von alternativen Kraftstoffen relativ groß, siehe Abbildung H- 1.

Die Bandbreite der Erzeugungskosten von alternativen Treibstoffen liegt größtenteils zwischen etwa 0,044 Euro/kWh für Biogas und etwa 0,20 Euro/kWh für Öko-Wasserstoff. Diese Kosten sind deutlich höher als bei konventionellen Kraftstoffen wie Benzin und Diesel.

Bei der Ermittlung des Gesamtpreises der Kraftstoffe müssen weitere Verteilungskosten und Steuern berücksichtigt werden. Diese liegen in einer Bandbreite von etwa 0,056 Euro/kWh für Biogas und 0,28 Euro/kWh für Öko-Wasserstoff.

Für das Jahr 2010 werden die in Abbildung H- 2 dargestellten Treibstoffkosten angenommen. Die am kostengünstigsten sind konventionelle Kraftstoffe (Benzin und Diesel), am teuersten ist Öko-Wasserstoff. Die Kosten aller anderen Kraftstoffe liegen zwischen 0,06 Euro/kWh und 0,15 Euro/kWh (Haas et al. 2008)).

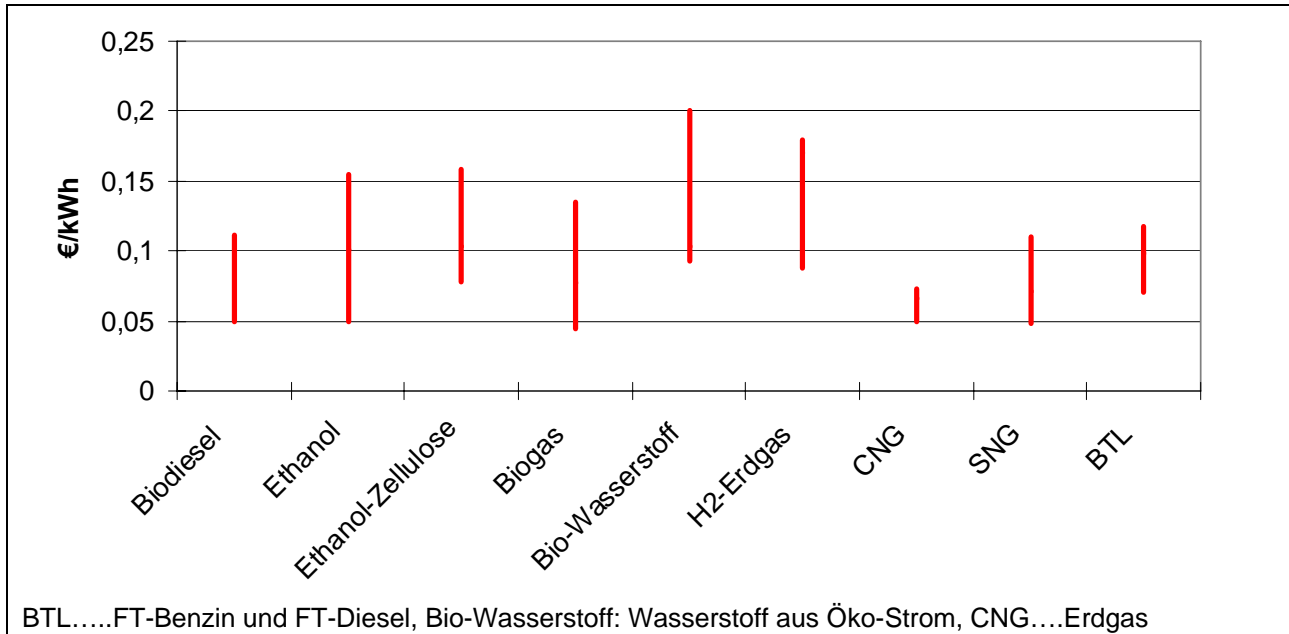


Abbildung H- 1: Kosten der Treibstoffherzeugung (Haas et al. 2008)

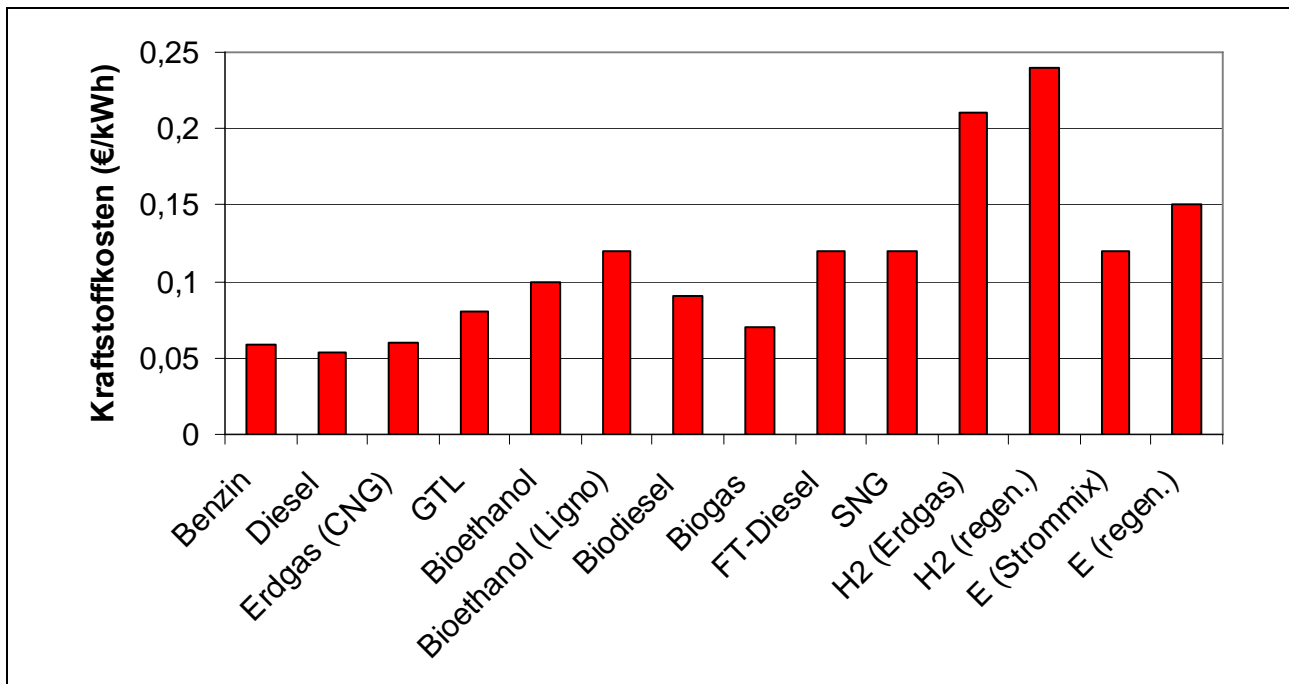


Abbildung H- 2: Angenommen Kraftstoffkosten im Jahr 2010 (Haas et al. 2008)

### H-3 Investitionskosten von alternativen und konventionellen Fahrzeugen

Die Investitionskosten von alternativen und konventionellen Fahrzeugen in Euro pro Fahrzeug sind in Abbildung H- 3 dargestellt. Die ermittelten Kosten für die zukünftigen, alternativen Antriebssysteme, für die derzeit keine genauen Anschaffungskosten bzw. Marktpreise verfügbar sind (wie z.B. Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge), sind als Richtwerte anzusehen.

Die Bandbreite der Investitionskosten von alternativen Antriebssystemen liegt größtenteils zwischen 19.500 Euro/Fahrzeug und 65.000 Euro/Fahrzeug. Lediglich Wasserstoff-Brennstoffzellen-Fahrzeuge haben mit 130.000 Euro/Fahrzeug aufgrund noch unreifer Technologie und der hohen Kosten von Brennstoffzellen deutlich höhere Kosten. Im Vergleich dazu liegen die Investitionskosten der konventionellen Fahrzeuge zwischen 17.000 und 18.500 Euro pro Fahrzeug (Haas et al. 2008).

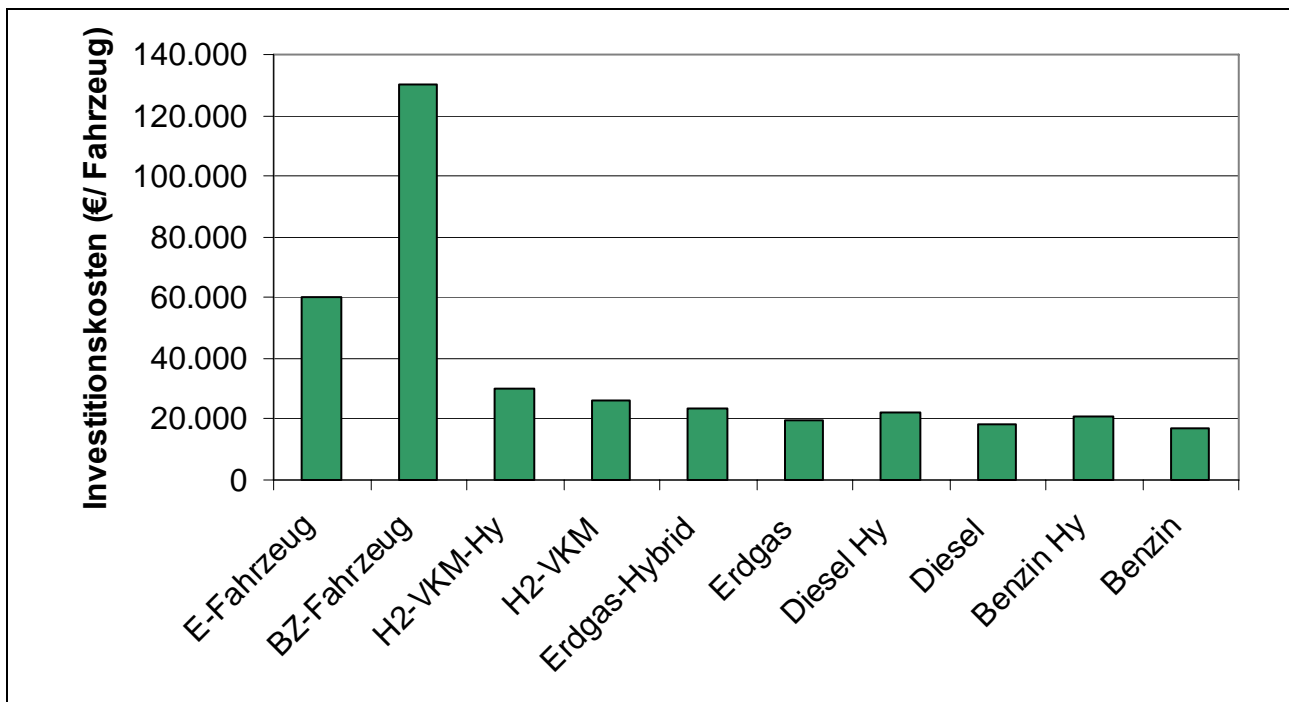


Abbildung H- 3: Investitionskosten von Fahrzeugen mit unterschiedlichen Antriebssystemen (Jahr 2010) (exkl. Steuern) (Haas et al. 2008)

## H-4 Kosten der Transportdienstleistung

In Abbildung H- 4 sind die Kosten von Transportdienstleistungen mit alternativen Antriebssystemen und Kraftstoffen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeug-Technologien und Kraftstoffen dargestellt) (Haas et al. 2008).

Bei allen Fahrzeugen sind die Kosten der Transportdienstleistung maßgeblich durch die Kapitalkosten bestimmt. Die Bandbreite der Kosten der Transportdienstleistung liegt nach Abbildung H- 4 zwischen 0,28 Euro/km und 1,48 Euro/km.

Die Fahrzeuge mit Erdgas-, Diesel- und Ottomotoren in Kombination mit fossilen Kraftstoffen haben die geringsten Transportkosten: zwischen 0,28 Euro/km und 0,31 Euro/km. Durch Hybridisierung und Anwendung von alternativen Kraftstoffen steigen diese Kosten auf etwa 0,32 Euro/km bis 0,35 Euro/km. Die höchsten Transportkosten haben derzeit Elektro- und Wasserstoff-Fahrzeuge: zwischen 0,50 Euro/km und 1,48 Euro/km.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Transportdienstleistungen mit alternativen Treibstoffen (z.B. Biotreibstoffen) derzeit mit deutlich höheren Kosten verbunden sind als mit konventionelle Antriebssysteme und Kraftstoffe.

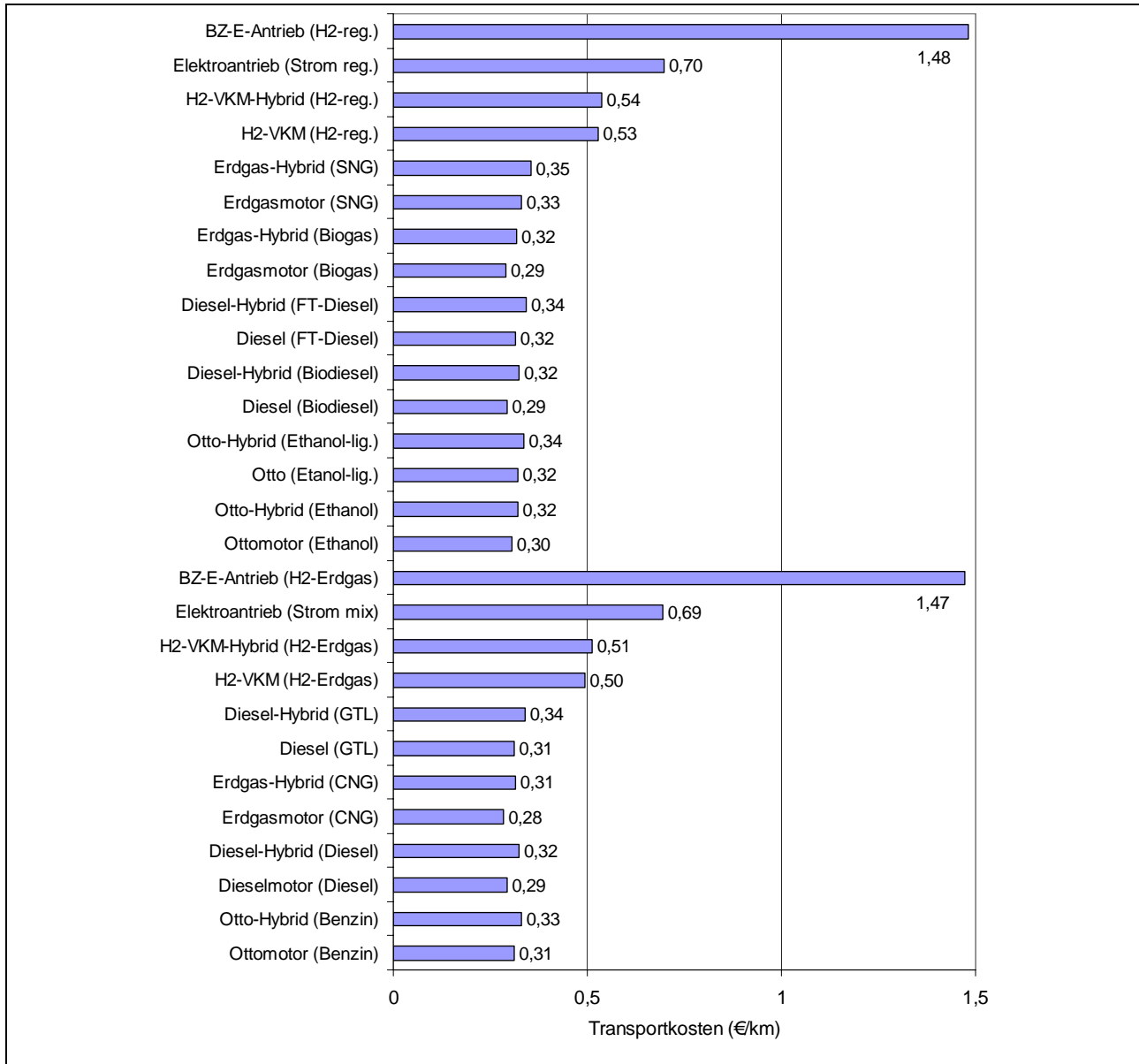


Abbildung H- 4: Kosten der Transportdienstleistung mit PKW (Haas et al. 2008)

## H-5 Referenzen

Haas et al. 2008: R. Haas, A. Ajanovic, M. Kjlöss, N. Nakicenovic, K. Könighofer, L. Canella, G. Jungmeier, P. Prenninger, J. Rechberger: Szenarien der (volks)wirtschaftlichen Machbarkeit alternativer Antriebssysteme und Kraftstoffe im Bereich individuellen Verkehrs bis 2050, Endbericht, A3-Proj. Nr. 812613, Wien, Jänner 2008



# Anhang I

## F&E-Bedarf zu Biotreibstoffen

### Inhalt

I-1	Einleitung.....	2
I-2	Strategisches Forschungsprogramm der EU .....	3
I-2.1	Einleitung .....	3
I-2.2	Die kritischen Bereiche.....	4
I-2.3	R&D&D Prioritäten .....	5
I-3	Forschungsschwerpunkte.....	7
I-3.1	Art der Forschung.....	7
I-3.2	Forschungsthemen.....	8

## I-1 Einleitung

Im Vorschlag der Europäischen Richtlinie zur Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen vom 23. Jänner 2008 wird gefordert, dass bis 2010 jeder Mitgliedsstaat einen nationalen Aktionsplan vorlegt, der die Erreichung eines Anteils von 10% Biotreibstoffen im Jahr 2020 auf den nationalen Märkten sicherstellt. Dieses ehrgeizige Ziel erfordert ein abgestimmtes Vorgehen aller Akteure in Industrie, Wirtschaft und Forschung sowie abgestimmte Forschungs- und Entwicklungsarbeiten bei marktgängigen und innovativen Biotreibstoffen.

Übergeordnetes Ziel von Forschungsarbeiten ist es, die externen Vorteile wie Wertschöpfung, Minderung der lokalen, regionalen und globalen Umweltbelastung, Sicherung der Versorgung und soziale Entwicklung zu maximieren. Dazu sind Forschungsarbeiten entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der Erzeugung der Rohstoffe bis zur Anwendung in Fahrzeugen erforderlich (Abbildung I- 1).

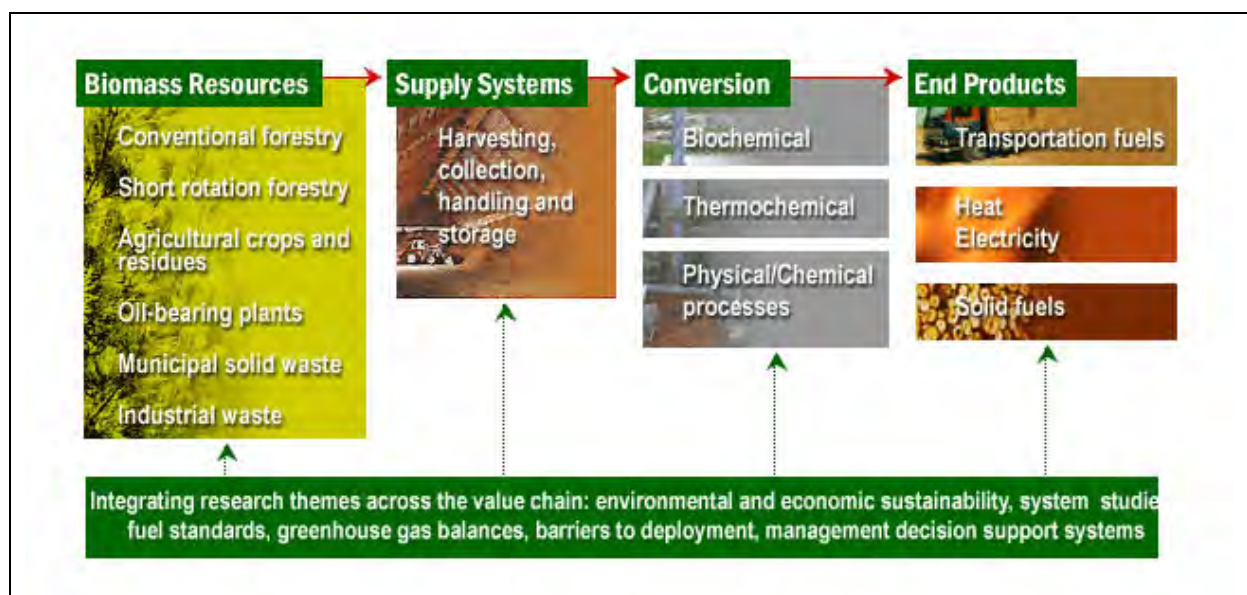


Abbildung I- 1: Forschungsbedarf vom Rohstoff bis zur Nutzung

Wenn auch einzelne Biotreibstoffe bereits heute die technische Reife erlangt haben (z.B. konventioneller Biodiesel und Bioethanol aus Zucker und Stärke) oder nahe einer Markteinführung sind (z.B. Biogas) erscheint weitere Forschung zu den folgenden Aspekten unerlässlich:

- zum Nachweis der Vorteile für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt
- zur Verbreiterung der Rohstoffbasis
- zur Verringerung der Kosten
- zur Entwicklung neuer Verfahren



- zur Steigerung der Wertschöpfung durch möglichst vollständige Nutzung von Neben- und Koppelprodukten im Sinne einer Bioraffinerie
- zur Verbesserung der Eigenschaften für die Verwendung in bestehenden Antriebssystemen und zur Anpassung an die Anforderungen neuer Antriebssysteme
- Zur Optimierung bestehender und Entwicklung neuer Antriebssysteme
- Zur Überwindung nichttechnischen Barrieren und zur Steigerung der sozialen Akzeptanz.

## I-2 Strategisches Forschungsprogramm der EU

### I-2.1 Einleitung

Das **Strategische Forschungsprogramm** (Strategic Research Agenda, SRA) der europäischen Biodiesel Technologie Plattform (Biofuels TP) zielt darauf ab, Lösungen zur Verfügung zu stellen und hat den Anspruch, die Vision in Bezug auf Biotreibstoffe in Europa in Forschung, Technologieentwicklung und Demonstration (R&D&D) aufzuzeigen, wie sie auch im Bericht des Biofuels research advisory Council (BIO-RAC) („Biofuels in the European Union – A vision for 2030 and beyond“ dargelegt wurden. Ein begleitendes Strategiedokument (Strategy Development Document, SDD) behandelt auch die nicht-technischen Belange, die bei der Entwicklung des Europäischen Biotreibstoffmarktes in Hinblick auf sein volles Potential im Straßentransport ebenso behandelt werden müssen.

Der Energieeinsatz in Europa ist stark abhängig von fossilen Brennstoffen, vor allem von importiertem Öl und Gas. Die Importe betragen 80% des Brutto-Inlandverbrauchs (gross inland consumption) in der EU. Die Abhängigkeit von importierten fossilen Brennstoffen ist beim Erdöl am größten. 98% des Straßenverkehrs ist von der begrenzt verfügbaren Ressource Erdöl anhängig, was Zweifel an der zukünftigen Versorgungssicherheit aufkommen lässt. Der Transportsektor ist der einzige, der in den letzten 15 Jahren einen signifikanten Anstieg der CO<sub>2</sub>-Emissionen gezeigt hat. Es ist zu vermuten, dass dieser Trend anhalten und letztendlich dazu führen wird, dass die Kyoto-Ziele schwer zu erreichen sind und die Bemühungen der EU in Hinblick auf den Klimawandel auf Spiel gesetzt werden könnten.

Eine mögliche Maßnahme zur Reduktion der Abhängigkeit der EU von Importen von Erdöl und Erdölprodukten ist der vermehrte Einsatz von Biotreibstoffen. Dies führt mittel- bis langfristig auch zu einer gesteigerten Versorgungssicherheit. Der vermehrte Einsatz von Biotreibstoffen im Transportwesen bildet einen wichtigen Teil des Maßnahmenpaketes, das für die Reduktion von CO<sub>2</sub> und die Erreichung der damit verbundenen Strategieziele erstellt wurde.

Heutzutage ist die Biotreibstoffproduktion in Europa besonders mengenmäßig limitiert und ist nicht vollständig nachhaltig, weil nur begrenzt Rohstoffe zur Verfügung stehen, die zudem mit Nahrungsmittel und anderen Verwendungsformen in Konkurrenz stehen und hohe Kosten verursachen. In Zukunft müssen Biotreibstoffe daher besser abschneiden als die fossilen Treibstoffe, die sie ersetzen sollen, vor allem in Bezug auf ihre Nachhaltigkeit. Außerdem müssen neue Wege in der Biomasseumsetzung gefunden werden, um die großen Mengen, die für die Erfüllung der ambitio-

nierten Ziele der Europäischen Gemeinschaft notwendig sind, erreichen zu können. Das muss durch stichhaltige Analysen untermauert werden und muss sich zudem als sozial akzeptabel sowohl auf lokaler als auch auf globaler Ebene erweisen.

### **I-2.2 Die kritischen Bereiche**

Die BiofuelsTP Arbeitgruppen haben besonders kritische Bereiche identifiziert, in denen die Technologieentwicklung in Hinblick auf die erfolgreiche Implementierung von nachhaltigen und konkurrenzfähigen Biotreibstoffen in der EU eine große Rolle spielen wird:

#### **Einsatzstoffe**

- Steuerung des Konkurrenzkampfes um begrenzte Landressourcen (Nahrungs- und Futtermittel vs. Bioenergie) und um unterschiedliche Anwendungsbereiche von Biomasse (Treibstoffe, Wärme, Strom, industrielle Rohstoffe)
- Erhöhung der Ausbeute pro Hektar und Entwicklung einer effizienten Zulieferlogistik sowohl für Saatfrüchte als auch für deren Rückstände

#### **Umwandlungstechnologien**

- Entwicklung von energieeffizienten und zuverlässigen Umwandlungsprozessen von Biomasse zu Treibstoffen mit einer gewissen Flexibilität in der Auswahl der Einsatzprodukte und mit Produkten hoher Qualität

#### **Endverbrauchertechnologien**

- Optimierung der umweltbezogenen und energetischen Leistungsfähigkeit von Motoren, unter Berücksichtigung der Kompatibilität mit existierenden und zukünftigen Fahrzeugen und der dazugehörigen Infrastruktur

Die am besten geeigneten Optionen (eine Kombinationen von Anbauflächen, Rohstoffen, Umwandlungstechnologien und Endprodukt) werden die sein, die die folgenden strategischen und nachhaltigkeitsorientierten Ziele am besten erreichen:

- Hohes Maß an Treibhausgasreduktionen, verbunden mit einem verträglichen Umgang mit anderen wichtigen Umweltbereichen (Biodiversität, Wasserverbrauch, Emissionen vor Ort, etc.)
- Sicherheit und Diversifikation von Energiebereitstellung für den Straßenverkehr
- Ökonomische Wettbewerbsfähigkeit und soziale Akzeptanz

Neuere Technologien verlangen nach mehr integrierten R&D&D Anstrengungen während man bei ausgereifteren Technologien auf weitere Entwicklung und Demonstration von kurzfristigen Verbesserungen fokussieren sollte.

### **I-2.3 R&D&D Prioritäten**

Die folgenden R&D&D Prioritäten für die genannten kritischen Bereiche der Technologieentwicklung wurden von den BiofuelsTP Arbeitgruppen identifiziert:

#### **Einsatzstoffe**

- Erstellen von „Cost-Supply-Curves („Kosten-Verfügbarkeits-Kurven“), die das Verhältnis Verfügbarkeit-Kosten für verschiedene Biomassequellen (nachwachsende Rohstoffe, Forstwirtschaft, Rückstände aus der Landwirtschaft und Abfälle) und geografische Angaben abbilden
- Entwicklung von land- und forstwirtschaftlichen Systemen, die hohe Ausbeuten bringen und niedrigen Einsatz erfordern, wie der Züchtung von Pflanzen und Bäumen, die für die Biomasseproduktion optimiert wurden.
- Entwicklung von effizienten Biomasse-Logistiksystemen (Ernte/Sammlung/Lagerung) für unterschiedliche Umwandlungskonzepte in unterschiedlichen Maßstäben

#### **Umwandlungsprozesse**

- Verbesserung der derzeitigen Umwandlungsprozesse zu ihrem vollen Potential (Biodiesel, Bioethanol aus Stärke-Zucker), um eine höhere Reduktion der Treibhausgase, mehr Flexibilität für den Einsatz verschiedener Rohstoffe und geringere Kosten zu erreichen.
- Entwicklung von thermo- und biochemischen Umwandlungsprozessen mit der Möglichkeit, unterschiedliche lignozellulose Biomasse (BtL, L-C Bioethanol) einsetzen zu können
- Entwicklung von integrierten Bioraffinerie-Konzepten unter vollständiger Ausnutzung der verschiedenen Biomasse-Einsatzstoffe, um unterschiedliche, hochwertige Bioprodukte zu erhalten.
- Veranschaulichung der Zuverlässigkeit und der Leistungsfähigkeit der neuen Technologien sowohl im Pilotstadium als auch in industriellem Maßstab

#### **Treibstoff/Motoren Optimierung**

- Schaffen der Voraussetzungen für die Kompatibilität von Biotreibstoffen und deren Gemischen mit der bestehenden Logistik und mit bestehenden und neuen Antrieben; Entwicklung von Fahrzeugmodifikationen für reine Biotreibstoffe und qualitativ hochwertigen Gemischen für spezielle Marktanforderungen.
- Generierung von Testdaten für Maschinenflotten und der Festlegung von Standards für Biotreibstoffe

- Entwicklung eines tiefgreifenden Verständnisses der Zusammenhänge der Qualität der Biotreibstoffe mit den Maschinenleistung für zukünftige Treibstoffe/Antriebssysteme um eine überdurchschnittliche Leistungsfähigkeit erreichen zu können.

### **Systemnachhaltigkeit**

- Weitere Entwicklung von Indikatoren und kohärenter Methoden zur Beurteilung und Überprüfung der drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökonomie, Ökologie und Soziales
- Beschaffung und Sammlung von notwendigen Daten und die Durchführung einer Nachhaltigkeitsbeurteilung von bereits existierenden und potentiell vielversprechenden Produktionsketten (Anbauflächen, Einsatzstoffe, Prozesse und Treibstoffnutzung)

### **„Nicht-technologische“ Entwicklungsmaßnahmen**

Um Europäische Biotreibstoffe zu ihrem vollen Potential zu entwickeln ist es zusätzlich notwendig, auch nicht-technologischen Entwicklungsmaßnahmen anzusprechen:

- Schlüssige, langfristige und harmonisierte, sowohl politische und dem freien Markt angepasste Rahmenbedingungen, um das Vertrauen von Investoren in die kapitalintensiven innovativen Technologien zu sichern
- Gemeinschaftliche öffentlich-private Finanzierung von Forschung und Entwicklung und der Demonstration von neuen Wegen der Biotreibstoffproduktion und Anwendungen bei den Endverbrauchern. Zusätzliche staatliche Förderungen für hoch-risikoreiche großtechnische Demonstrationsanlagen
- Qualitätsstandards für Biotreibstoffe, die auf zuverlässigen Forschungsergebnissen beruhen und keine zusätzlichen Hindernisse für den Einsatz von Biotreibstoffen mit sich bringen
- Ein einfaches, kohärentes und globales Zertifizierungsschema, das die Umwelt Nachhaltigkeit der Produktionsketten von Biotreibstoffen darstellt, zu entwickeln
- Anhebung der sozialen Akzeptanz durch offene Kommunikation und zwar über die Vorteile von Biotreibstoffen ebenso wie über die potentiellen Schattenseiten

## I-3 Forschungsschwerpunkte

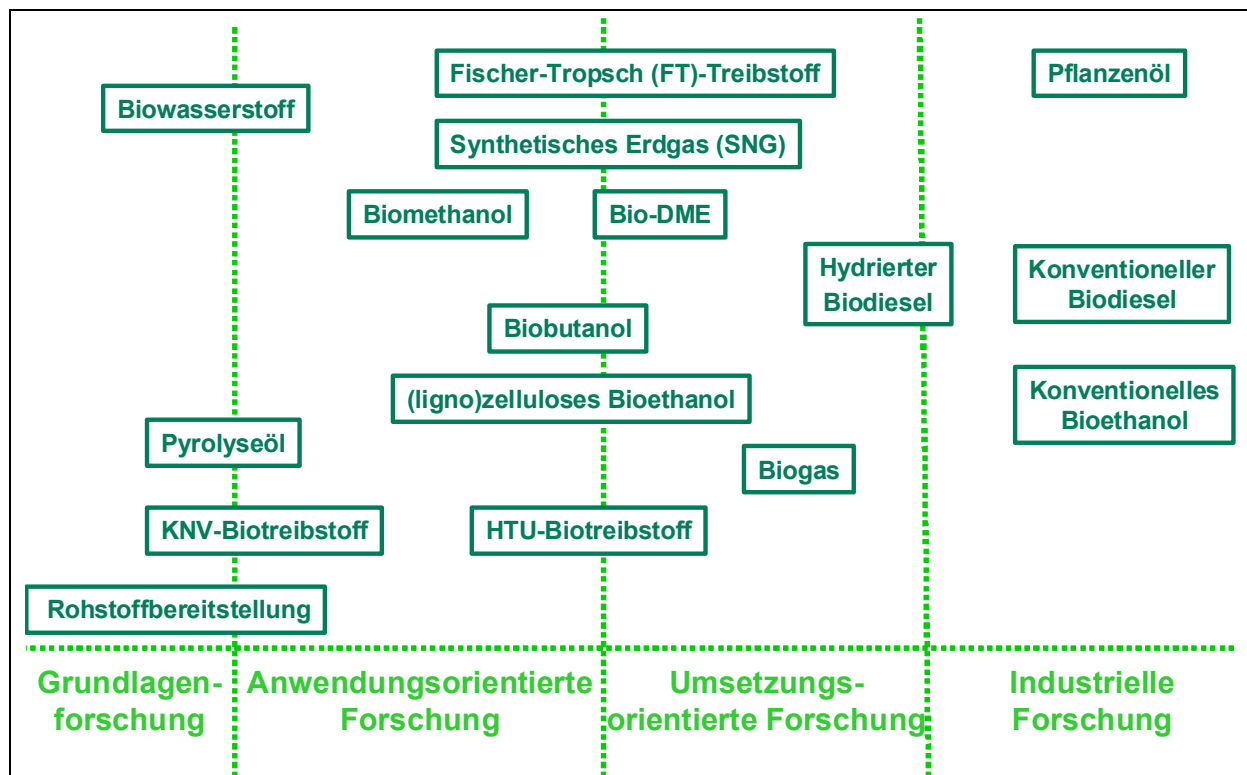
### I-3.1 Art der Forschung

Die Entwicklung der Biotreibstoffe sollte in Abstimmung mit der Entwicklung neuartiger Antriebssysteme erfolgen. Neben dem Verbrennungskraftmotor wird langfristig die Brennstoffzelle zum Einsatz kommen, wobei für beide elektrische Systemen Zusatzantriebe (Hybrid) zunehmende Bedeutung erlangen werden. Die Entwicklung soll zu kostengünstigen, umwelt- und sozialverträglichen Technologien und zu hoher Wertschöpfung in Land- und Forstwirtschaft und Industrie führen.

Bezugnehmend auf die in Abbildung 5 skizzierte erwartete Markteinführung kann der Forschungsbedarf in vier Bereiche gegliedert werden (Abbildung I- 2):

- Grundlagenforschung,
- Anwendungsorientierte Forschung,
- Umsetzungsorientierte Forschung und
- Industrielle Forschung.

Wie bereits erwähnt, sollte die nachhaltige Bereitstellung von Biomasserohstoffen im Zusammenhang mit der Entwicklung eines internationalen Marktes für Biomasse und Bioenergieträger als Thema in der Grundlagenforschung vertreten sein.



## Abbildung I- 2: Forschungsbedarf für die Markteinführung von Biotreibstoffen

Die breite Palette von Verfahren und Biotreibstoffen resultiert aus der gegenwärtigen Schwierigkeit, die Chancen für den Erfolg einer bestimmten Entwicklung einzuschätzen. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass nicht alle Entwicklungslinien mit der gleichen Intensität verfolgt werden können. Eine wichtige Herausforderung wird es daher sein, in bestimmten Abständen eine Neubewertung der Chancen der einzelnen Entwicklungslinien und eine Anpassung des Forschungsbedarfs vorzunehmen. Ein wichtiges Kriterium wird dabei der mengenmäßige Beitrag einer Entwicklungslinie sein. Nischenanwendungen sollen nur dann verfolgt werden, wenn sie aus technologiepolitischen Gründen (Förderung österreichischer Produktentwicklungen) zu empfehlen sind. Die diesbezüglichen Entwicklungsarbeiten sollten dann aus Mitteln der Technologieförderung finanziert werden.

Bei der Bewertung des Forschungsbedarfs wird die erwähnte Berücksichtigung des internationalen Standes der Technik dadurch ermöglicht, dass österreichische Forschungseinrichtungen seit vielen Jahren in den internationale Netzwerken zur Biotreibstoffforschung erfolgreich tätig sind: IEA Bioenergy, EU Biofuels Technology Platform. Darüber hinaus sind diese Einrichtungen an einer Reihe von konkreten internationalen Entwicklungsprojekten beteiligt, wodurch einerseits Doppelarbeiten vermieden und andererseits konkrete Ergebnisse der Partner in Österreich angewendet werden können.

Aus der in Abbildung I- 2 dargestellten Momentaufnahme lässt sich ableiten, dass zur stärkeren Involvierung der industriellen Forschung ein Schwerpunkt bei der anwendungs- und umsetzungsorientierten Forschung gesetzt werden sollte. Wegen der in Österreich gegebenen Rohstoffbasis (Nebenprodukte der Forst- und Holzwirtschaft, zellulose Nebenprodukte der Landwirtschaft und Energieholz aus landwirtschaftlichen Restflächen) erscheint die Weiterentwicklung der Prozesse „Synthetische Treibstoffe über die Vergasung“ und „Bioethanol aus lignozellulosen Rohstoffen“ besonders vielversprechend. Die mit diesen Prozessen hergestellten Treibstoffe haben die besten Chancen, mittelfristig folgende Anforderungen zu erfüllen: Mengenpotenzial, technische Reife, Erfolgswahrscheinlichkeit, Nutzung der Infrastruktur und Konkurrenzfähigkeit bei „fertiger“ Entwicklung. Hinzu soll die Produktion von Biogas und hydriertem Biodiesel unterstützt werden, die ein hohes technisch-wirtschaftliches Potenzial haben; jedoch was die Verfügbarkeit der (landwirtschaftlichen) Rohstoffe betrifft gewissen Beschränkungen unterliegen kann.

### **I-3.2 Forschungsthemen**

Um die nationalen und europäischen Ziele zeitgerecht und mit effizientem Einsatz von Mitteln zu erreichen, werden zu den einzelnen Biotreibstoffen die folgenden Forschungsschwerpunkte vorgeschlagen (Tabelle I- 1, Tabelle I- 2 und Tabelle I- 3):

Die wesentlichen strategischen Forschungsfragen betreffen die Entwicklung der Biotreibstoffe aus Holz und Stroh über Pilot- zu Demonstrationsanlagen. Unter Berücksichtigung der österreichischen Situation sind das FT-Treibstoffe und Bioethanol aus Holz und Stroh.

**Tabelle I- 1: Forschungsthemen konventioneller Biodiesel und Bioethanol aus Zucker und Stärke**

Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Optimierung marktgängiger Rohstoffe für die Anforderungen der Treibstoffherzeugung (Steigerung des Ertrags, Verringerung des Einsatzes von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln, Minderung der Kosten)</li> <li>● Entwicklung innovativer Rohstoffe</li> <li>● Erschließung der Potentiale kostengünstiger Rohstoffe wie Gebrauchtfette u.ä.</li> <li>● Verringerung der Treibhausgasemissionen durch Optimierung der landwirtschaftlichen Praxis</li> </ul>
Logistik und Vorverarbeitung	Minderung von Kosten, Energieaufwendungen und Emissionen von Treibhausgasen durch Optimierung von Transport- und Lagerungssystemen
Konversion	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Verwendung innovativer Rohstoffe</li> <li>● Weiterentwicklung der Technologie in „Bioraffinerien der 1. Generation“ <ul style="list-style-type: none"> <li>- Minderung von Kosten, Energieaufwendungen und Emissionen von Treibhausgasen durch verfahrenstechnische Optimierung und neue Verfahren</li> <li>- Stoffliche und energetische Nutzung von Koppelprodukten wie Ölpressekuchen, DDGS, Glycerin</li> <li>- Extraktion und Weiterverarbeitung wertvoller Minorkomponenten</li> <li>- Verbesserung der Qualität der Futtermittel</li> </ul> </li> </ul>
Endnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Normung von Standardtreibstoffen mit höheren Biotreibstoffanteilen („E10, B10“)</li> <li>● Optimierung bzw. Weiterentwicklung von Otto- und Dieselmotoren einschließlich der Abgasnachbehandlung für den Betrieb mit <ul style="list-style-type: none"> <li>- Standardtreibstoffen mit erhöhtem Gehalt an Biokomponenten (B10, E10)</li> <li>- Für reine Biotreibstoffe und Treibstoffe mit hohem Anteil an Biotreibstoffen wie z.B. E85 für FFV oder B30/B100</li> </ul> </li> <li>● Innovative Antriebssysteme für Biotreibstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hybridfahrzeuge</li> <li>- Brennstoffzellen</li> </ul> </li> </ul>
Begleitforschung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Forschung zur Verbesserung der <ul style="list-style-type: none"> <li>- gesellschaftlichen</li> <li>- umweltbezogenen und</li> <li>- wirtschaftlichen Nachhaltigkeit und der Akzeptanz</li> </ul> </li> <li>● Methodische Fragestellungen wie z.B. Zertifizierungsmechanismen für Biomassen und Biotreibstoffe und aus der EU, den Nachbarstaaten und aus Übersee</li> </ul>

**Tabelle I- 2: Forschungsthemen hydrierter Biodiesel, Biogas und synthetisches Erdgas**

Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entwicklung hoch effizienter und umweltverträglicher Systeme zur Maximierung der flächenbezogenen Nutzenergie und zur Minimierung der Treibhausgasemissionen</li> <li>● Demonstration landwirtschaftlicher Biomasseproduktion, z.B.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Multicropbau für die Erzeugung von Biogas</li> <li>- Energiepflanzen für synthetische Biotreibstoffe und Ethanol aus Lignozellulose</li> </ul> </li> </ul>
Logistik und Vorverarbeitung	Optimierung der landwirtschaftlichen Verfahrenskette zur Senkung der Kosten und Minderung der Umweltbelastung
Konversion	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Weiterentwicklung innovativer und Optimierung verfügbarer Technologien wie z.B.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aufbereitung von Biogas auf Erdgasqualität</li> <li>- Demonstration von BioCNG und SNG, Monitoring der externen Vorteile</li> </ul> </li> </ul>
Endnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Entwicklung/Verbesserung von Fahrzeugtechnologien wie z.B.             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserungen an BioCNG-Fahrzeugen (Erhöhung der Reichweite, Verringerung von Emissionen)</li> <li>- Motore für Pflanzenöl</li> <li>- Emissionsminderung durch synthetische Kraftstoffe wie z.B. NextBtL für neue Verbrennungsverfahren wie z.B. homogene Verbrennung</li> </ul> </li> </ul>
Begleitforschung	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Einfluss der Änderung der Bodennutzung auf die Treibhausgasemission             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kohlenstoff im Boden</li> <li>- Lachgasemissionen aus der Biomasseerzeugung</li> <li>- Entwicklung treibhausgasarmer Anbausysteme</li> </ul> </li> <li>● Kulturlandschaftsforschung</li> <li>● Gesellschaftliche Akzeptanz</li> </ul>



**Tabelle I- 3: Forschungsthemen synthetische Biotreibstoffe und Bioethanol aus Lignozellulose**

Rohstoffe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Senkung der Kosten der Gewinnung forstwirtschaftlicher Rohstoffe</li> <li>• Erschließung weiterer forstwirtschaftlicher Rohstoffquellen im In- und Ausland</li> </ul>
Logistik und Vorverarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimierung der forstwirtschaftlichen Verfahrenskette einschließlich von Importen mit dem Ziel Senkung der Kosten und Minderung der Umweltbelastung</li> </ul>
Konversion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfahrenstechnische Entwicklungen:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vergasung, Gasreinigung, Synthesegaserzeugung, Synthesen</li> <li>- Zelluloseaufschluss, Fermentation, Enzyme, ...</li> <li>- Bioraffineriekonzepte</li> </ul> </li> <li>• Grundlagenforschung zu neuen, bisher noch unbekanntem thermischen und biologischen Verfahren</li> </ul>
Endnutzung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fahrzeugtechnologien             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Entwicklung neuer und Optimierung bestehender Motortechnologien</li> <li>- Entwicklung und Anwendung von Brennstoffzellen</li> </ul> </li> </ul>
Begleitforschung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der nachhaltigen Entwicklung</li> </ul>



# Anhang J

## Fragen zu Biotreibstoffen

### Antworten zu oft gestellten Fragen zu Biotreibstoffen

G. Jungmeier, M. Wörgetter, K. Zwiauer, D. Bacovsky, J. Spitzer, H. Hofbauer

Es werden oft gestellte Fragen zu Biotreibstoffen beantwortet, die als Argumentationsunterlage für Entscheidungsträger herangezogen werden können.

#### PRÄAMBEL

Es gibt eine Reihe unterschiedlicher gasförmiger und flüssiger Biotreibstoffe, die aus unterschiedlichen Rohstoffen und unterschiedlichen Verfahrensprozessen hergestellt werden. Die neun Biotreibstoff-Gruppen sind:

- 1) Pflanzenöl,
- 2) Biodiesel,
- 3) Bioethanol,
- 4) Biobutanol,
- 5) Biogas,
- 6) synthetische Biotreibstoffe,
- 7) Biowasserstoff,
- 8) Pyrolyseöl und
- 9) Biotreibstoffe aus der Direktverflüssigung.

Die sechs Rohstoffgruppen sind:

- 1) ölhältige Pflanzen: z.B. Raps, Sonnenblume,
- 2) stärkehaltige Pflanzen: z.B. Mais, Weizen,
- 3) zuckerhaltige Pflanzen: z.B. Zuckerrüben,
- 4) lignozellulose Rohstoffe: z.B. Holz, Stroh und Miscanthus,
- 5) organische Reststoffe: z.B. Klärschlamm, Gülle, Biomüll sowie

6) „Sonstige“ z.B. Tierfett.

Die vier grundsätzlichen Verfahrensprozesse zur Herstellung von Biotreibstoffen sind

- 1) Biochemische Prozesse: Alkohol- und Methan-Fermentation,
- 2) Thermo-chemische Prozesse: Vergasung, Pyrolyse, Synthese,
- 3) mechanisch-chemische Prozesse: Pressen, Veresterung,
- 4) Hydrierung („hydro-treated“): Entfernung von Sauerstoff mit Hilfe von Wasserstoff.

Aus diesen Biotreibstoffen, Rohstoffen und Verfahrensprozessen ergeben sich insgesamt 40 Kombinationen, die derzeit untersucht werden.

Deshalb sei für die folgenden Fragen und Antworten darauf hingewiesen, dass in der Diskussion jeweils der Biotreibstoff, dessen Rohstoff und dessen Herstellungsverfahren zu berücksichtigen sind, da jede dieser 40 möglichen Kombinationen sehr unterschiedliche Aspekte aufweist. Hierdurch wird verhindert, dass alle Biotreibstoffe „in einen Topf geworfen“ werden.

## **1) Reduzieren Biotreibstoffe die Treibhausgas-Emissionen?**

Ja, fast immer.

In zahlreichen Studien, die auf Basis von Lebenszyklusanalysen („Ökobilanz – von der Wiege bis zur Bahre“) durchgeführt wurden, wird gezeigt, dass Biotreibstoffe bei Ersatz von Diesel und Benzin Treibhausgas-Emissionen (Kohlendioxid CO<sub>2</sub>, Methan CH<sub>4</sub> und Lachgas N<sub>2</sub>O) reduzieren. Hiervon gibt es ein paar wenige Ausnahmen: Kohle für Prozessenergie bei Bioethanol aus Getreide und Rohstoffanbau auf Flächen nach Rodung von Tropenwald. Wird Restwärme aus der Stromerzeugung in kalorischen Kraftwerken genutzt, ist auch hier eine Treibhausgasreduzierung möglich. Die Treibhausgas-Reduktion ist bei Biotreibstoffen aus Reststoffen meist größer als bei forstwirtschaftlicher Biomasse, bei Biomasse aus landwirtschaftlicher Produktion tendenziell am geringsten. Da aber bei der Erzeugung fast aller Biotreibstoffe auch Nebenprodukte produziert werden wie zum Beispiel Rapskuchen und Glycerin bei Biodiesel aus Rapssamen, hat die Nutzung dieser Nebenprodukte (z.B. Rapskuchen als Tierfutter und Glycerin als Chemierohstoff), meist positive Effekte auf die Treibhausgas-Bilanz. Eine der größten Quellen für Treibhausgas-Emissionen sind die N<sub>2</sub>O-Emissionen in der landwirtschaftlichen Produktion von Rohstoffen, die durch die Stickstoff-Düngung und biologische Prozesse im Boden verursacht werden. Dies betrifft grundsätzlich

auch den derzeitigen Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln, wobei hierbei noch Datenunsicherheit besteht und die Einflussparameter dieser N<sub>2</sub>O-Emissionen noch nicht vollständig erforscht sind. Hier besteht daher Bedarf an wissenschaftlicher Begleitforschung mit dem Ziel, die Berechnungsmethoden und die Datenbasis zu verbessern sowie der Landwirtschaft Handlungsempfehlungen zur Minderung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus der landwirtschaftlichen Produktion zu geben.

## **2) Reduzieren Biotreibstoffe den Einsatz fossiler Energie?**

Ja.

In zahlreichen Studien, die auf Basis von Lebenszyklusanalysen („Ökobilanz – von der Wiege bis zur Bahre“) durchgeführt wurden, wird gezeigt, dass Biotreibstoffe bei Ersatz von Diesel und Benzin den Einsatz fossiler Energie (vor allem Erdöl) reduzieren. Das Ausmaß der Reduktion fossiler Energie hängt von einigen Randbedingungen ab. Bei der Herstellung von Bioethanol aus Zucker und Stärke hängt die vor allem von der Art des Energieträgers für die Prozessenergie ab, bei der Herstellung von hydrierten Biodiesel und bei der Aufbereitung von Treibstoffen aus der thermochemischen Erzeugung (wie z.B. Fischer-Tropsch, Pyrolyseöl) von der Art der Wasserstoff-Erzeugung.

Bei allen Biotreibstoffketten kann der Einsatz von fossiler Energie durch die energetische Nutzung von Neben- und Koppelprodukten aus der landwirtschaftlichen Rohstoffherzeugung oder aus dem industriellen Prozess deutlich verringert werden.

## **3) Essen oder Fahren?**

Wenn eine Entscheidung erforderlich ist, natürlich essen.

Die Erzeugung von Biotreibstoffen der 1. Generation – Biodiesel und Bioethanol – erfolgt mit öl-, stärke- bzw. zuckerhaltige Rohstoffen (z.B. Rapsöl, Weizen, Mais), die auch Nahrungsmittel sind. Weiteres kann eine Konkurrenzsituation um die landwirtschaftlichen Flächen auftreten, wenn Rohstoffe, die nicht als Nahrungsmittel eingesetzt werden können (z.B. Miscanthus) anstelle von Nahrungsmitteln angepflanzt werden. Daher besteht hier am Markt eine Konkurrenzsituation zwischen Nahrungsmitteln und Biotreibstoff-Rohstoffen, die vor allem durch das Preisniveau der Produkte im Nahrungs- und Energiemarkt beeinflusst wird. Die Nahrungsmittelproduktion hat natürlich immer Vorrang. Ein Beispiel zu den

Mengenverhältnissen: In EU-27 werden jährlich derzeit etwa 250 Mio. t Getreide erzeugt, wovon etwa 1,5% für die Erzeugung von Bioethanol eingesetzt wurde.

Da bei der Erzeugung von Biotreibstoffen der 1. Generation auch erhebliche Mengen an Tierfutter anfallen (z.B. pro Tonne Biodiesel 2 Tonnen Rapskuchen, pro Tonne Bioethanol etwa 1 Tonne Tierfutter (DDGS)), die andere Tierfutter ersetzen, bestehen durch diese gekoppelte Produktion Synergien zwischen Biotreibstoffen und Futtermitteln.

Durch die mit dem Vorschlag der Kommission einer Direktive „On the promotion of the use of energy from renewable sources“ geforderte Zertifizierung von biogenen Rohstoffen und Biotreibstoffen (siehe auch Frage 9) ist zu erwarten, dass potentielle Konflikte in Entwicklungsländern vermieden werden.

Für Entwicklungs- bzw. Schwellenländer wird eine Zertifizierung nur dann zielführend sein, wenn auch soziale Kriterien wie Landkonflikte, aber auch soziale Standards bei den Arbeitsbedingungen, einbezogen werden. Allgemein muss sichergestellt sein, dass es zu keiner Verschlechterung für die betroffenen Bevölkerungsgruppen kommt, sondern lokal wirtschaftliche Entwicklung möglich ist (s. auch Anm. Pkt. 9). Darüber hinaus ist eine Akzeptanz auch in den Exportländern eine Grundvoraussetzung. Es obliegt den Nationalstaaten, zusätzliche Kriterien zu formulieren bzw. in die Diskussion einzubringen.

Bei biogenen Reststoffen und forstwirtschaftlichen Nebenprodukten zur Erzeugung von Biotreibstoffe besteht keine Konkurrenzsituation mit den Nahrungsmitteln.

Insgesamt besteht hier Bedarf an Begleitforschung zur gesellschaftlichen Nachhaltigkeit.

#### **4) Können wir alle mit Biotreibstoffen fahren?**

Nein.

In Österreich und international steigt der Energiebedarf im Transportsektor stark an, z.B. 90% Zuwachs in Österreich zwischen 1990 und 2006. Derzeit sind in Österreich 4,3% Biotreibstoffe durch Beimischung von Biodiesel zu Diesel und Bioethanol zu Benzin am Markt. Insgesamt geht es im Verkehrssektor primär darum, das Wachstum durch eine Veränderung des Mobilitätsverhaltens (z.B. Verkehrsvermeidung, öffentlicher statt individualisierter Verkehr) einzudämmen und mittelfristig den Energiebedarf zu reduzieren. Nur bei einem stark reduzierten Energiebedarf im Verkehrssektor könnten Biotreibstoffe langfristig einen Anteil von bis zu 30% (wie nach dem „European Vision for Biofuels“

gefordert) erreichen; andernfalls werden nur in manchen Ländern Anteile von 10% erreicht werden können (siehe hierzu auch Biomasse-Potential in Frage 7).

## **5) Wann kommen die Biotreibstoffe aus lignozellulosen Rohstoffen auf den Markt?**

Mit relevanten Mengen wird in etwa im Jahr 2020 gerechnet.

Die wichtigsten zukünftigen Biotreibstoffe aus lignozellulosen Rohstoffen wie z.B. Holz und Stroh sind synthetische Biotreibstoffe und Bioethanol, da diese mit Benzin und Diesel gemischt werden können und daher die bestehende Tankstellen- und Fahrzeug-Infrastruktur nutzen können, was (volks)wirtschaftlich von erheblichen Vorteil ist (im Gegensatz zu z.B. Wasserstoff). Die Treibstoffe aus lignozellulosen Rohstoffen werden derzeit in einigen wenigen Pilotanlagen weltweit erzeugt und zur Marktreife entwickelt. Neben der Biotreibstoff-Erzeugung wird zur marktreifen Entwicklung auch die erfolgreiche Nutzung der Nebenprodukte wie z.B. Wärme, Strom, Chemikalien (Bioraffinerie-Ansatz) notwendig sein, um durch die dadurch erzielten Erlöse Biotreibstoffe aus Lignozellulose konkurrenzfähiger zu Benzin und Diesel zu machen.

Voraussetzung für eine breite Markteinführung ist die Entwicklung effizienter und wirtschaftlicher Verfahren im Industriemaßstab. Die Dauer der Entwicklung hängt von den technisch-wissenschaftlichen Fortschritten und von der Dimension der Technologie ab. In einer groben Abschätzung wird die Pilotphase 3 bis 5 Jahre, die Demonstrationsphase ebenso lang dauern. Da ein Übergang in die Demonstrationsphase bereits während der Arbeiten an Pilotanlagen denkbar ist, können die ersten Demonstrationsanlagen je nach Erfolg und Bereitschaft von Investoren bereits in 6 bis 7 Jahren in Betrieb gehen. Die Entscheidung für eine größere Zahl von Industrieanlagen könnte entsprechend den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und dem Erfolg der Entwicklung nach 2015 fallen, sodass knapp vor dem Jahr 2020 nach und nach relevante Mengen auf den Markt kommen könnten.

Durch Integration von Biotreibstofftechnologien in bestehende Industrieanlagen wie z.B. Zellulosefabriken kann die Markteinführung beschleunigt werden.

## 6) Ist Wasserstoff besser als Biotreibstoffe?

Nur wenn er als Bio-Wasserstoff erzeugt wird.

Der Einsatz von Wasserstoff in Fahrzeugen führt dazu, dass bei Brennstoffzellen-Antrieb nur mehr Wasserdampf emittiert wird („Null-Emissions-Fahrzeug“) und bei Verbrennungskraftmotor auch NO<sub>x</sub>. Beim Einsatz von Biotreibstoffen entstehen neben NO<sub>x</sub>, auch noch C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, CO und Feinstaub in geringen Mengen. Wird Wasserstoff nicht aus erneuerbaren Energieträgern hergestellt, so ist die Erzeugung mit hohen CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden, während bei Biotreibstoffen die CO<sub>2</sub>-Emissionen gering sind (siehe Frage 1). Keine der erforderlichen Wasserstoff-Technologien zum Einsatz im Verkehrssektor ist marktreif entwickelt und der zusätzlich notwendige Aufbau von Infrastruktur (z.B. H<sub>2</sub>-Tankstellen, und H<sub>2</sub>-Fahrzeuge“ wird erst mittel- bis langfristig möglich sein. Biotreibstoffe sind heute schon am Markt und werden daher mittelfristig, im Gegensatz zu Wasserstoff, eine steigende Bedeutung im Verkehrssektor erlangen. Da Wasserstoff auch aus Biomasse erzeugt werden kann (z.B. über Vergasung), kann langfristig, wenn kein Bedarf mehr an Biotreibstoffen besteht, auch Wasserstoff aus Biomasse nachhaltig erzeugt werden.

## 7) Wie viel Rohstoffe für Biotreibstoffe gibt es?

In Österreich weniger als zur Erzeugung der Zielmengen an Biotreibstoffen notwendig wäre.

Der weltweite Primärenergiebedarf beträgt derzeit etwa 400 EJ/a (zum Vergleich Österreich 1,6 EJ/a), wovon etwa 50 EJ/a Biomasse sind, die vor allem für die traditionelle Nutzung zum Kochen und Heizen eingesetzt wird. Weltweit werden etwa 83 EJ/a im Transportsektor bzw. 20% der weltweiten Primärenergie eingesetzt. Die Internationale Energieagentur IEA hat abgeschätzt, dass weltweit etwa 200 – 400 EJ/a an nachhaltiger Biomasse zur energetischen Nutzung im Jahr 2050 zur Verfügung stehen können, wovon der größte Anteil aus der Landwirtschaft kommen würde. Je nachdem wie sich der weltweite Energiebedarf insbesondere im Transportsektor entwickeln wird, können Biomasse bzw. Biotreibstoffe einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung leisten.

Die kurz- bis mittelfristige Entwicklung hängt jedoch weniger vom weltweiten Potential, sondern vom wirtschaftlichen Rahmen ab. Neben Maßnahmen zur Kostensenkung bedarf es bedeutender Anstrengungen auf Seite der Land- und Forstwirtschaft, um die Ressourcen zu mobilisieren.



Der mögliche Import von biogenen Rohstoffen in die EU wird für das Jahr 2020 mit etwa 20% angenommen, wobei dies auf der Annahme basiert, dass die Energieeffizienz bis 2020 um 20% gesteigert wird und der Biotreibstoffanteil im Verkehrssektor 10% beträgt. Aktuelle Arbeiten zeigen (z.B. EU-Projekt zu Biofuel Road Map in REFUEL), dass vor allem in den osteuropäischen Ländern verstärkt landwirtschaftliche Rohstoffe erzeugt werden können, die dann mit den anderen Mitgliedsstaaten gehandelt werden können. Diese europäischen Rohstoffe können daher im Falle von Engpässen zur Versorgungssicherheit beitragen.

## **8) Wie nachhaltig sind Biotreibstoffe?**

Nachhaltiger als fossile Treibstoffe. Wie nachhaltig, hängt von der konkreten Umsetzung ab.

Bei der Betrachtung der Nachhaltigkeit der Biotreibstoffe sind sehr unterschiedliche Nachhaltigkeitsdimensionen zu berücksichtigen: ökologische, ökonomische und soziale Zieldimension. Bei der ökologischen Zieldimension der Luft-Emissionen wie z.B. CO<sub>2</sub>, und der Reduktion fossiler Energie sind Biotreibstoffe (sehr) vorteilhaft (siehe Frage 1) und 2). Die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Biomasse-Erzeugung ist ökologisch vergleichbar der derzeitigen land- und forstwirtschaftlichen Produktion für Nahrung- und Futtermittel bzw. Holz als Rohstoff, die das Prinzip der „Nachhaltigkeit“ als Grundprinzip festgeschrieben hat. Die möglichen Verbesserungen betreffen somit alle Produkte der Land- und Forstwirtschaft. (siehe auch Frage 3)

Aus ökonomischer Sicht der Nachhaltigkeit sind Biotreibstoffe derzeit die einzige Möglichkeit, mit heimischen und erneuerbare Energieträgern zu vertretbaren Kosten die Versorgung des Verkehrssektors zu unterstützen.

Die soziale Dimension der Nachhaltigkeit zeigt, dass Biotreibstoffe ein zusätzlicher, besonders wichtiger Beitrag für den Erhalt der europäischen Landwirtschaft sind, da zusätzliche Märkte für landwirtschaftliche Produkte aufgebaut werden. Die geplante Zertifizierung von Biomasse und Biotreibstoffen wird als nachvollziehbarer Nachweis der Nachhaltigkeit zukünftig angestrebt (siehe Frage 9).

Biotreibstoffe geraten vermehrt in die öffentliche Diskussion, wobei die Diskussion nicht immer sachlich verläuft. Der „Tortilla-Effekt“ und die Zerstörung tropischer Regenwälder werden von den Medien fallweise stark in den Vordergrund gerückt. Dies gefährdet die Akzeptanz der Biotreibstoffe durch unsere Gesellschaft.

## 9) Zertifizierung von Biotreibstoffen?

Ist unbedingt notwendig; die EU macht die Vorgaben.

Die aktuelle Diskussion zur Zertifizierung von Biotreibstoffen bzw. deren Rohstoffen, die vor allem durch die EU, UK, NL und G stimuliert wurde, umfasst die folgenden Bereiche

- Umweltschutz: Treibhausgas-Bilanz, Landnutzungsänderung, Änderung der Kohlenstoff-Speicherung, Verluste an Biodiversität, Bodenerosion, Wasserhaushalt, Pflanzenschutzmittel, GMOs
- Konkurrenz: Landwirtschaft zu Nahrungs- und Futtermittelproduktion, Forstwirtschaft: Baumaterialien, Holzprodukte, örtliche Energieversorgung
- Wirtschaftlicher Wohlstand: Beschäftigungseffekte, Landnutzungsrechte
- Soziales Wohlergehen: z.B. Arbeitsbedingungen, Gesundheit

Es wurden und werden die methodischen und organisatorischen Voraussetzungen entwickelt, um diese Zertifizierungssysteme einzuführen. Hierzu ist noch wissenschaftliche Begleitforschung notwendig. Ein Zertifizierungs- und Nachweissystem für (importierte) Biomasserohstoffe und Biotreibstoffe ist unerlässlich. Die betroffenen Organisationen und die Politik sind gefordert, auch in Österreich ein Zertifizierungssystem einzuführen.

Der am 23. Jänner 2008 von der Kommission vorgeschlagene Entwurf einer Direktive „On the promotion of the use of energy from renewable sources“ enthält:

- die Einführung eines Zielpfades (2011-2020) zur Erreichung des 2020-Ziels für erneuerbare Energie
- den Handel mit Ursprungs-Zertifikaten
- Nachhaltigkeitskriterien für den Einsatz von Bio-Treibstoffen

Der Richtlinienentwurf ist ein wichtiger Meilenstein für die Erreichung der 2020-Ziele und wird eine Reihe von Maßnahmen in den Mitgliederstaaten nach sich ziehen. Dies gilt sowohl auf der Umsetzungsebene als auch für Forschung und Entwicklung einschließlich der wissenschaftlichen Begleitforschung.

Gezählt werden dürfen nach diesem Entwurf nur solche Biotreibstoffe, die folgende Bedingungen erfüllen:

- Die Reduktion von Treibhausgasen gegenüber den fossilen Pendanten beträgt mindestens 35%.
- Die verwendeten Rohstoffe wurden nicht auf Flächen mit anerkannt hohem Biodiversitätswert (recognised high biodiversity value, z.B. Urwald) angebaut.
- Die verwendeten Rohstoffe wurden nicht auf Flächen mit hohem Kohlenstoffvorrat (high carbon stock, z.B. Feuchtgebiete) angebaut.
- Die Produktion der Rohstoffe innerhalb der EU erfolgte nach den Kriterien von Council Regulation (EC) No 1782/2003 (Common Agricultural Policy).

Im Richtlinienentwurf sind keine Detail-Kriterien für die nachhaltige Rohstoffproduktion angeführt wie z.B. sozialverträgliche Ressourcennutzung, gesundheitliche Probleme für die Beschäftigten und die Bevölkerung, Umweltbelastungen durch industrielle Anbauweisen oder Belastungen von Flüssen und Grundwasser durch Dünge- und Pflanzenschutzmittel. F&E-Bedarf besteht hier neben der Entwicklung und Ermittlung von Nachhaltigkeitskriterien (z.T. auch in einem regionsspezifischen Bezug) auch bei Fragen der Umsetzbarkeit und Kontrollierbarkeit bei Importen aus Entwicklungsländern (s. a. Frage 10).

## **10) Import von Biomasse und Biotreibstoffen ist das gut?**

Ja, gut und notwendig.

Schon heute werden Biomasse und Biotreibstoffe wie z.B. Holz, Pellets, Palm-Öl, Weizen und Bioethanol weltweit gehandelt. Da die Biomassepotentiale (siehe auch Frage 7) weltweit ungleich verteilt sind, wird allgemein davon ausgegangen, dass es zu einem verstärkten Export und Import von biogenen Rohstoffen bzw. Biotreibstoffen kommen wird. In Fachkreisen wird die Meinung vertreten, dass der weltweite Handel auch eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung neuer Technologien und Produkte ist. Wird die nachhaltige Erzeugung von biogenen Rohstoffen und Biotreibstoffen z.B. durch Zertifizierungssysteme (siehe Frage 9) sichergestellt, dann sind positive Effekte auf die ökonomische Entwicklung durch den weltweiten Handel zu erwarten, die auch die Einführung von Biotreibstoffen begünstigen wird.

Wie schon in Frage 7 angeführt, wird zukünftig ein Importanteil für Biotreibstoffe bzw. der Rohstoffe in die EU von etwa 20% angenommen. Der Import von Rohstoffen aus Entwicklungsländern kann eine Chance darstellen, sofern die Risiken abschätzbar sind und

die Erfüllung der Zertifizierungskriterien der Nachhaltigkeit nachgewiesen werden können (siehe auch Frage 9), wozu in diesen Ländern auch die institutionellen und formalen Voraussetzungen garantiert sind. Hierbei ist eine entsprechende Begleitforschung notwendig.

## **11) Wie ist die Energieeffizienz von Biotreibstoffen?**

Sie benötigen pro km Fahrleistung weniger fossile Primärenergie als fossile Treibstoffe.

Die Energieeffizienz von Biotreibstoffen kann nur auf der Bewertung des „kumulierten Primärenergieaufwandes“ auf Basis einer Lebenszyklusanalyse ermittelt werden. Allfällige, in der Literatur und Diskussion auftauchenden Input/Output-Verhältnisse, entsprechen nicht mehr dem Stand des Wissens zur Beurteilung der Energieeffizienz. Der gesamte kumulierte Primärenergieaufwand muss auf den gefahrenen Kilometer bezogen werden, z.B. kWh pro PKW-km und muss die erneuerbaren und fossilen Anteile des Primärenergieaufwandes, d.h. wie viel davon ist erneuerbare Biomasse, ausgewiesen werden. Auch unter Berücksichtigung der Nutzung der Nebenprodukte kann auf Basis vorliegender Untersuchungen festgestellt werden, dass der fossile kumulierte Primärenergieaufwand mit Biotreibstoffen deutlich geringer ist als von Diesel und Benzin (Ausnahmen siehe Frage 2). Der gesamte kumulierte Primärenergieaufwand von Biotreibstoffen (also inkl. des erforderlichen Einsatzes von Biomasse) ist höher als bei Diesel und Benzin, da die Umwandlungs-Effizienz von Biomasse zu Biotreibstoffen geringer ist als von Rohöl zu Benzin und Diesel.

## **12) Ist Biomasse für Strom- und Wärme nicht kostengünstiger und nachhaltiger als für Biotreibstoffe?**

Ja, aber um Kohlenwasserstoffe (für Treibstoffe) herzustellen ist Biomasse die einzige Alternative.

Die Strom- und Wärmeerzeugung aus Biomasse ist schon lange Stand der Technik und trägt in Österreich (z.B. im Raumwärmesektor) wesentlich zum Einsatz erneuerbarer Energie bei. Da die Umwandlungseffizienz von Biomasse zu Strom und Wärme generell höher ist als bei der Umwandlung zu Biotreibstoffen und im Strom- und Wärmemarkt neben Erdöl und Erdgas auch Kohle ersetzt wird, sind höhere Einsparungen an CO<sub>2</sub>-Emissionen und fossiler Energie zu geringeren Kosten möglich. Daher wird in Zukunft vor allem bei der 2. Generation von Biotreibstoffen aus lignozellulosen Rohstoffen angestrebt, Wärme, Strom und Biotreibstoffe

gekoppelt zu produzieren („Polygeneration“), um die kostengünstigste und nachhaltigste Biomassenutzung zu erreichen.

### **13) Was kosten Biotreibstoffe?**

Mehr als die entsprechenden fossilen Treibstoffe.

Die betriebswirtschaftlichen Produktionskosten der Biotreibstoffe der 1. Generation – Biodiesel und Bioethanol aus Zucker und Stärke - in Europa sind höher als die Produktionskosten von Benzin und Diesel. Maßgeblich für die Produktionskosten der Biotreibstoffe sind die Kosten der Rohstoffe sowie die Erlöse aus den Nebenprodukten, vor allem Tierfutter. Es wird allgemein erwartet, dass die Produktionskosten der Biotreibstoffe der 2. Generation aufgrund der kostengünstigeren lignozellulösen Rohstoffe geringer sind als die der 1. Generation, jedoch nur nach erfolgreicher Technologieentwicklung und entsprechenden Erlösen aus den Nebenprodukten.

Bei den volkswirtschaftlichen Kosten wird angenommen, dass diese bei Biotreibstoffen aufgrund der höheren Nachhaltigkeit (z.B. weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen) und der Sicherung von Arbeitsplätzen geringer sind als von Benzin und Diesel (siehe auch Frage 14).

Die Entwicklung des letzten Jahres hat den Zusammenhang zwischen Erdölpreis und den Preisen der land- und forstwirtschaftlichen Rohstoffe deutlich gezeigt, wobei auf Grund der unterschiedlich großen Märkte die Erdölpreise die Entwicklung bestimmen. Experten halten einen Erdölpreis von 200 \$ pro Barrel für möglich; unklar ist aber die Entwicklung der Preise für land- und forstwirtschaftliche Rohstoffe. Man kann jedoch davon ausgehen, dass die EU-27 mittelfristig nicht mit Ländern mit günstigen Rahmenbedingungen (wie z.B. Länder in Südamerika, aber auch der Ukraine) konkurrieren kann. Für den Aufbau einer europäischen Biotreibstoffproduktion erscheint auch mittelfristig die Abgeltung der externen Vorteile unerlässlich.

### **14) Wie ist die volkswirtschaftliche Bilanz von Biotreibstoffen?**

Positiv.

Die volkswirtschaftlichen Effekte von Biotreibstoffen sind sehr unterschiedlich, neben der Vermeidung der Importe fossiler Energieträger und den damit verbundenen Devisenabfluss

sind die Sicherung von land- und forstwirtschaftlichen Arbeitsplätzen sowie die hohe inländische Wertschöpfung verbunden mit einer Verringerung der Umweltbelastungen von Interesse.

Die Frage nach der makroökonomischen Zweckmäßigkeit ist sowohl in den Kontext des Wettbewerbs um Rohstoffe als auch des Bedarfs der unterschiedlichen Energieträger zu stellen. Die Bewertung der Sicherung der Versorgung des extrem verletzlichen Transportsektors, der regionalen Entwicklung sowie des Beitrags zur Treibhausgasminde rung kann nicht alleine auf wissenschaftlicher Basis erfolgen sondern bedarf politischer Festlegungen.

Importe in die EU sowie der Handel von Biotreibstoffen (z.B. Bioethanol) bzw. deren Rohstoffen (z.B. Sojaöl) zwischen den Mitgliedsländern bestehen schon heute und werden auch zukünftig die Realität sein. Hiermit ist ein gewisser Devisenabfluss in Länder verbunden, die diese Rohstoffe erzeugen können, die jedoch andere sind als jene, die derzeit Devisenabflüsse für Erdöl- und Erdgas verursachen. Aufgrund der Komplexität der Thematik soll es für politische Festlegungen verstärkt Politikberatung durch Begleituntersuchungen geben.