
Ein Vergleich von Angebots- und Nachfrageszenarien für Biofuels in der Schweiz

Fabian Cortesi

März 2007

Technische Semesterarbeit

Betreut von Dr. Adrian Müller

Centre for Corporate Responsibility and Sustainability at the University of Zurich (CCRS)

Ein Vergleich von Angebots- und Nachfrageszenarien für Biofuels in der Schweiz

März 2007

Technische Semesterarbeit am Centre for Corporate Responsibility and Sustainability at the University of Zurich (CCRS)

Im Rahmen des Studiums am Departement der Umweltwissenschaften (D-UWIS) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ)

Autor:

Fabian Cortesi

Greithstrasse 27, 8640 Rapperswil-Jona

Telefon: 055 534 46 12

Mobile: 076 336 17 11

E-Mail: cortesi@politakt.ch

Betreuung:

Dr. Adrian Müller

Centre for Corporate Responsibility and Sustainability at the University of Zurich (CCRS)

Telefon: 044 634 40 62

E-Mail: adrian.mueller@ccrs.unizh.ch

Zusammenfassung

Obwohl der aktuelle Anteil der Biofuels am gesamtschweizerischen Treibstoffverbrauch lediglich rund ein Promille beträgt, werden zum zukünftigen Angebot und zur zukünftigen Nachfrage von Biofuels in der Schweiz zum Teil bereits relativ genaue Voraussagen kommuniziert. Diese Szenarien werden im Rahmen dieser Semesterarbeit verglichen.

Die Produktion von Bioethanol und Biodiesel ist in der Schweiz noch nicht etabliert. Anlagen zur Produktion werden lediglich vereinzelt betrieben, wobei bezüglich Bioethanol mehr Aktivitäten zu beobachten sind als dies bei Biodiesel der Fall ist. Biogas ist jedoch in der Schweiz, im Unterschied zum Ausland und zur inländischen Produktion von Bioethanol und Biodiesel, schon relativ weit verbreitet. Zurzeit gibt es noch keine oder kaum Importe von Biofuels aus dem Ausland. Zur Förderung der Biofuels hat das Parlament jüngst die Befreiung der Biotreibstoffe von der Mineralölsteuer beschlossen. Biomasse Schweiz und Gasmobil AG haben im Jahr 2003 zudem eine Rahmenvereinbarung über die Einspeisung von zu Erdgasqualität aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz getroffen.

Anhand einer Literatur- und Internetrecherche und dem Kontaktieren von 44 Akteuren und Schlüsselinstitutionen wurden 28 Szenarien zum zukünftigen Anteil von Biofuels in der Schweiz identifiziert. 16 der Szenarien beziehen sich auf das inländische Angebot von Biofuels und 12 Szenarien auf die Nachfrage nach Biofuels. 13 der Werte machen absolute und 15 relative Aussagen. 15 der 28 Szenarien machen eine Aussage über eine potentiell maximale Entwicklung, sechs über eine minimale und sieben über eine mittlere.

Zum Vergleich wurden die Szenarien in Peta Joule (PJ) umgerechnet und zum totalen Treibstoffverbrauch (Benzin und Diesel, ohne Flugbenzin) des Jahres 2003, welcher 222.968 PJ betrug und bis zum Jahr 2040 als konstant angenommen wurde, in Relation gesetzt. Es wurde somit für jede Schätzung eine Prozentzahl ermittelt. Szenarien, zu welchen ungenügende Angaben vorhanden waren, wurden vom Vergleich ausgeschlossen. Es konnten 23 der 28 Szenarien verglichen werden.

Es zeigte sich, dass die Entwicklung des inländischen Angebots an Biofuels hauptsächlich davon abhängig zu sein scheint, welche Biomasse in der Schweiz der Produktion von Biofuels zur Verfügung steht. Diese Menge Biomasse hängt wiederum von der Entwicklung der Technologien zur Produktion von Biofuels, der Konkurrenz um die begrenzte Biomasse und der Förderstrategie des Bundes ab. Die nationalen und internationalen Preise für Biofuels und Agrarprodukte spielen ebenso eine wichtige Rolle.

Bei der Entwicklung des Angebots wie auch der Nachfrage von Biofuels wird der Staat vermutlich eine wichtige Rolle spielen. Der Einführung einer CO₂-Steuer auf Treibstoffe wird eine grosse positive Auswirkung auf den Anteil Biofuels am Schweizer Treibstoffkonsum zugemessen, insbesondere zur Förderung der Biofuels in Konkurrenz mit den nach wie vor sehr konkurrenzstarken fossilen Treibstoffen.

Zudem sollte die Schweiz nicht isoliert betrachtet, sondern als Teil eines internationalen Marktes zur Nutzung und zur Produktion von Biofuels gesehen werden. Beim Vergleich der Szenarien konnte festgestellt werden, dass sich die Angebots- und die Nachfrageszenarien meistens bei weitem nicht decken. Der Import von Biofuels in die Schweiz wird vermutlich eine grosse Rolle spielen.

Trotz der grossen Anzahl an Faktoren sowie der internationalen Zusammenhänge, die Prognosen zur zukünftigen Entwicklung des Angebots und der Nachfrage von Biofuels in der Schweiz erschweren, kann vermutet werden, dass das Angebot von Biofuels in der Schweiz auf einen relativ kleinen Anteil des Treibstoffverbrauchs beschränkt bleiben wird und die Probleme der Abhängigkeit von den fossilen Treibstoffen und die damit verbunden hohen CO₂-Emissionen des Transportsektors mit Biofuels nicht gelöst werden können.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Einführung ins Thema.....	3
2.1	Typen und Technologien.....	3
2.1.1	Biofuels der ersten Generation.....	3
2.1.2	Biofuels der zweiten Generation.....	4
2.1.3	Beimischungsanteile.....	4
2.2	Stand der Biofuels in der Schweiz.....	4
2.2.1	Vereinbarung über Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz.....	5
2.2.2	Revision des Mineralölsteuergesetzes.....	6
2.2.3	Stiftung Klimarappen.....	7
2.2.4	Schweizer Studien.....	8
2.3	Blick ins Ausland.....	8
2.3.1	Absichtserklärungen.....	9
2.3.2	Globales Potential.....	9
2.3.3	Globale Entwicklung.....	9
3	Methodik.....	10
3.1	Informationsbeschaffung.....	10
3.2	Vergleich der Szenarien.....	11
4	Angebots- und Nachfrageszenarien.....	13
4.1	Ermittelte Daten.....	13
4.2	Vergleich der Szenarien.....	21
4.2.1	Biofuels allg.....	21
4.2.2	Bioethanol.....	24
4.2.3	Biodiesel.....	25
4.2.4	Biogas.....	26
5	Diskussion.....	29
5.1	Angebotsszenarien.....	29
5.2	Nachfrageszenarien.....	31
5.3	Vergleich der Angebots- und Nachfrageszenarien.....	32
6	Fazit.....	33
	Literaturverzeichnis.....	35
	Anhang A.....	38
	Anhang B.....	44
	Anhang C.....	45

1 Einleitung

Die Verwendung von Biomasse als Treibstoff in der Schweiz hat gemäss zahlreichen Akteuren ein grosses Potential. Dabei werden zum Teil bereits relativ genaue Voraussagen zum zukünftigen Angebot und zur zukünftigen Nachfrage kommuniziert. Beispielsweise möchte alcosuisse¹ bis 2025 10% des gesamtschweizerischen Benzinverbrauchs mit Bioethanol decken (BFE 2004, 163). In einer Kooperation von alcosuisse und Agrola ist zudem geplant, bis zum Ende des Jahres 2007 21 Ethanol Tankstellen zu eröffnen.² Andererseits beschreibt der Schweizer Bauernverband das Potential zur inländischen Produktion von Biofuels mittelfristig (bis 2015 – 2020) als auf 1% des Schweizer Treibstoffverbrauchs beschränkt.³ Das Bundesamt für Energie (BFE) schätzt in den Energieperspektiven 2035, dass zur Produktion von inländischem Bioethanol aus ökologischen und wirtschaftlichen Gründen höchstens die Überschussproduktion von Zuckerrüben und Kartoffeln in Frage komme (BFE 2007, 50). Das Potential für Biofuels aus organischen Abfällen wäre relativ gross, die dazu benötigten Technologien der „zweiten Generation“ sind jedoch nach wie vor in der Entwicklung und noch nicht marktreif.⁴ BFE (2007, 50) vermutet zudem, dass selbst „bei einem forcierten Ausbau“ die fossilen Treibstoffe „wahrscheinlich nur im einstelligen Prozentbereich“ ersetzt werden können.

Im Rahmen dieser Semesterarbeit werden diese und weitere Szenarien dargestellt und verglichen sowie wichtige Faktoren, welche den zukünftigen Anteil von Biofuels am Schweizer Treibstoffverbrauch beeinflussen, identifiziert und diskutiert. Es werden ausschliesslich Szenarien betrachtet, welche sich auf die

1 Alcosuisse, das Profitcenter der eidgenössischen Alkoholverwaltung, ist für die Versorgung der Schweiz mit Ethanol zuständig und liefert täglich ca. 100 Tonnen Ethanol. Ein Drittel des Schweizer Bedarfs wird bei Borregaard Schweiz AG produziert, die verbleibenden zwei Drittel werden auf dem Weltmarkt eingekauft (Alcosuisse, 2003).

2 Geplante Tankstellen von Agrola AG, abgerufen am 28.03.2007:
http://www.agrola.ch/contentexpress/_cexpdfs/default/Geplante%20E85%20Tankstellen.pdf

3 Telefongespräch vom 14.03.2007 mit Heinz Hänni, Fachexperte Energie, Umwelt & Transport des Schweizerischen Bauernverbands.

4 Siehe Abschnitt 2.1 zu den Typen und Technologien.

Schweiz beziehen (geografische Systemgrenze) und es werden die drei Treibstoffe Bioethanol, Biodiesel und Biogas berücksichtigt (thematische Systemgrenze).

Aufbau der Arbeit

Das zweite Kapitel dieses Berichts gibt dem Leser eine Einführung ins Thema Biofuels. Es werden die wichtigsten Technologien beschrieben, der Stand von Biofuels in der Schweiz dargestellt und das Thema mit einem Blick ins Ausland in den globalen Kontext gesetzt. Im dritten Kapitel werden die Methoden für die anschliessend im Kapitel vier dargestellten und verglichenen Szenarien für Biofuels in der Schweiz beschrieben. Die Ergebnisse werden im fünften Kapitel diskutiert und die Arbeit mit dem Fazit im sechsten Kapitel abgeschlossen.

2 Einführung ins Thema

In diesem Einführungskapitel werden die Biofuel-Typen und die Technologien zur Produktion von Biofuels kurz vorgestellt und ein Überblick über den Stand der Biofuels in der Schweiz und im Ausland gegeben.

2.1 Typen und Technologien

Biofuels sind direkt oder indirekt aus Biomasse⁵ hergestellte Treibstoffe (FAO 2004, 38). Der Verbraucher nimmt an der Zapfsäule grundsätzlich drei Kategorien von Biofuels wahr: Bioethanol, Biodiesel und Biogas. Diesen drei Treibstoffen können jedoch unterschiedliche Rohstoffe zugrunde liegen und sie können mit zahlreichen unterschiedlichen Herstellungsverfahren produziert werden.

2.1.1 Biofuels der ersten Generation

Zu den Biofuels der ersten Generation zählen Biotreibstoffe, die aus zucker- und stärkehaltiger Biomasse (Bioethanol), aus Ölen oder Fetten (Biodiesel) und durch die Vergärung von Biomasse zu Methan (Biogas) hergestellt werden.⁶ Zu den wichtigsten Rohstoffen, welche zur Produktion von Biofuels der ersten Generation verwendet werden, zählen

- Rohrzucker, Zuckerrübe, Getreide und Mais für Bioethanol;
- Palmöl, Raps, Soja und Altöl für Biodiesel; und
- Gülle und Grünabfälle für Biogas (Greenpeace 2007, 8).

Die erste Generation der Biofuels ist technologisch bereits weit fortgeschritten und es werden nur noch kleine Fortschritte erwartet (IEA, 2006).

5 FAO (2004, 39) definiert Biomasse dabei als „material of biological origin excluding material embedded in geological formations and transformed to fossil“.

6 Weiterführende Informationen zu Biofuels der ersten Generation sind in Greenpeace (2007, 2), IEA (2004) und WWI (2006) zu finden.

2.1.2 Biofuels der zweiten Generation

Das Potential von Biofuels der zweiten Generation wird sehr gross eingeschätzt, da diese die Biomassenbestandteile Zellulose und Lignin – welche den Hauptbestandteil der Biomasse ausmachen – der Treibstoffproduktion zugänglich machen. Dies führt zu einer massiven Steigerung der Effizienz und des Flächenertrags, einer Verbesserung der Treibhausgasbilanz und einer Vergrösserung der Palette der Biomassequellen, welche der Produktion von Biofuels offen stehen (IEA 2004). Dazu zählen insbesondere auch pflanzliche Abfälle, welche durch die Biofuels der ersten Generation nicht oder kaum genutzt werden können. Bei den Biofuels der zweiten Generation handelt es sich grundsätzlich um drei Ansätze um aus Biomasse Bioethanol, Biodiesel und/oder Biogas zu gewinnen; die Hydrolyse, die Vergasung und die Pyrolyse.⁷ Im Unterschied zur ersten Generation sind die Biofuels der zweiten Generation jedoch noch im Forschungsstadium, die Technologien sind noch zu ineffizient und zu teuer und es gibt noch kaum Nutzungen im kommerziellen Massstab.

2.1.3 Beimischungsanteile

Ethanol kann bis zu einem Anteil von 10% fossilem Benzin beigemischt werden. Bei höheren Konzentrationen müssen an den Fahrzeugen Modifikationen vorgenommen werden (IEA 2004, 12). Auch bei Biodiesel sind kleine Beimischungen (5%) zu konventionellem Diesel problemlos und ohne Anpassungen möglich. (Bio)gas hingegen verlangt eine Ausstattung der Fahrzeuge mit grundsätzlich anderen Motoren.⁸

2.2 *Stand der Biofuels in der Schweiz*

Während in der Schweiz die Technologien zur Nutzung von Biomasse zur Produktion von Wärme und Elektrizität grösstenteils schon vorhanden sind (wie beispielsweise Pelletheizungen zur Wärmenutzung), steckt die Herstellung und Nutzung von Biotreibstoffen noch in den Kinderschuhen (BFE 2004). Zurzeit

7 Siehe Greenpeace (2007, 7).

8 Biogas ist jedoch unbeschränkt mit Erdgas mischbar und ein Gasauto lässt sich folglich mit Biogas wie auch mit Erdgas betreiben.

gibt es keine statistischen Erhebungen dazu. Der Anteil der Biofuels am gesamtschweizerischen Treibstoffverbrauch wird aber wiederholt als marginal eingeschätzt.⁹ Die Produktion von Bioethanol und Biodiesel ist in der Schweiz noch nicht etabliert und eine rentable Produktion kann noch kaum erzielt werden. Anlagen zur Produktion werden lediglich vereinzelt betrieben, wobei bezüglich Bioethanol mehr Aktivitäten zu beobachten sind als dies bei Biodiesel der Fall ist. Biogas ist jedoch in der Schweiz, im Unterschied zum Ausland und zur inländischen Produktion von Bioethanol und Biodiesel, schon relativ weit verbreitet und kann bereits rentabel produziert und vertrieben werden (BFE 2004). Zurzeit gibt es noch keine oder kaum Importe von Biofuels aus dem Ausland.¹⁰

2.2.1 Vereinbarung über Einspeisung von Biogas ins Erdgasnetz

Biomasse Schweiz (als Vertreterin der schweizerischen Produzenten von Biogas) und die schweizerische Gaswirtschaft (vertreten durch die Gasmobil AG) trafen im Juni 2003 eine Rahmenvereinbarung über die Einspeisung von zu Erdgasqualität aufbereitetem Biogas ins Erdgasnetz (Gasmobil 2003). In dieser Vereinbarung verpflichtete sich Gasmobil eine Menge an Biogas von mindestens 10% des total in der Schweiz als Treibstoff abgesetzten Erdgases zu einem vereinbarten Richtpreis von 7.5 Rp./kWh zu übernehmen. „Dieser Vergütungsansatz gilt ab Inkrafttreten einer Steuerreduktion auf Gastreibstoffen von Biogas und Erdgas von mindestens 40 Rappen pro Liter Benzinäquivalent.“ (Erdgas 2003). Was soviel bedeutet, wie dass die Vereinbarung gilt sobald die Revision des Mineralölsteuergesetzes und somit diese Steuererleichterung in Kraft tritt (siehe Abschnitt 2.2.2).

Durch diese Rahmenvereinbarung streben die Vertragsparteien Einspeisung, Übernahme und Vermarktung von Biogas schweizerischer Herkunft an. Zudem soll eine klare Produkt-Deklaration erzielt werden:

9 Lukas Gutzwiller (Programmleiter Energiewirtschaftliche Grundlagen beim BFE) gibt in einem E-Mail vom 15.03.2007 die Auskunft, dass Biofuels „bis jetzt rund ein Promille“ des Treibstoffverbrauchs ausmachen.

BR (2006) beziffert die versteuerte Treibstoffmengen im Jahr 2004 wie folgt: 0 Liter Bioethanol, 2'300'000 Liter Biodiesel (pflanzliche oder tierische Öle und daraus gewonnene Methylester) und 700'000 Kilogramm Biogas. Diese Mengen entsprechen (nach der in Abschnitt 3.2 ausgeführten Berechnungsweise) 0%, 0.03% und 0.02% des schweizerischen Treibstoffverbrauchs.

10 Schriftliche Auskunft von Michael Kaufmann (BFE, Vizedirektor und Programmleiter EnergieSchweiz) per E-Mail vom 23.10.2006.

Aufbereitetes Biogas soll unabhängig vom Einspeiseort an einem beliebigen Punkt des schweizerischen Gasleitungsnetzes in vermischter oder reiner Form bezogen werden können (Erdgas 2003). Die Förderung von Erdgas und Biogas als Treibstoff soll insbesondere durch den Bau von Tankstellen geschehen. Mitte 2006 waren schweizweit 62 Tankstellen für Erdgas und Biogas in Betrieb und etwa 2'500 Erdgasautos unterwegs (AZ 2006).

2.2.2 Revision des Mineralölsteuergesetzes

Am 15.03.2007 wurde die Revision des Mineralölsteuergesetzes im Differenzbereinigungsverfahren im Schweizer Parlament verabschiedet. Mit der Revision des Mineralölsteuergesetzes möchte der Bund umweltschonende Treibstoffe fördern und dazu einen steuerlichen Anreiz schaffen: Treibstoffe aus erneuerbaren Rohstoffen wie Biogas, Bioethanol, Biodiesel und pflanzliche und tierische Öle, sollen ganz von der Mineralölsteuer befreit werden. Zudem soll die Besteuerung von Erd- und Flüssiggas, das als Treibstoff verwendet wird, um 40 Rappen pro Liter Benzinäquivalent gesenkt werden. Damit diese Massnahmen für den Bundeshaushalt ertragsneutral sind, werden die Mindereinnahmen durch eine höhere Besteuerung des Benzins kompensiert."

Für die Steuerbefreiung von Biofuels gelten die Auflagen, dass die Hersteller oder Importeure von Biofuels eine positive ökologische Gesamtbilanz nachweisen müssen und der Bundesrat ist durch das Gesetz dazu angehalten, bei der Zulassung von Biofuels darauf zu achten, „dass die Produktionsbedingungen sozialen Standards genügen“ (BZ 2007).

Die inländische Produktion von Bioethanol und Biodiesel ist heute noch kaum rentabel und als grosse Hindernisse für die rasche Ausbreitung von Biomasseanlagen werden zudem „die hohen Kosten der Wärmenetze und die zum Teil unattraktiven Einspeisetarife“ genannt (BFE 2004). Die Revision des Mineralölsteuergesetzes setzt genau an diesem Punkt an. Da aber die heute schon erheblich günstigeren Biofuels aus dem Ausland nochmals vergünstigt werden, ist fraglich, inwieweit sich diese Gesetzesrevision

11 EFD (2004) geht davon aus, dass die Steuer auf Benzin im Vergleich zum Jahr 2004 im Jahr 2007 um 1.8 und im Jahr 2010 um 6.4 Rappen pro Liter erhöht wird.

auf die inländische Produktion und inwieweit auf den Import aus dem Ausland auswirken wird. Bezüglich der Nachfrage wird durch die Revision des Mineralsteuergesetzes jedoch eine deutliche Verlagerung des Absatzes von Benzin und Dieselöl hin zu Flüssiggas (z.B. Butan, Propan), Erdgas, Biogas und Bioethanol erwartet (BR 2004).¹² Wann das revidierte Gesetz in Kraft tritt, ist noch nicht bestimmt.¹³

2.2.3 Stiftung Klimarappen

Die Stiftung Klimarappen möchte CHF 520 Mio. investieren um die Treibhausgasreduktionsziele im Inland zu erreichen (Klimarappen 2006a). Davon sollen CHF 193 Mio. für Projekte in den Bereichen Treibstoffe, Prozesswärme und Abwärmenutzung investiert werden. Es ist jedoch unklar, wie viele der Emissionsreduktionen im Bereich Treibstoffe stattfinden sollen.

Die Stiftung Klimarappen hat am 31.12.2006 beim Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) den Entwurf des definitiven Businessplans eingereicht. Den bereinigten definitiven Businessplan wird die Stiftung am 30.6. 2007 beim UVEK einreichen.

Im November 2006 konkretisierte die Stiftung Klimarappen in ihrem Newsletter bzw. in einer separaten Dokumentation, wie die Stiftung Biofuels fördern möchte (Klimarappen 2006b). Dabei wurde betont, dass es nicht entscheidend sei, ob Biofuels im Inland produziert oder aus dem Ausland importiert, sondern ob diese im Inland genutzt würden. Zudem würden für gasförmige Biofuels ausschliesslich Produktionsbetriebe und für flüssige Biofuels ausschliesslich Handelsbetriebe und Flotten berücksichtigt. Die fünfprozentige Beimischung von Bioethanol und Biodiesel zu Benzin resp. Diesel sowie die zehnprozentige Beimischung von Biogas zu Erdgas wird als Referenzszenario bezeichnet. Es werden folglich ausschliesslich Projekte unterstützt, welche grössere Beimischungsmengen erzielen. Angaben zu konkreten Projekten wurden jedoch keine gemacht.

12 Die Absatzszenarien aus BR (2006) wurden in Kapitel 4 berücksichtigt.

13 Bundesrat Hans-Rudolf Merz bekräftigte am 13.03.2007 in der sechsten Sitzung des Ständerates, dass „dieses Gesetz so schnell als möglich“ umgesetzt werden soll. Er betonte, dass von Monaten und nicht von Jahren gesprochen werde.

2.2.4 Schweizer Studien

In der Schweiz gibt es zum Thema Biofuels bis heute zwei grosse Studien. Die erste wurde im Jahr 2004 publiziert, die Schlussfassung der zweiten erscheint voraussichtlich Ende März 2007.

Die erste Studie des BFE mit dem Titel «Potentiale zur energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz» schätzt das Potential für die Nutzung von Biomasse in der Schweiz (BFE 2004). Dabei wurden die verschiedenen Typen von Biomasse auf ihr maximales Nutzungspotential untersucht und das Resultat der heutigen Nutzung gegenüber gestellt.¹⁴

In der zweiten Studie werden Ökobilanzen für in der Schweiz produzierte wie auch für importierte Biofuels erstellt und verglichen. Die Studie wird im Auftrag des BFE, des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) und Bundesamtes für Landwirtschaft (BLW) durchgeführt.¹⁵ Die Studie soll einen Beitrag zu einer nationalen Strategie zur Verwendung der Biomasse und insbesondere auch für Biofuels leisten. Zudem soll die Studie eine Grundlage schaffen, um zu entscheiden, welche Biofuels von der Mineralölsteuer befreit werden sollen.¹⁶

2.3 *Blick ins Ausland*

In anderen Ländern, wie beispielsweise in Brasilien, Deutschland oder Schweden, sind Biofuels bereits besser etabliert. In Brasilien wurden im Jahr 2005 16'500 Mio. Liter Bioethanol produziert und Bioethanol hat einen Anteil von etwa 30% am brasilianischen Treibstoffverbrauch (WWI 2005, IEA 2004). In Deutschland und in Schweden hatten Biofuels im Jahr 2005 einen Anteil von 3,8% und 2,2% am gesamten Treibstoffverbrauch bezogen auf den Energiegehalt und in der Europäischen Union (EU) erreichten Biofuels im selben Jahr einen Marktanteil von ca. 1% (EU 2007).

14 Diese Potentialabschätzungen werden im Kapitel 4 berücksichtigt.

15 Die Projektleitung obliegt der Firma ESU-services AG. Weiterführende Informationen: <http://www.esu-services.ch/bioenergy.htm>, abgerufen am 21.03.2007.

16 In Form von „Mindestanforderungen an den Nachweis einer positiven ökologischen Gesamtbilanz“ (BAFU 2006).

2.3.1 Absichtserklärungen

Die Administration von Brasilien plant die Anbaufläche für Zuckerrohr bis 2014 von 6 auf 9 Mio. Hektaren auszuweiten. Auf dieser zusätzlichen Anbaufläche von 3 Mio. Hektaren könnten zusätzlich ca. 8.5 Mio. Liter Bioethanol produziert werden. Diese Menge entspricht ca. 3.5% des EU-Verbrauchs an Benzin oder ca. 0.5% des globalen Benzinverbrauchs (Forum Umwelt & Entwicklung 2006, 9). Die EU hat das Ziel, den Biotreibstoffanteil bis 2010 auf 5.75% zu erhöhen und hat jüngst den Beschluss gefasst, bis 2020 einen Anteil von 10% anzustreben (EU 2007). Die USA wollen die Beimischung von Bioethanol in den nächsten zehn Jahren auf 20% ausbauen (Finanz und Wirtschaft 2007).

2.3.2 Globales Potential

Die Internationale Energie Agentur (IEA) schätzt, dass, sogar unter eher konservativen Annahmen, während dem Zeitfenster 2050 bis 2100 ein Drittel oder mehr des globalen Treibstoffverbrauchs durch Biofuels gedeckt werden könnte (IEA 2004, 18). Dabei wird jedoch betont, dass sich die meisten Studien, die zu diesem Ergebnis beitragen, eher auf technische als auf ökonomische Potentialabschätzungen stützen. WWI (2006) gibt an, dass in den USA während den nächsten 25 Jahren bis zu 37% des Benzinverbrauchs durch Biofuels ersetzt werden könnten. In der EU liege das Biofuel-Potential bei 20 bis 25% unter den Annahmen einer nachhaltigen Bodennutzung und einer gleichzeitigen Zunahme der Nutzung der Biomasse ausserhalb des Transportsektors.

Die Bodenbeanspruchung von Biofuels ist jedoch relativ gross: IEA (2004, 17) schätzt, dass um 5% des Treibstoffverbrauchs (Benzin und Diesel) in den USA und in der EU mit Biofuels zu decken, in den USA 21% und in der EU 20% der Landwirtschaftsfläche in Anspruch genommen würde.

2.3.3 Globale Entwicklung

Der heutige Anteil der Biofuels am globalen Treibstoffverbrauch ist nach wie vor klein und beträgt knapp 1% (IEA 2006). Im Jahr 2030 dürfte der Anteil von Biofuels nach Schätzung der IEA bei gleich bleibenden politischen Rahmenbedingungen bei 4% liegen. Werden erneuerbare Energien weltweit gefördert, liegt der Anteil vermutlich bei 7%.

3 Methodik

In diesem Kapitel werden die Informationsbeschaffung und die Methoden zum Vergleich der Szenarien vorgestellt.

3.1 Informationsbeschaffung

Als erster Schritt wurde ein Überblick über die generelle Situation von Biofuels in der Schweiz erarbeitet. Dieser erste Schritt baute u.a. auf einer vorhergegangenen Arbeit des gleichen Autors auf (Greenpeace 2007). Als zweiter Schritt wurden anhand einer Literatur- und Internetrecherche Szenarien für Biofuels in der Schweiz gesucht. In einem dritten Schritt wurden 44 Akteure und Schlüsselinstitutionen, welche im Zusammenhang mit Biofuels in der Schweiz stehen, per E-Mail und Telefon kontaktiert. Die Liste der angeschriebenen Personen ist im Anhang C zu finden. Diese Akteure stammen zu einem grossen Teil aus der Teilnehmerliste des Diskussionsforums für Biofuels vom 28.11.2006 und wurden durch die Internetrecherche ergänzt.¹⁷

Um ein Vergleich der Szenarien zu ermöglichen, wurden zu den einzelnen Szenarien folgende Informationen zusammengetragen:

- Die Institution, welche das Szenario kommunizierte;
- das Jahr der Prognose;
- der Treibstofftyp, auf welchen sich die Prognose bezieht (*Bioethanol*, *Biodiesel* und *Biogas*; wenn sich die Prognose auf Biofuels im Allgemeinen bezieht, wurden diese mit dem Begriff *Biofuels allg.* bezeichnet);
- Typ des Szenarios (*Angebot* durch die inländische Produktion von Biofuels; *Nachfrage* durch Schweizer TreibstoffkonsumentInnen);

¹⁷ Das «Diskussionsforum Ökobilanzen» wird drei Mal jährlich durchgeführt. Siehe auch www.lcainfo.ch/df, abgerufen am 20.03.2007.

- Format (ob die Angabe *absolut* oder *relativ*, in Prozent z.B. des schweizerischen Benzinverbrauchs, gemacht wurde);
- die Masseinheit; und
- ob es sich um ein maximal, minimal oder ein durchschnittliches Szenario handelt (min. / max. / mid.).

Zudem wurde zu den einzelnen Szenarien alle verfügbaren Informationen zu Annahmen und Berechnungsgrundlagen gesammelt.

3.2 Vergleich der Szenarien

Um die Szenarien zu vergleichen, wurden als erster Schritt die Schätzungen, zu welchen ungenügende Informationen über die Annahmen vorhanden sind oder deren Masseinheit keinen oder nur einen sehr schlechten Vergleich zulassen, vom Vergleich ausgeschlossen. In einem zweiten Schritt wurden die Werte der Szenarien, welche eine absolute Mengenangabe machen, in Peta Joule (PJ) umgerechnet und in einem dritten Schritt wurden diese Werte zum totalen Jahresverbrauch an Treibstoffen in Relation gesetzt und somit für jede Schätzung eine Prozentzahl ermittelt. Bei den Szenarien deren Werte bereits in der Form einer Prozentzahl des Treibstoffverbrauches vorlagen, wurden diese Werte verwendet.

Bei den Szenarien, welche bereits und ausschliesslich in Form einer Prozentangabe vorlagen, waren die Informationen bezüglich dem zur Bestimmung der Prozentzahlen verwendeten Referenzszenario ungenügend. Beim Vergleich der Szenarien wurde angenommen, dass sich die Referenzszenarien der unterschiedlichen Quellen in etwa decken. Diese Ungenauigkeit muss bei der Interpretation der quantitativen Ergebnisse berücksichtigt werden. Da es sich bei den Prozentzahlen zu den Angebots- und Nachfrageszenarien jedoch um Schätzungen handelt, und es darum geht, diese Schätzungen qualitativ zu vergleichen, kann diese Vereinfachung für die Beantwortung der Fragestellungen in dieser Arbeit als adäquat bezeichnet werden.

Als Referenzszenario für die Entwicklung der Treibstoffe (ohne Flugbenzin) in der Schweiz, wurde die Annahme aus BFE (2004, 162) übernommen, dass der Schweizer Treibstoffverbrauch, gesamthaft betrachtet, auf dem Niveau des Jahres 2003 konstant bleibt. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Treibstoffan-

teile von 1950 bis 2004 in der Schweiz. Dabei fällt auf, dass die konsumierten Mengen an Benzin und Diesel in den letzten Jahren relativ konstant blieben, was die obige Annahme stützt.

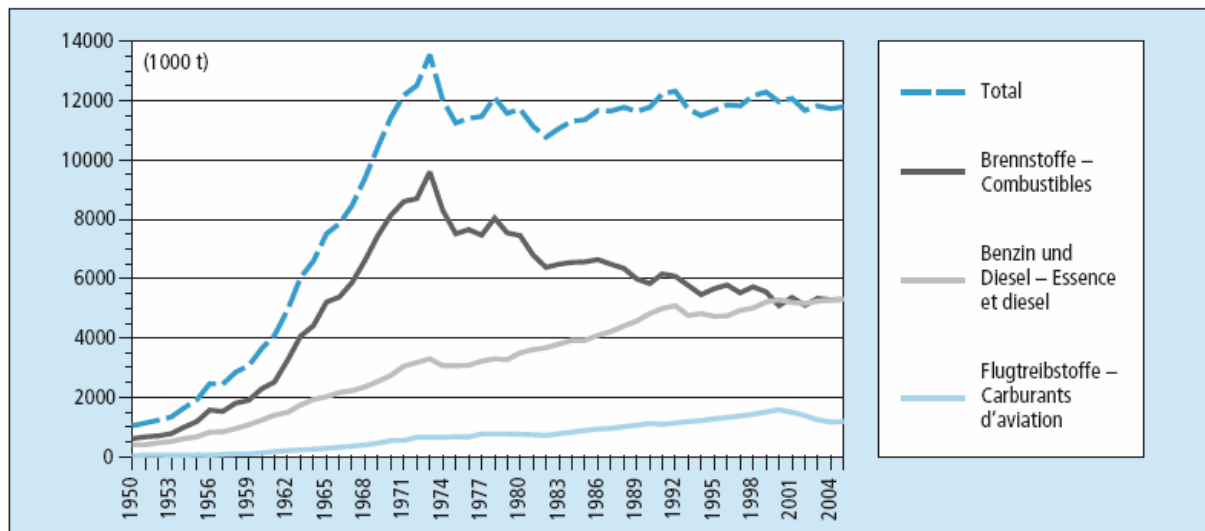


Abbildung 1: Entwicklung des Endverbrauchs der Erdölprodukte, BFE (2006, 35)

Im Jahr 2003 wurden in der Schweiz 3'776'000 Tonnen Benzin und 1'460'000 Tonnen Diesel verbraucht (BFE 2006, 32). Bezogen auf den Energiegehalt entsprechen diese Mengen einem jährlichen Totalenergieverbrauch von 222.968 PJ.¹⁸

Für die Umrechnung der Werte wurden die folgenden Faktoren verwendet:¹⁹ Die Energiedichte (bei 20° C) von Bioethanol beträgt 21.7 MJ/l, von Biodiesel 32.7 MJ/l und von Biogas 36 MJ/m³ und die Dichten der drei Biofuel-Typen betragen 0.79 kg/l, 0.88 kg/l und 0.72 kg/m³ (FNR 2006).²⁰ Für die Umrechnung der fossilen Energieträger wurden folgende Energiedichten verwendet: Benzin: 32.5 MJ/l; Diesel: 35.9 MJ/l (FNR 2006).

18 Der Heizwert von Benzin beträgt nach BFE (2006, 60) 42.5 MJ/kg und der von Diesel 42.8 MJ/kg.

19 Ausser bei der jeweiligen Prognose wird angegeben, dass bei einer vorhergegangenen Umrechnung ein anderer Faktor verwendet wurde und es Sinn macht, diesen Faktor zur Umrechnung zu verwenden. Dies ist bei ID 1 und 2 der Fall, wie im Abschnitt 0 beschrieben.

20 Die Dichte und der Energiegehalt für Biogas beziehen sich auf Reingas (Methan), eine Temperatur von 0° C und einen Druck von 1013 mbar.

4 Angebots- und Nachfrageszenarien

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Szenarien zuerst einzeln beschrieben und dann im Vergleich zueinander dargestellt. Die Ergebnisse dieser Vergleiche werden im nachfolgenden Kapitel 5 diskutiert.

4.1 *Ermittelte Daten*

Insgesamt konnten 28 Angaben zu Prognosen und Szenarien für Biofuels in der Schweiz gefunden werden. Die Ergebnisse werden in der Tabelle 1 dargestellt. Die Angaben stammen aus total neun verschiedenen Quellen.²¹ 16 der Szenarien beziehen sich auf das inländische Angebot von Biofuels (Potential der Produktion aus inländischer Biomasse) und 12 Szenarien auf die Nachfrage nach Biofuels in der Schweiz. 13 der Werte machen absolute und 15 relative Aussagen (prozentualer Anteil am Treibstoffverbrauch) zur Entwicklung der Biofuels in der Schweiz. Vier der relativen Werte beziehen sich direkt auf einen der absoluten Werte. 15 der 27 Szenarien machen eine Aussage über eine potentiell maximale Entwicklung, sechs über eine minimale und sieben über eine mittlere. Vier Maximalszenarien wurden gepaart mit vier entsprechenden Minimalszenarien gefunden.

Die Verteilung der Szenarien und der Anteilsschätzungen²² auf die drei Treibstofftypen Bioethanol, Biodiesel und Biogas zeigt sich folgendermassen: Zu Biogas wurden sechs, zu Bioethanol fünf und zu Biodiesel drei Szenarien identifiziert. Die Szenarien für Biogas bestehen total aus neun, für Bioethanol aus acht und für Biodiesel aus vier Anteilsschätzungen.²³ Für Biofuels allg. wurden acht Szenarien bestehend aus 15 Anteilsschätzungen gefunden.

21 Von den angeschriebenen Personen haben 25 geantwortet. In fünf Mails wurde auf BFE (2004) verwiesen. Von vier Personen fanden die gemachten Angaben oder Daten aus den angegebenen Studien Eingang in die Szenarien in Kapitel 4. Die Verweise auf BFE (2004) wurden dabei nicht mitgezählt.

22 Mit dem Begriff „Anteilsschätzung“ ist eine Zahl eines Szenarios für einen Jahresanteil gemeint. ID 1 besteht daher beispielsweise aus zwei Anteilsschätzungen.

23 Dieser Unterschied widerspiegelt die aktuelle Situation in der Schweiz: Im Zusammenhang mit Biodiesel sind im Vergleich zu Bioethanol und Biogas weniger Aktivitäten zu beobachten, wie im Abschnitt 2.2 beschrieben.

Die Ergebnisse werden im Folgenden detailliert beschrieben. Die vollständige Informationssammlung befindet sich im Anhang A.

Tabelle 1: Resultat der Recherche nach Angebots- und Nachfrageszenarien für die Entwicklung von Biofuels in der Schweiz. Die Grauwerte zu den Spalten „Typ“ und „Min./Max./Mid.“ differenzieren die Angaben grafisch. Die hellen Felder in der Spalte „Typ“ zeigen die Szenarien zum Angebot, die dunkeln zur Nachfrage. In der Spalte „Min./Max./Mid.“ zeigen die hellen Felder die Minimalszenarien (Min.), die mittelgrauen Felder die Mittelszenarien (Mid.) und die dunkeln Felder die Maximalszenarien (Max.).

ID	Bezeichnung der ID	Institution	Jahr d. Prognose	Treibstoff	Typ	Format	Masseinheit	Min./Max./Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Quelle
1	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential absolut	Bundesamt für Energie (BFE)	2004	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Liter Benzinäquivalente	Min.				49'000'000			72'000'000	BFE (2004, 161-162)
2	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential %	BFE	2004	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Min.				1.1			1.7	BFE (2004, 161-162)
3	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential absolut	BFE	2004	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Liter Benzinäquivalente	Max.				161'000'000			212'000'000	BFE (2004, 161-162)
4	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential %	BFE	2004	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.				3.6			5.1	BFE (2004, 161-162)
5	BFE2004 Bioethanol Alcosuisse absolut	BFE	2004	Bioethanol	Nachfrage	Absolute Menge	Liter Bioethanol	Mid.	243'000'000			451'000'000			418'000'000	BFE (2004, 162-163)
6	BFE2004 Bioethanol Alcosuisse %	BFE	2004	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Mid.	5			10			10	BFE (2004, 162-163)
7	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Min.				2.8			5.7	BFE (2004, 73-83)
8	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Max.				5.7			8.5	BFE (2004, 73-83)
9	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential org. Abfällen	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Min.				33			39	BFE (2004, 73-83)
10	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential org. Abfällen	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Max.				42			50	BFE (2004, 73-83)
11	Energiepersp. Biofuels allg. Min.	BFE	2007	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	Petajoule	Min.			0			1		BFE (2007)
12	Energiepersp. Biofuels allg. Max.	BFE	2007	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	Petajoule	Max.			7			12		BFE (2007)
13	EFD Biogas Mid.	Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD)	2006	Biogas	Nachfrage	Absolute Menge	Kilogramm Biogas	Mid.	6'000'000							EFD (2006)
14	EFD Bioethanol Mid.	EFD	2006	Bioethanol	Nachfrage	Absolute Menge	Liter Bioethanol	Mid.	200'000'000							EFD (2006)
15	EFD Biodiesel Mid.	EFD	2006	Biodiesel	Nachfrage	Absolute Menge	Liter Bioethanol	Mid.	70'000'000							EFD (2006)
16	BiomassEnergie Biofuels allg. Max. absolut	BiomassEnergie	2006	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Liter Benzinäquivalente	Max.			470'000'000					Energie Schweiz (2006)
17	BiomassEnergie Biofuels allg. Max. %	BiomassEnergie	2006	Biofuels allg.	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.			8					Energie Schweiz (2006)
18	KaufmannMail Bioethanol Nachfrage Max.	BFE	2006	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	5					20		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
19	KaufmannMail Biodiesel Nachfrage Max.	BFE	2006	Biodiesel	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	5					20		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
20	KaufmannMail Biogas Nachfrage Max.	BFE	2006	Biogas	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	10					30		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
21	KaufmannMail Biofuels allg. Nachfrage Mid.	BFE	2006	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Mid.	5							Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
22	KaufmannMail Bioethanol Angebot Max.	BFE	2006	Bioethanol	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						5		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
23	KaufmannMail Biodiesel Angebot Max.	BFE	2006	Biodiesel	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						5		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
24	KaufmannMail Biogas Angebot Max.	BFE	2006	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						10		Michael Kaufmann, per E-Mail (23.10.2006)
25	Bauernverband Biofuels allg. Mid.	Schweizerischer Bauernverband	2007	Biofuels allg.	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Mid.			1					Heinz Häni, per Telefon (14.03.2007)
26	BiomassEnergie Biogas Max.	BiomassEnergie	2002	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Fahrzeugkilometer/Jahr	Max.	1'000'000'000							BiomassEnergie (2002, 2)
27	KaufmannTag Bioethanol Nachfrage Max.	BFE	2006	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.			6					Michael Kaufmann in TA (2006)
28	Gasmobil Biogas Angebot Min.	Gasmobil AG	2007	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Kilogramm	Min.	3'000'000							Ralph Tschopp, per E-Mail (27.03.2007)

ID 1 – 10: BFE-Studie zum Biomassepotential

Die erste umfassende Abschätzung zum Potential von Biofuels wurde im Jahr 2004 von Prognos im Auftrag des BFE verfasst (BFE 2004). Dabei wurde das ökonomische Potential²⁴ von Biogas als Treibstoff abgeschätzt (ID 1 – 4 in Tabelle 1), das Nachfrageszenario von alcosuisse durchgerechnet (ID 5) und das Potential für Biofuels aus nachwachsenden Rohstoffen (ID 7 und 8) und aus organischen Abfällen (ID 9 und 10) berechnet. Die Prognosen beziehen sich alle auf die Jahre 2025 und 2040.

Zur Berechnung der Biogasnachfrage (ID 1 – 4) wurden die Annahme getroffen, dass sich das geeignete Biomassesortiment aus Hofdüngern und biogenen Abfällen aus Haushalten, Gastronomie und Lebensmittelproduktion zusammensetzt, welches in landwirtschaftlichen und industriellen Co-Vergärungsanlagen genutzt wird. Grüngut aus Wiesland, Verkehrs- und Naturschutzflächen und die Nutzung von Abwasserreinigungsanlagen (ARA) wurden vernachlässigt. Bei der Untersuchung des ökonomischen Potentials von Biogas im Rahmen der Studie BFE (2004) handelt es sich um eine „grobe Abschätzung“, „ohne auf die verschiedenen Realisierungsvarianten und deren Wirtschaftlichkeit im Detail einzugehen“ (BFE 2004, 151). So wird davon ausgegangen, dass „die gesamte sich für die Nutzung in Biogasanlagen eignende Biomasse für die Aufbereitung zu Treibstoff verwendet wird“. Es wird vereinfachend angenommen, dass sich im besten Fall max. 50% (optimistisches Szenario ID 3 und 4) und min. 25% (konservative Szenarien ID 1 und 2) des Biogases zur Herstellung von Treibstoff eignet (BFE 2004, 161). Weiter wurde angenommen, dass der energetische Wirkungsgrad für die Produktion 50% beträgt und das Biogas auf Erdgasqualität aufbereitet und anschliessend ins Erdgasnetz eingespeist wird. Zudem gilt die Annahme, dass die Produktionskosten während des gesamten Betrachtungszeitraums (2010

24 Beim ökonomischen Potential handelt es sich um ein "wirtschaftlich sinnvolles Biomassenutzungspotential", welches Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit der Biomassenutzung mit einschliesst. „Es wird geschätzt, dass das wirtschaftlich sinnvolle nutzbare Biomassepotential max. 80% des ökologischen Biomassepotenzials beträgt.“ (BFE 2004, 44)
Das ökologische Potential ist als die Biomasse definiert, welche „aus land- und forstwirtschaftlicher Produktion inkl. Nebenprodukten ökologisch nachhaltig und energetisch mit einem plausiblen Aufwand-/ Ertragsverhältnis gewonnen werden kann“ (BFE 2004, 43). Das ökologische Potential entspricht einer Teilnutzung des theoretischen Biomassepotentials (= gewachsene Biomasse auf kulturfähiger Landfläche und in der Volkswirtschaft anfallende Stoffe aus der Sekundärproduktion (BFE 2004, 43)) und kann in Prozent des theoretischen Potentials angegeben werden.

bis 2040) etwa 15% unter dem Marktpreis für herkömmliches Benzin liegen. Zudem wird vorausgesetzt, dass Biogas als Treibstoff von der Treibstoffsteuer befreit ist (BFE 2004, 161).

In der Vision von alcosuisse (ID 5 & 6) wird angenommen, dass ab 2010 5% und ab 2025 10% Bioethanol dem Benzin zugemischt und in dieser Form verkauft wird. Nach dieser Vision soll bis im Jahr 2010 eine neue Produktionsanlage gebaut werden, mit welcher rund 120 Mio. Liter Bioethanol hergestellt werden könnten (BFE 2004, 163). Es wird davon ausgegangen, dass, um ein flächendeckendes Angebot zu ermöglichen, 2010 121,5, 2025 225,4 und 2040 209,1 Mio. Liter Bioethanol importiert werden müssen.²⁵ Zur Berechnung wurde angenommen, dass der totale Schweizer Treibstoffverbrauch konstant bleibt, der Anteil benzinbetriebener Fahrzeuge jedoch zu und der Anteil dieseltreibender abnimmt. Bezogen auf den Treibstoffverbrauch wurde eine jährliche Reduktionsrate des Benzinkonsums von 0,5% angenommen.²⁶ Die Mischung von Bioethanol und Benzin soll herkömmliches Benzin ab 2025 vollumfänglich ersetzen.

Bei ID 7 handelt es sich um eine konservative und bei ID 8 um eine optimistische Schätzung des ökologischen Potentials der total zur Verfügung stehenden Biomasse zur Gewinnung von Biofuels aus nachwachsenden Rohstoffen in der Landwirtschaft (Ackerkulturen, Kunstwiesen, Energiepflanzen). Für die konservative Schätzung für das Jahr 2025 wird angenommen, dass aufgrund des weltweiten Klimawandels die Sicherheit der Nahrungsmittelproduktion wieder ein wichtigeres Thema wird. Es wird eine Tendenz in Richtung Extensivierung und eine Verschiebung der Produktion zugunsten der Tierhaltung angenommen. Bei der optimistischen Schätzung wird für das Jahr 2025 angenommen, dass sich bis zu diesem Zeitpunkt ein wirtschaftlicher Absatzmarkt für Energiepflanzen entwickelt. Bei der konservativen Schätzung wird für das ökologische Potential von einer Nutzung des theoretischen Potentials von 5% und beim der optimistischen Schätzung von 10% ausgegangen. Für das Jahr 2040 wird angenommen,

25 Pierre Schaller, Direktor von alcosuisse, hat in einem E-Mail vom 16.11.2006 angegeben, dass sich die Vision von alcosuisse nicht auf erhobenen Daten abstütze. Es wurden jedoch Vergleiche mit anderen Ländern (insb. mit Schweden) herangezogen. Zudem gab er an, dass die Schweizer Politik die nötigen Rahmenbedingungen zum Erreichen dieser Anteile schaffe.

26 Da sich die Beimischmengen des Ethanol auf den Benzinabsatz beziehen und letzterer jährlich um 0,5% abnimmt, nimmt folglich auch die absolute Menge Bioethanol ab dem Jahr 2025, bis zu welchem der Anteil von Bioethanol am Benzinverbrauch auf 10% gestiegen ist, korrelierend zum abnehmenden Benzinverbrauch ab.

dass die Ackerfläche im Vergleich zu 2025 konstant bleibt. Beim konservativen Szenario wird geschätzt, dass sich der Anteil an Energiepflanzen auf 10% der offenen Ackerfläche erhöht (45'000 ha). Das optimistische Szenario geht von einer Nutzung des theoretischen Potentials von 15% aus.

Bei ID 9 handelt es sich um eine konservative und bei ID 10 um eine optimistische Schätzung des ökologischen Potentials der total zur Verfügung stehenden Biomasse zur Gewinnung von Biofuels aus organischen Abfällen (Ernterückstände, Gülle, Mist und Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Haushalten; ohne Altholz und Restholz). Es wird angenommen, dass der Tierbestand bis 2010 um 8% zunimmt und bis 2025 bis auf den Stand vom Jahr 2003 abnimmt. Für das Jahr 2025 wird angenommen, dass die energetische Nutzung zunehmen wird und vermehrt in Kombination mit einer stofflichen Nutzung eingesetzt wird. Es wird zudem angenommen, dass der Biomasseanfall in der Lebensmittelindustrie aufgrund einer konstanten Bevölkerungszahl in etwa konstant bleibt. Bis zum Jahr 2040 wird das Potential als konstant angenommen. Zudem wird angenommen, dass der Transportaufwand für die Sammlung von Gülle und Mist aufgrund eines Trends hin zu Extensivierung der Tierhaltung grösser wird. Das theoretische Potential der Abfälle wird als konstant angenommen.

ID 11 & 12: Energieperspektiven 2035

In den im Frühling 2007 publizierten Energieperspektiven des BFE wurden vier Szenarien für die Entwicklung der Schweizer Energieversorgung für die Jahre 2020 und 2035 modelliert (BFE 2007). Für jedes Szenario wurde auch ein Wert zum Anteil von Biofuels am Schweizer Treibstoffverbrauch (Anteil an der Endenergienachfrage) angegeben. In dieser Arbeit werden das Minimal- und das Maximalszenario berücksichtigt (ID 11 und 12). Das Minimalszenario entspricht dem "Szenario I - Weiter wie bisher". Dieses Szenario ist massnahmenorientiert, es wird die Wirkung beschlossener und in Kraft gesetzter Instrumente dargestellt. Energetische Zulassungsvorschriften und Zielvereinbarungen gemäss Energiegesetz des Bundes werden weitergeführt und (verzögert) den technischen Fortschritten angepasst. Das Maximalszenario entspricht dem "Szenario IV - 2000-Watt-Gesellschaft". In diesem Szenario wird ein energiepolitischer Paradigmenwechsel erwartet, welcher die Marktdurchdringung neuer Technologien und Strukturänderungen mit einschliesst. Als zentrales Instrument wird die Einführung einer Lenkungsabgabe erwähnt.

ID 13 – 15: Erläuternder Bericht zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes

ID 13 bis 15 enthalten im «Erläuternden Bericht zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes» gemachte Nachfrageprognosen zur Entwicklung der Anteile von Bioethanol, Biodiesel und Biogas für das Jahr 2010 durch die Steuerbefreiung von Biofuels (EFD 2004). Die Prognose für Biogas (ID 13) geht von Zahlen für Erdgas und einer Beimischung von 10% im Jahr 2010 aus. Die für die Bioethanolprognose (ID 14) verwendeten Zahlen entsprechen dem etha+ Projekt der alcosuisse: „Für 2007 wird der Anteil des „Benzin5“ (Benzin mit maximal 5 % Ethanol) auf 30 %, für 2010 auf 100 % des gesamten Benzinabsatzes geschätzt. Die Beimischung von 5 % Ethanol auf den gesamten Benzinabsatz ist eher optimistisch. Generell kann von einer Beimischungsbandbreite von 2-5 % ausgegangen werden. Das benötigte Ethanol soll zu einem Drittel in der Schweiz produziert und zu zwei Dritteln aus dem Ausland importiert werden. Gemäss Projekt etha+ sollen zusätzlich zu der bereits bestehenden Anlage im Jahr 2007 und dann 2009/2010 nochmals je eine Anlage in Betrieb genommen werden.“ (EFD 2004, 4) Die Prognose für Biodiesel (ID 15) geht von einer Beimischung von 2 % Biodiesel zu Dieselöl für das Jahr 2010 aus. Weiter heisst es in EFD (2004, 4): „Es ist grundsätzlich mit einer Beimischung von max. 5 % zu rechnen. Die Flächendeckung ist jedoch nicht abschätzbar, da das Angebot im europäischen Raum nicht genügend bekannt ist. Die Anbauflächen von Raps sowie die Verarbeitungskapazitäten zur Herstellung von Methylester könnten ausgedehnt werden. Trotz der Steuerbefreiung wirkt sich die Wertschöpfung am Markt im heutigen Preisumfeld limitierend auf die Methylesterherstellung aus. Durch die EU-Osterweiterung wird das Angebot in Europa voraussichtlich stark zunehmen. Gleichzeitig wird auch die Nachfrage zunehmen, so dass offen ist, wie viel Ware tatsächlich auf den Schweizer Markt gelangen wird.“

ID 16 & 17: BiomassEnergie: Vision Bioenergie 2020

Die von BiomassEnergie erstellte Vision Bioenergie 2020 zeigt ein maximales Angebotspotential für Biofuels im Jahr 2020 bei einer maximalen Ausnützung der Biomassenpotentiale (ID 16 und 17). Es wurde angenommen, dass kostendeckende Einspeisetarife für Strom aus Biomasse gesichert, Biofuels steuerbefreit und die raumplanerischen Einschränkung zur Nutzung der Landwirtschaftszonen gelockert werden (EnergieSchweiz 2006; BiomassEnergie 2006). Zudem sollen Pilot- und Demonstrationsanlagen gefördert, Budgets für die Energieforschung erhöht und Darlehen für innovative Unternehmen gesprochen werden. Ausserdem soll die Energieproduktion aus einheimischer Biomasse im Allgemeinen eine natio-

nale Zielsetzung sein. Die Annahmen wurden grösstenteils aus BFE (2004) übernommen. Ausser bei der Landwirtschaft wurden optimistischere Annahmen getroffen: Es wird vorausgesetzt, dass das landwirtschaftliche Biomassepotential (Hofdünger, Anbaubiomasse) vollständig genutzt wird und es werden heute vorhandene Tierbestände und eine Fruchtfolge mit maximalem Anteil für die Energieproduktion angenommen.²⁷ Zudem sollen organische Abfälle, die heute in KVA landen, vollständig zur Produktion von Bioenergie genutzt werden. Zur Berechnung des Potentials wurde die räumliche Anlageentwicklung mit einem Geografischen Informationssystem (GIS) modelliert.

ID 18 – 24: Michael Kaufmann BFE

ID 18 bis 24 zeigen Prognosen für die Jahre 2010 und 2035, die von Michael Kaufmann (Programmleiter EnergieSchweiz und Vizedirektor des BFE) am 23.10.2006 per E-Mail mitgeteilt wurden. Michael Kaufmann hat im E-Mail angegeben, dass diese Zahlen auf der Biomassenpotentialstudie BFE (2004) und auf Modellrechnungen im Rahmen der Energieperspektiven 2035 basieren. Die Zahlen für das Jahr 2010 wurden von Michael Kaufmann dabei nicht explizit auf dieses Jahr, sondern als "innert einiger Jahre" beschrieben.

ID 25: Schweizer Bauernverband

ID 25 zeigt eine Angebotsprognose, welche von Heinz Hänni, Fachexperte Energie, Umwelt & Transport des Schweizerischen Bauernverbands während eines Telefongesprächs am 14.03.2007 mitgeteilt wurde. Es handelt sich dabei um eine Schätzung des mittelfristigen (bis zum Jahr 2015/2020) inländischen Angebots an Biofuels. Der Wert bezieht sich dabei ausschliesslich auf Biofuels der ersten Generation und basiert auf eigenen Berechnungen des Bauernverbandes zum Potential nach Schätzungen zu den Erträ-

27 Für die verschiedenen Biomasse-Quellen wurden Annahmen getroffen, welche durchschnittlichen Anteile der totalen Erntemenge maximal zur Energieproduktion verwendet werden. Dabei wurde von der Nutzung folgender Ernteanteile der Kulturen für die Energieproduktion ausgegangen: Kunstwiese 50%, schnellwachsende Hölzer 100%, Mais 50%, Kartoffeln 30%, Zuckerrüben 80%, Raps 80% und Getreide 20% (Auskunft von Roger Walther (Ernst Basler + Partner AG), per E-Mail vom 23.03.2007). Entsprechend den Flächennutzungsanteilen wird demnach von der Annahme ausgegangen, dass die Kulturen im Mittel zu 47% zur Energieproduktion genutzt werden (eigene Berechnung).

gen der relevanten Kulturen und den Preisverhältnissen. Die weitere Entwicklung sei von verschiedenen Faktoren (Erdölpreis, Preise für Ackerbaupolitik und Welthandel, EU-Handelsabkommen, Entwicklung der Biofuel-Technologien und die bewusste politische Förderung) abhängig.

ID 26: BiomassEnergie Biogas

ID 26 zeigt eine Angebotsprognose für Biogas, wenn in der Schweiz alle organischen Abfälle (ca. 1 Mio. Tonnen/Jahr) vergärt und das Biogas als Treibstoff eingesetzt würde (BiomassEnergie 2002, 2). Es wurde kein Bezug zu einer Jahreszahl hergestellt und aufgrund des Zahlenformats musste diese Prognose vom Szenarienvergleich ausgeschlossen werden.

ID 27: Kaufmann Bioethanol

In einem Statement im Tages-Anzeiger vom 08.12.2006 machte Michael Kaufmann eine Schätzung zur maximalen Nachfrage nach Bioethanol im Jahr 2020 (TA 2006).

ID 28: Gasmobil Biogas

ID 28 zeigt eine Schätzung für das minimale Angebot von Biogas im Jahr 2010, welche von Ralph Tschopp der Gasmobil AG in einem E-Mail vom 27.03.2007 mitgeteilt wurde. Im diesem E-Mail heisst es, dass die Erdgasindustrie bis zum Jahr 2010 von „einem Anwachsen der Erdgasfahrzeugpopulation auf ca. 30'000 Einheiten“ ausgeht. Diese Fahrzeuge konsumierten ca. 30'000'000 Kilogramm Methantreibstoff (Biogas und Erdgas) pro Jahr. Von dieser Menge Gastreibstoff „werden (unter Voraussetzung die Biogasindustrie kann die Nachfrage befriedigen) immer mindestens 10% Biogase sein (aktuell 26,5%)“, was einer Menge von mindestens 3'000'000 Kilogramm Biogas entspricht.²⁸

²⁸ Siehe Abschnitt 2.2.1 zur Vereinbarung zwischen der Gasmobil AG und Biomasse Schweiz.

4.2 Vergleich der Szenarien

Total konnten 23 der 28 Szenarien verglichen werden. Wie bereits erwähnt, wurde ID 26 vom Vergleich ausgeschlossen, da das Zahlenformat keinen Vergleich zulies. Zu den vier Szenarien ID 2, 4, 6 und 17 wurden nur die zugehörigen absoluten Szenarien (ID 1, 3, 5 und 16) verwendet. Die Umrechnungen sind vollständig im Anhang B dargestellt. Bei allen Umrechnungen – bis auf ID 1 und 2 – wurden die im Abschnitt 3.2 aufgeführten Faktoren verwendet. Bei ID 1 und 2 wurden die in BFE (2004, 161) angegebenen Energiewerte verwendet.²⁹

Alle umgerechneten Szenarien beziehen sich nach der Umrechnung auf den Treibstoffverbrauch im Jahr 2003 von 222.968 PJ, der als konstant angenommen wird (siehe Abschnitt 3.2). Diese Prozentzahlen sind demnach immer Prozente dieses Referenzszenarios. Für die umgerechneten Szenarien wird die ID X neu mit X.1 bezeichnet.

Im Folgenden werden die Szenarien für Biofuels allg., für Bioethanol, für Biodiesel und für Biogas einzeln verglichen. Dabei sind in den Grafiken ab zwei Werten pro Szenario zur Erleichterung der Lesbarkeit Geraden durch diese Punkte eingezeichnet, welche bei der Interpolation helfen soll (Interpolationsgerade).

4.2.1 Biofuels allg.

In Tabelle 2 werden die Szenarien zu Biofuels allg. aufgelistet. Abbildung 2 zeigt die Szenarien zum Angebot und Abbildung 3 zur Nachfrage. In Abbildung 2 kommt das grosse Potential von Biofuels aus inländischen organischen Abfällen (ID 9.1 & 10.1) zum Ausdruck, mit einem maximalen Potential von 22.42% im Jahr 2040. Das minimale und das maximale Potential von Biofuels aus nachwachsenden Rohstoffen (ID 7.1 & 8.1) liegen mit einem maximalen Anteil von 3.81% im Jahr 2040 klar unter dem Potential von organischen Abfällen. Das Szenario des Bauernverbandes (ID 25) für 2020 liegt auf der Interpolationsgerade des

²⁹ In BFE (2004) werden die angegebenen Mengen Biogas in Liter Benzin beziffert. Für die Umrechnung von *Liter Benzin* in PJ wird der in BFE (2004) für Benzin angegebene Energiegehalt von 10 kWh/l (= 36 MJ/l) verwendet. Da die angegebenen *Liter Benzin* mit ebendiesem Faktor berechnet wurden, ist es sinnvoll, diesen Wert für die Umrechnung zu verwenden, obwohl sich dieser vom in diesem Bericht verwendete Energiewert für Benzin (32.5 MJ/l) unterscheidet.

minimalen Szenarios für die Nutzung nachwachsender Rohstoffe (ID 7.1). Das Maximalszenario 2020 von BiomassEnergie (ID 16.1), welches im Unterschied zu ID 8.1 von bedeutend optimistischeren Annahmen bezüglich der Landwirtschaft ausgeht, liegt mit einem Anteil von 6.85% wesentlich über dem von BFE (2004) prognostizierten Potential.

ID 11 in Abbildung 3 zeigt das Szenario mit der tiefsten Nachfrage mit einem Anteil der Biofuels am Treibstoffverbrauch von 1% im Jahr 2035. ID 21 mit einer Nachfrage von 5% im Jahr 2010 liegt leicht oberhalb der Regressionsgerade des Maximalszenarios der Energieperspektiven (ID 12). Dieses Maximalszenario kann nur mit inländischer Biomasse gedeckt werden, wenn entweder die in ID 16.1 getroffenen Annahmen zur Nutzung von durchschnittlich 37% der landwirtschaftlichen Erzeugnissen zur Produktion von Biofuels eintreffen (das Angebotsszenario ID 16.1 entspricht ziemlich genau der Nachfragemenge von ID 12 für das Jahr 2020) oder wenn die organische Biomasse (ID 9.1 & 10.1) der Verwendung als Biofuels zugänglich gemacht wird.

Tabelle 2: Szenarien zum relativen Anteil von Biofuels am Schweizer Treibstoffverbrauch (ohne Flugbenzin), zum Angebot und zur Nachfrage.

ID	Bezeichnung der ID	Treibstoff	Angebot / Nachfrage	Max. / Min. / Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
7.1	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	Biofuels allg.	Angebot	Min.				1.26%			2.56%
8.1	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	Biofuels allg.	Angebot	Max.				2.56%			3.81%
9.1	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential org. Abfällen	Biofuels allg.	Angebot	Min.				14.80%			17.49%
10.1	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential org. Abfällen	Biofuels allg.	Angebot	Max.				18.84%			22.42%
16.1	BiomassEnergie Biofuels allg. Max.	Biofuels allg.	Angebot	Max.			6.85%				
25	Bauernverband Biofuels allg. Mid.	Biofuels allg.	Angebot	Mid.			1%				
11	Energiepersp. Biofuels allg. Min.	Biofuels allg.	Nachfrage	Min.			0%			1%	
12	Energiepersp. Biofuels allg. Max.	Biofuels allg.	Nachfrage	Max.			7%			12%	
21	KaufmannMail Biofuels allg. Nachfrage Mid.	Biofuels allg.	Nachfrage	Mid.	5%						

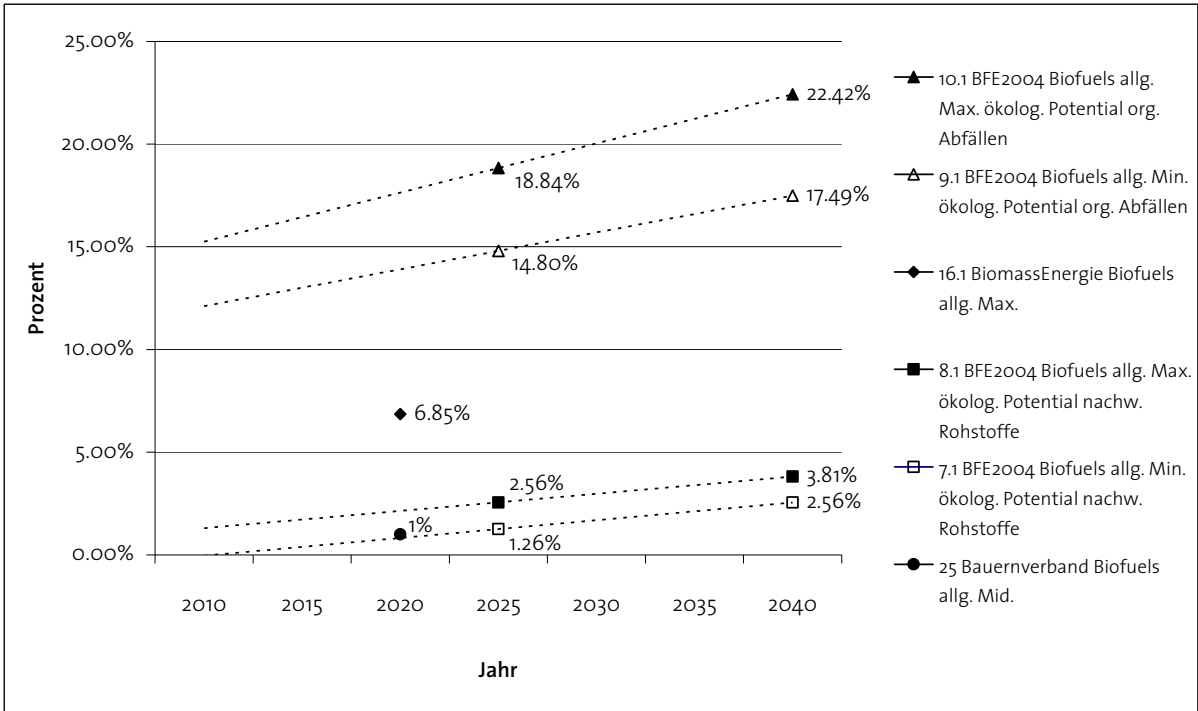


Abbildung 2: Biofuels allg. Angebot

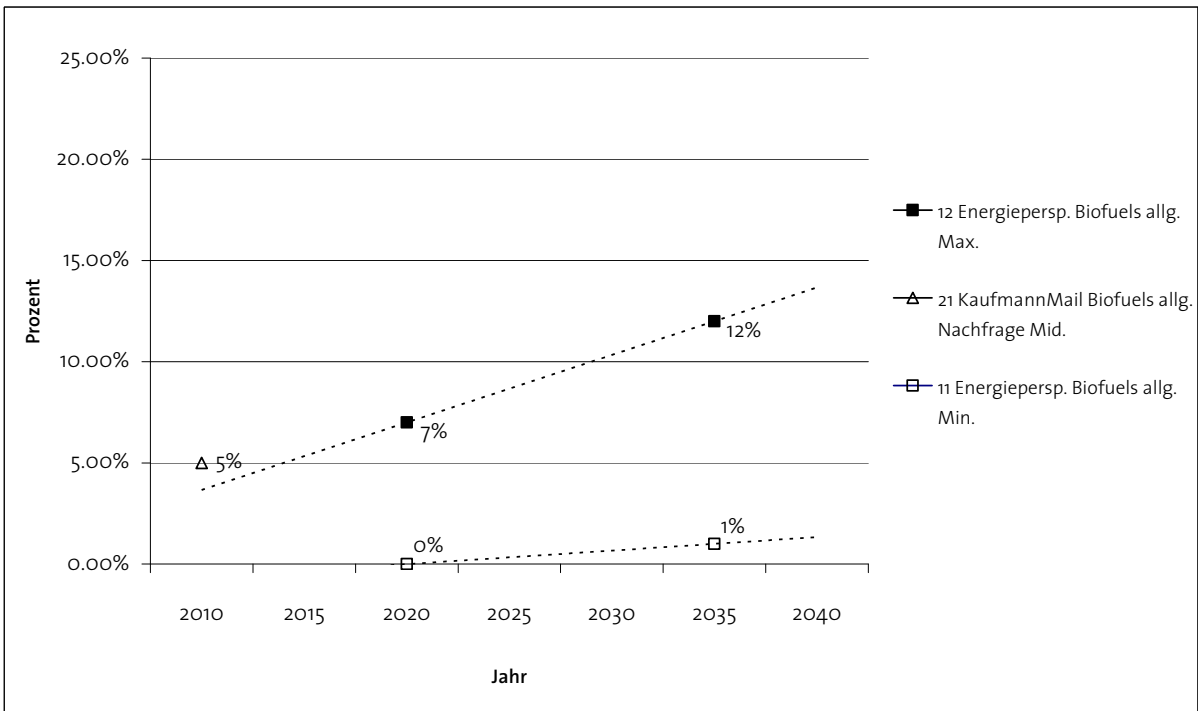


Abbildung 3: Biofuels allg. Nachfrage.

4.2.2 Bioethanol

Die Tabelle 3 zeigt die fünf Szenarien zu Bioethanol, welche in Abbildung 4 dargestellt werden. Das Maximalszenario ID 18 zur Nachfrage mit einem Anteil von 20% für das Jahr 2035 hebt sich dabei klar von den restlichen Szenarien ab, welche relativ nahe beieinander liegen. ID 14.1 liegt leicht unter dem Szenario von alcosuisse (ID 5.1) während das Maximalszenario ID 27 leicht darüber liegt. Der Wert des Angebotsszenarios ID 22 liegt mit 5% im Jahr 2035 leicht über der Interpolationsgerade des Nachfrageszenarios ID 5.1. Ausgehend von ID 22 liesse sich das Nachfrageszenario ID 5.1 im Jahr 2035 mit inländischer Biomasse decken, was beim Szenario ID 18 klar nicht der Fall ist.

Tabelle 3: Szenarien zum relativen Anteil von Bioethanol am Schweizer Treibstoffverbrauch (ohne Flugbenzin), zum Angebot und zur Nachfrage.

ID	Bezeichnung der ID	Treibstoff	Angebot / Nachfrage	Max. / Min. / Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
22	KaufmannMail Bioethanol Angebot Max.	Bioethanol	Angebot	Max.						5%	
5.1	BFE2004 Bioethanol Nachfrage Alcosuisse	Bioethanol	Nachfrage	Mid.	2.36%			4.39%			4.07%
14.1	EFD Bioethanol Nachfrage Mid.	Bioethanol	Nachfrage	Mid.	1.95%						
18	KaufmannMail Bioethanol Nachfrage Max.	Bioethanol	Nachfrage	Max.	5%					20%	
27	KaufmannTagi Bioethanol Nachfrage Max.	Bioethanol	Nachfrage	Max.			6%				

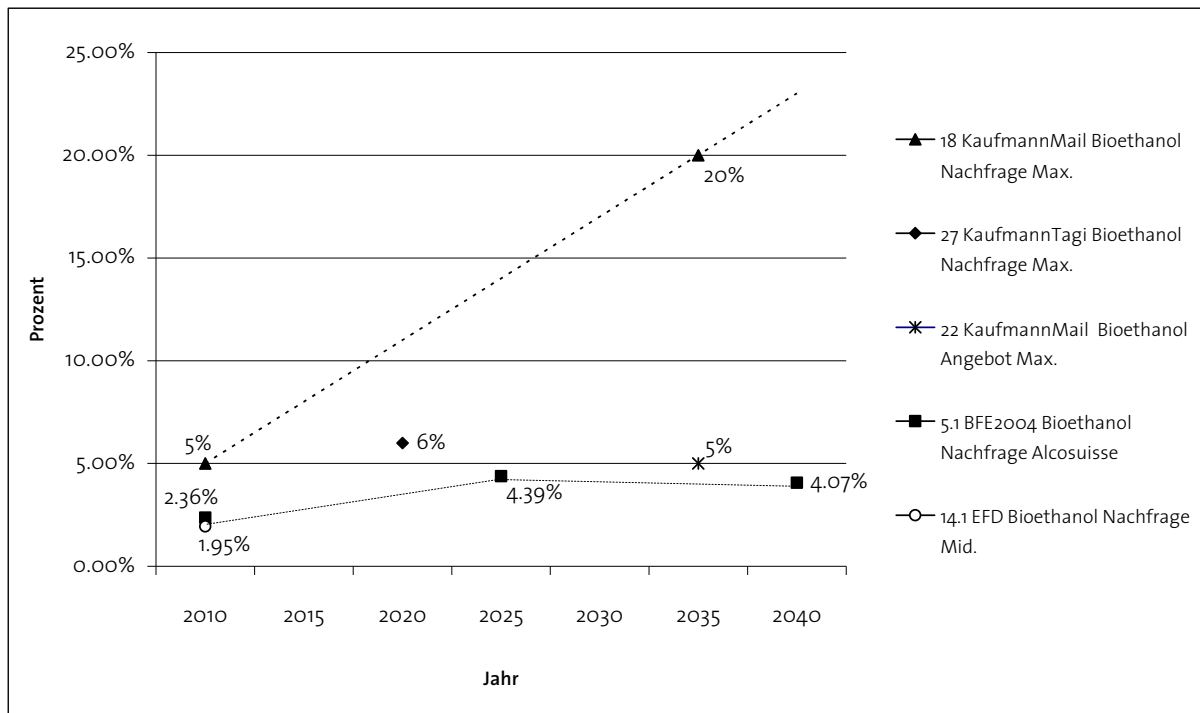


Abbildung 4: Bioethanol Angebot und Nachfrage

4.2.3 Biodiesel

Tabelle 4 und Abbildung 5 zeigen die drei Szenarien für Biodiesel. Das Maximalszenario ID 19 zur Nachfrage liegt dabei mit 5% im Jahr 2010 und 20% im Jahr 2035 klar über dem Nachfrageszenario ID 15.1 und noch klarer über dem Angebotsszenario ID 23 mit 1.03% im Jahr 2010 (ID 15.1) und 5% im Jahr 2035 (ID 23). Eine Deckung des Nachfrageszenarios ID 19 mit inländischer Biomasse scheint demnach eher unrealistisch. ID 15.1 zeigt für das Jahr 2010 eine deutlich kleinere Nachfrage als ID 23.

Tabelle 4: Szenarien zum relativen Anteil von Biodiesel am Schweizer Treibstoffverbrauch (ohne Flugbenzin), zum Angebot und zur Nachfrage.

ID	Bezeichnung der ID	Treibstoff	Angebot / Nachfrage	Max. / Min. / Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
23	KaufmannMail Biodiesel Angebot Max.	Biodiesel	Angebot	Max.						5%	
15.1	EFD Biodiesel Nachfrage Mid.	Biodiesel	Nachfrage	Mid.	1.03%						
19	KaufmannMail Biodiesel Nachfrage Max.	Biodiesel	Nachfrage	Max.	5%					20%	

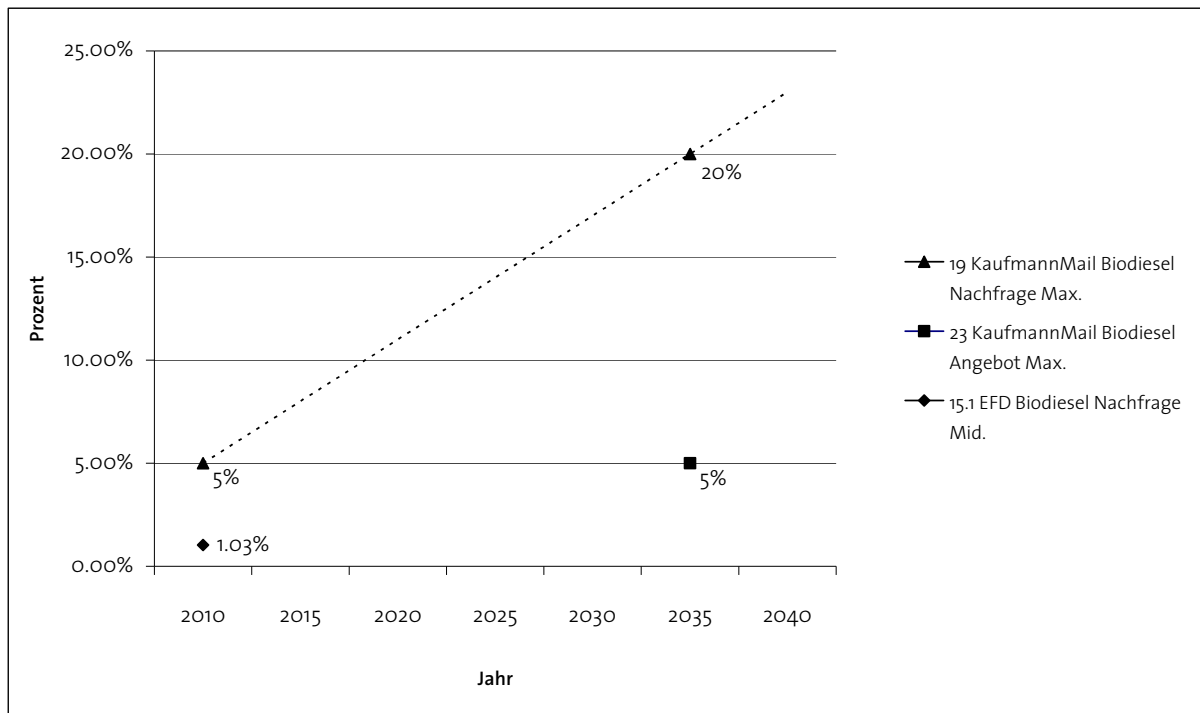


Abbildung 5: Biodiesel Angebot und Nachfrage

4.2.4 Biogas

Die vier Angebots- und die zwei Nachfrageszenarien für Biogas sind in der Tabelle 5 aufgelistet und in Abbildung 6 und Abbildung 7 dargestellt. Der Wert des Maximalszenarios ID 24 zum Angebot ist wesentlich höher als der der beiden Angebotsszenarien ID 1.1 und ID 3.1 aus BFE (2004) und ID 28.1 der Gasmobil AG. Das Nachfrageszenario ID 20 liegt wesentlich über den Angebotsszenarien während ID 13.1 eine wesentlich kleinere Nachfrage zeigt und sogar unterhalb der Interpolationsgerade zum Minimalszenario zum Angebot (ID 1.1) liegt. Der Wert von ID 13.1 zur Nachfrage im Jahr 2010 ist doppelt so gross, wie der Wert des Minimalszenarios ID 28.1 zum Angebot. ID 20 kann daher vermutlich nicht mit dem inländischen Angebot gedeckt werden während dies bei ID 13.1 eher der Fall sein könnte.

Tabelle 5: Szenarien zum relativen Anteil von Biogas am Schweizer Treibstoffverbrauch (ohne Flugbenzin), zum Angebot und zur Nachfrage.

ID	Bezeichnung der ID	Treibstoff	Angebot / Nachfrage	Max. / Min. / Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040
1.1	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential	Biogas	Angebot	Min.				0.79%			1.16%
3.1	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential	Biogas	Angebot	Max.				2.60%			3.42%
24	KaufmannMail Biogas Angebot Max.	Biogas	Angebot	Max.						10%	
28.1	Gasmobil Biogas Angebot Min.	Biogas	Angebot	Min.	0.07%						
13.1	EFD Biogas Mid.	Biogas	Nachfrage	Mid.	0.13%						
20	KaufmannMail Biogas Nachfrage Max.	Biogas	Nachfrage	Max.	10%					30%	

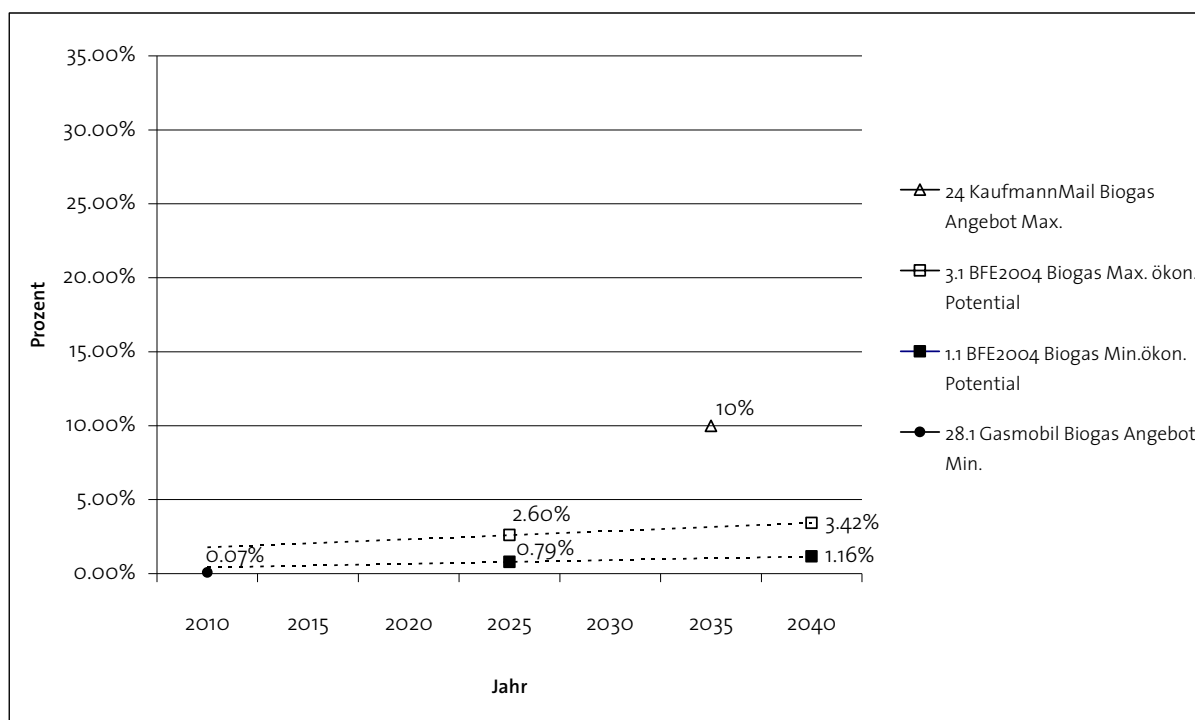


Abbildung 6: Biogas Angebot

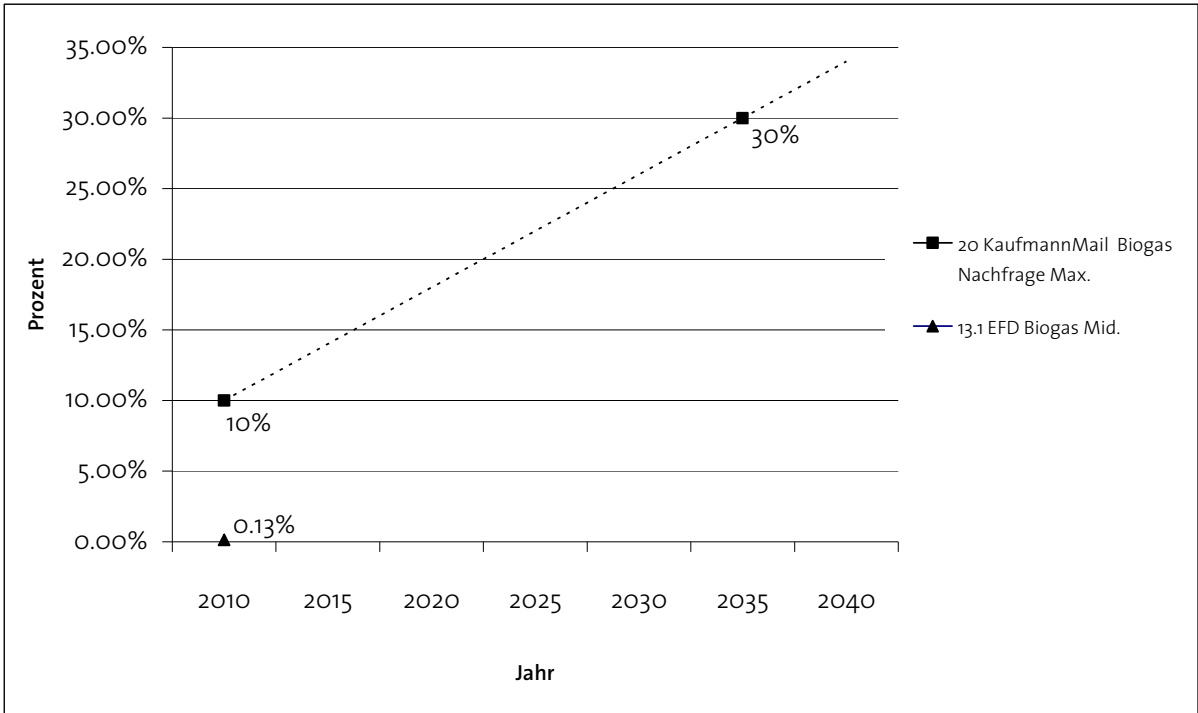


Abbildung 7: Biogas Nachfrage

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Unterschiede der Angebots- und der Nachfrageszenarien und die für diese Unterschiede relevanten Faktoren diskutiert sowie die Angebots- und Nachfrageszenarien verglichen.

5.1 Angebotsszenarien

Als wichtigster Grund für die Unterschiede zwischen den Angebotsszenarien können die unterschiedlichen Annahmen zur verfügbaren Biomasse vermutet werden, wie beispielsweise im Fall der Szenarien zu *Biofuels allg.* in Abschnitt 4.2.1. aufgezeigt. Welche Menge Biomasse der Nutzung als Biofuel zur Verfügung steht, hängt wiederum davon ab, welche Technologien zur Nutzung der Biomassequellen vorhanden sind (insbesondere die Gewinnung von Biofuels der zweiten Generation aus organischen Abfällen) und welche Biomasse­mengen der Produktion von Biofuels in Konkurrenz mit den anderen Verwertungsmöglichkeiten zugesprochen werden. Zu diesen Verwertungsmöglichkeiten zählen andere Energienutzungsformen (Wärme und Elektrizität) und die Produktion von Agrarprodukten auf Landwirtschaftsflächen.

Eine zunehmende Konkurrenz um die limitierte inländische Biomasse – welche insbesondere auch bei einer steigenden Nachfrage zunehmen wird – wird vermutlich zu steigenden Marktpreisen für den Rohstoff Biomasse führen, was die Produktion von Biofuels finanziell weniger interessant macht (Helby et al. 2003). Bei dieser Konkurrenz spielt es zudem eine Rolle, wie gut die Interessengruppen der verschiedenen Nutzungsformen organisiert sind und wie stark ihr Lobbying ist. Ebenso werden die internationalen Marktpreise für Biofuels die ökonomische Attraktivität der inländischen Biofuel-Produktion beeinflussen. Das gleiche gilt für die nationalen und internationalen Marktpreise von Agrarprodukten und generell von allen möglichen Nutzungsformen der Biomasse.

Die Rolle des Staates

Der Staat spielt bezüglich der Etablierung eines Marktes für Biofuels vermutlich eine wichtige Rolle (Kliman 2001, Helby et al. 2003). So wird es auch für das Angebot an inländischen Biofuels entscheidend sein, wie stark der Staat Biofuels fördert, insbesondere auch im Vergleich zu den anderen möglichen Nutzungsformen der limitierten Biomasse. Zu dieser staatlichen Förderung gehört auch eine gleichmäs-

sige Verteilung der Nutzen und der Risiken von Biofuels. Helby et al. (2003) stellen in einer Studie zum Schwedischen Markt für Biomasse und insbesondere auch für Biofuels fest, dass, während sich der Gewinn des Marktes für Biofuels auf die ganze Gesellschaft verteilt, sich das Risiko auf wenige Akteure konzentriert. Damit sind beispielsweise Risiken gegenüber dem Angebot der zur Verfügung stehenden Biomasse oder Unsicherheiten gegenüber zukünftigen Marktpreisen gemeint, welche die Produzenten von Biofuels zu tragen haben. Die Situation in der Schweiz kann diesbezüglich als vergleichbar angenommen werden. Helby et al. (2003) bezeichnen eine Korrektur dieser Nutzen-Risiko-Verteilung durch den Staat als unausweichlich.

Diese Korrektur durch den Staat kann auch folgendermassen begründet werden, wenn die durch die Produktion von Biofuels erzielten CO₂-Reduktionen als öffentliches Gut (positive Externalität) verstanden werden: Die Biofuel-Produzenten werden nur ein so grosses Risiko tragen, das sie im Markt noch profitabel operieren lässt. Damit die Produzenten die Menge der produzierten Biotreibstoffe vergrössern und somit für die Gesellschaft ein optimales Angebot entsteht und damit das öffentliche Gut vergrössert bzw. der Nutzen für die Gesellschaft maximiert wird, ist es notwendig, dass der Staat an dieser Stelle positive Anreize setzt. Dies kann durch Subventionen, Steuerbefreiungen oder durch eine Risikoübernahme durch die Gesellschaft geschehen.

Zwei Förderinstrumente für Biofuels sind die im Kapitel Abschnitt 2.2 vorgestellte Mineralölsteuerbefreiung und die kostendeckenden Einspeisetarife. Kostendeckende Einspeisetarife für Biogas ins Erdgasnetz werden wiederholt als ein entscheidender Faktor für die Förderung von Biogas als Treibstoff genannt (EnergieSchweiz 2006, BFE 2004), wie bereits im Abschnitt 2.2.1 beschrieben. Inwieweit sich die Steuerbefreiung von Biofuels auf die inländische Produktion auswirken wird, ist, aufgrund der erheblich günstigeren Produktion von Biofuels im Ausland, unklar (vergl. Abschnitt 2.2.2).

Für die Produktion von Biofuels, im Speziellen aus Produkten und Abfallstoffen aus Landwirtschaftsbetrieben, wird es vermutlich nicht unbedeutend sein, ob die raumplanerischen Einschränkungen zur Nutzung der Landwirtschaftszonen gelockert werden und somit die Transportwege für Biomasse minimiert werden können (EnergieSchweiz 2006).

5.2 Nachfrageszenarien

Die in Kapitel 4 aufgeführten Annahmen unterscheiden sich hauptsächlich hinsichtlich der Annahmen zu den Beimischungsmengen und der nationalen Strategie zur Förderung der Biomasse. Letzteres bringt beispielsweise den grossen Unterschied der beiden Nachfrageszenarien ID 11 (Szenario I - Weiter wie bisher) und ID 12 (Szenario IV - 2000-Watt-Gesellschaft) aus den Energieperspektiven zum Ausdruck (siehe Abbildung 3). Ericsson et al. (2004) betonen die grosse Relevanz der Energie- und Klimapolitik für die Etablierung von Biofuels. So hätten beispielsweise die hohen CO₂-Steuern auf fossile Treibstoffe in Schweden, Dänemark, Finnland und Norwegen Biofuels zur preisgünstigsten Treibstoffalternative gemacht und die Verbraucheranteile entsprechend vorangetrieben. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich zukünftige Ziele zur CO₂-Reduktion grundsätzlich positiv auf die Nachfrage nach Biofuels auswirken werden (Helby et al. 2003).

Weiter scheint es eine Rolle zu spielen, ob die Treibstoffe von der Mineralölsteuerbefreit sind, wie dies bei einigen Szenarien explizit angegeben ist (ID 1-4, ID 16.1 & 17.1 und ID 13.1 -15.1). Wie gross der Einfluss der Steuerbefreiung ist, kann aufgrund dieser Daten jedoch nicht bestimmt werden, da kein Szenario vorhanden ist, das explizit von keiner Steuerbefreiung ausgeht. Interessanterweise zeigen just die Szenarien zur Auswirkung der Mineralölsteuerbefreiung aus der Botschaft zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes (ID 13.1 – 15.1) im Vergleich relativ tiefe Anteile (siehe Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 7). Es ist folglich zu vermuten, dass andere Faktoren, wie beispielsweise die oben genannte CO₂-Steuer, einen grösseren Einfluss auf die Nachfrage nach Biofuels haben.

Ein weiterer Faktor, welcher die Nachfrage beeinflussen kann, sind die steigenden Preise der fossilen Treibstoffe, welche die Attraktivität von Biofuels als Alternative für den Konsumenten vergrössern. Helby et al. (2003) erwähnen die im Wettbewerb mit Biofuels nach wie vor sehr starken fossilen Treibstoffe als eines der Haupthindernisse für die Etablierung eines Marktes für Biofuels in Schweden. Die fossilen Treibstoffe und die entsprechenden Technologien sind heute (noch) erheblich günstiger und der Markt der fossilen Treibstoffe ist im Vergleich besser organisiert (Helby et al. 2003).

Kliman (2001) und Helby et al. (2003) ordnen dem Staat als lenkende Instanz für die Etablierung eines Marktes für Biofuels eine entscheidende Rolle zu, wie bereits im Abschnitt 5.1 ausgeführt. Es sei nötig, dass der Staat den Markt für Biofuels während einer limitierten Zeitspanne finanziell unterstütze (infant-

industry argument) und (noch) nicht der Selbstregulierung des Marktes aussetze. Für die Verbreitung erneuerbarer Energien spielt es zudem eine Rolle, wie gut die Akteure im Zusammenhang mit Biofuels organisiert sind um insbesondere die breite Öffentlichkeit zu erreichen.³⁰

Für die Entwicklung der Biofuels in der Schweiz sind die Entwicklungen im Ausland ebenfalls von grosser Bedeutung. Dass beispielsweise die EU ihre Ziele bezüglich Biofuels hoch steckt (vergl. Abschnitt 2.3.1), trägt vermutlich positiv zur Verbreitung der Technologien bei und erleichtern das Etablieren von neuen Technologiestandards und eine internationale Zusammenarbeit zur Standardisierung von Biofuels. Letzteres ermöglicht oder erleichtert wiederum den internationalen Handel mit Biofuels (Alakangas et al. 2002, Ericsson et al. 2004).

5.3 Vergleich der Angebots- und Nachfrageszenarien

Der Vergleich von Angebots- und Nachfrageszenarien ist mit den in Kapitel 4 präsentierten Daten nicht für alle Treibstoffe und alle Jahre gleich gut möglich. Trotzdem hat sich gezeigt, dass die potentielle Nachfrage nach Biofuels in der Schweiz in vielen Fällen das maximale Angebot inländischer Biomasse zur Verwendung als Biofuel übersteigt, wie in den Abschnitten zu den einzelnen Treibstofftypen in Kapitel 4 dargestellt. Es ist folglich zu vermuten, dass der Import von Biofuels zur Deckung hoher Nachfragemengen eine wichtige Rolle spielen wird. Einerseits wegen dem limitierten Potential zur inländischen Produktion und andererseits auch aufgrund der folgenden zwei Aspekten: Erstens sind im Ausland produzierte Biofuels in den meisten Fällen erheblich günstiger zu erwerben. So prognostiziert beispielsweise WWI (2006), dass auch nach dem Jahr 2010 Bioethanol aus brasilianischem Rohrzucker der günstigste Bio-treibstoff bleiben wird (Greenpeace 2007, 14). Zweitens sieht es die Politik in der Schweiz nicht vor, die Importmengen für Biofuels zu beschränken (siehe auch Abschnitt 2.2.2).

30 Interface (1997) untersuchte im Jahr 1997 die Akteurnetzwerke der drei Organisationen „Schweizerische Vereinigung für Holzenergie FHe“ (heute Holzenergie Schweiz), „Swissolar“ und „Fördergemeinschaft Wärmepumpen FWS“ und stellte dabei fest, dass die breite Öffentlichkeit nur in geringem Masse erreicht wurde. Es ist zu vermuten, dass in den vergangenen 10 Jahren diesbezüglich zwar grosse Fortschritte erzielt wurden, aber nach wie vor ein Potential zur Verbesserung besteht.

6 Fazit

Im ersten Kapitel dieser Arbeit wurde eine Einführung ins Thema gegeben und dabei gezeigt, dass Biofuels in der Schweiz nach wie vor in den Kinderschuhen stecken. Anschliessend wurden die 28 anhand einer Internetrecherche und dem Kontaktieren von 44 Akteuren identifizierten Szenarien zur Entwicklung der Nachfrage und des Angebots von Biofuels in der Schweiz vorgestellt und 23 der Szenarien verglichen. Im fünften Kapitel wurden die Unterschiede der Angebots- und Nachfrageszenarien sowie für diese Unterschiede relevante Faktoren diskutiert.

Dabei zeigte sich, dass die Entwicklung des inländischen Angebots an Biofuels hauptsächlich davon abhängig zu sein scheint, welche Biomasse in der Schweiz der Produktion von Biofuels zur Verfügung steht. Diese Menge an Biomasse wird davon beeinflusst, wie sich die Technologien zur Produktion von Biofuels und die Konkurrenzsituation um die beschränkte Biomasse weiterentwickeln. Letzteres wird vermutlich stark von der Strategie des Bundes zur Nutzung der Biomasse sowie von den nationalen und internationalen Preisen für Biofuels und Agrarprodukte abhängen.

Wie beim Angebot wird der Staat auch bei der Nachfrage nach Biofuels eine wichtige Rolle spielen. So wird der Einführung einer CO₂-Steuer auf Treibstoffe eine grosse positive Auswirkung auf den Anteil Biofuels am Schweizer Treibstoffkonsum zugemessen. Insbesondere für die Förderungen der Biofuels in Konkurrenz mit den nach wie vor sehr konkurrenzstarken fossilen Treibstoffen. Es ist als positives Zeichen zu interpretieren, dass der Bund zurzeit an einer Studie zur Findung einer nationalen Strategie zur optimalen Nutzung der begrenzten Biomasse arbeitet (vergl. Abschnitt 2.2.4).

Es zeigte sich in diesem Bericht, dass die Schweiz nicht isoliert betrachtet werden sollte. Wie im Abschnitt 4.2 beim Vergleich der Szenarien gezeigt, decken sich die Angebots- und die Nachfrageszenarien für Biofuels in der Schweiz meistens bei weitem nicht. Die Schweiz muss daher zukünftig als Teil eines internationalen Marktes zur Nutzung und zur Produktion von Biofuels gesehen werden und es muss vermutet werden, dass der Import von Biofuels in die Schweiz eine grosse Rolle zur Deckung der Nachfrage spielen wird.

Beim Import von Biofuels ist es wichtig, dass ausschliesslich Biotreibstoffe mit einer besseren Ökobilanz und weniger Treibhausgasemissionen als fossile Treibstoffe von der Mineralölsteuer befreit werden. Es

obliegt dem Bundesrat diese Verantwortung wahrzunehmen und bei der Zulassung von Biofuels die Resultate der umfassenden Ökobilanz-Studie (BAFU 2006) zu berücksichtigen.

Die grosse Anzahl an Faktoren, die sich gegenseitig und das Angebot wie auch die Nachfrage nach Biofuels in der Schweiz beeinflussen, sowie die internationalen Zusammenhänge der Entwicklungen, erschweren es zuverlässige Prognosen anzustellen. Dennoch kann bereits heute vermutet werden, dass aufgrund der aufgeführten Faktoren, das Angebot von Biofuels in der Schweiz auf einen relativ kleinen Anteil des Treibstoffverbrauchs beschränkt bleiben wird und die Probleme der Abhängigkeit von den fossilen Treibstoffen und die damit verbunden hohen CO₂-Emissionen des Transportsektors mit Biofuels nicht gelöst werden können. Aufgrund der signifikant günstigeren Biofuels aus dem Ausland, kann zudem vermutet werden, dass der Import von Biofuels in der Schweiz eine wesentlich grössere Rolle spielen wird, als die inländische Produktion.

Literaturverzeichnis

Alakangas et al. (2002): Alakangas, E., Hillring, B., Nikolaisen, L.S, 2002, Trade of solid biofuels, and fuel prices in europe.

Alcosuisse (2003): alcosuisse, 2003, Ein Partner, auf den Sie sich verlassen können.

AZ (2006): Aargauer Zeitung, Patrick Zoll, 13.06.2006, Tanken für einen Franken.

BAFU (2006): Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Energie (BFE), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW), 2006, Erkenntnisse aus den vorläufigen Resultaten der Teilstudie „Ökobilanz von Biotreibstoffen“.

BFE (2004): Bundesamt für Energie (BFE), Dezember 2004, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Potentiale zur Energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Auftragnehmer: INFRAS, EPFL, Ingenieurbüro HERSNER, MERITEC GmbH, Umwelt- und Kompostberatung Dr. Konrad Schleiss.

BFE (2006): Bundesamt für Energie (BFE), 2006, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2005.

BFE (2007): Bundesamt für Energie (BFE), Prognos, Januar 2007, Die Energieperspektiven 2035 - Band 1, Synthese.

BiomassEnergie (2002): BiomassEnergie, 2002, Salat im Tank - Migros-Lastwagen fahren mit Biogas. Und Sie?

BiomassEnergie (2006): Energieproduktion in der Landwirtschaft: Chancen und Risiken. Grundlage für den Biomasse-Tag an der sun 21 im 2006.

BR (2006): Schweizerischer Bundesrat (BR), 03.05.2006, Botschaft zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes, 06.035.

BZ (2007): Berner Zeitung, 16.03.2007, Nun doch Sozialauflagen für Biotreibstoffe, Seite 5.

EFD (2004): Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD), 2004, Erläuternder Bericht zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes, Fiskalische Förderung von Erd- und Flüssiggas sowie Biogas und anderen Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen.

- EnergieSchweiz (2006): Energie Schweiz, BiomassEnergie, Sun21, 2006, Erneuerbare Energien, Sondernummer 2006, Energieproduktion in der Landwirtschaft, Potenzialstudie: Vision Bioenergie 2020.
- Erdgas (2003): Erdgas, 10.06.2003, Pressemitteilung, Emissionsarmer Verkehr: Vereinbarung Erdgas/Biogas unterzeichnet,
<http://www.erdgas.ch/de/publikationen/pressemitteilungen/emissionsarmer-verkehr-vereinbarung-erdgasbiogas-unterzeichnet.html>, abgerufen am 22.03.2007.
- Ericsson et al. (2003): Karin Ericsson, Lars J. Nilsson, 2003, International biofuel trade – A study of the Swedish import.
- EU (2007): Kommission der Europäischen Gemeinschaften, 10.01.2007, Fortschrittsbericht Biokraftstoffe, KOM (2006) 845 entgültig.
- FAO (2004): Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), FAO Forestry Department, Wood Energy Programme, 2004, Unified Bioenergy Terminology.
- Finanz und Wirtschaft (2007): Finanz und Wirtschaft, Alesander Busch, 10.03.2007, Ethanol schmiedet neue Freundschaften, Seite 51.
- FNR (2006): Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe (FNR), Deutsches Bundesamt für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2006, Biotreibstoffe, eine vergleichende Analyse.
- Forum Umwelt & Entwicklung (2006): Forum Umwelt & Entwicklung, 2006, Bioenergie-Boom, Goldrausch mit Risiken und Nebenwirkungen, Rundbrief 3/2006.
- Gasmobil (2003), Gasmobil AG, Biomasse Schweiz, 2003, Rahmenvereinbarung über die Einspeisung und Vermarktung von Biogas in das schweizerische Erdgasnetz.
- Greenpeace (2007): Greenpeace Schweiz, Fabian Cortesi, 2007, Biofuels in der Schweiz, Analyse der Rolle von Treibstoffen aus pflanzlichen Rohstoffen in der Schweiz,
<http://info.greenpeace.ch/de/klima/wandel/hintergruende/biofuel>, abgerufen am 20.03.2007.
- Helby et al. (2003): Peter Helby, Pal Börjesson, Anders Christian Hansen, Anders Roos, Hakan Rosenqvist, Linn Takeuchi, 2003, Market development problems for sustainable bio-energy systems in Sweden.
- IEA (2004): International Energy Agency (IEA), 2004, Biofuels For Transport, An International Perspective.

Interface (1997): Interface, Institut für Politikstudien, Stefan Rieder, Andreas Balthasar, Stefan Michel, 1997, Actornetzwerke als Strategie zur Verbreitung erneuerbarer Energien, Eine Evaluation der Strategie des Ressorts Erneuerbare Energien von Energie 2000.

Kliman (2001): Mel Kliman, 2001, Developing markets for new energy technologies: A review of the case studies from the market barrier perspective.

Klimarappen (2006a): Stiftung Klimarappen, 2006, Provisorischer Businessplan der Stiftung Klimarappen.

Klimarappen (2006b): Stiftung Klimarappen, 2006, Dokumentation Biotreibstoffe, http://www.klimarappen.ch/_data/pages/images/FactSheet_Biotreibstoffe_o61101_D.pdf, abgerufen am 29.03.2007.

TA (2006): Tages-Anzeiger vom 08.12.2006, S. 4, Richard Diethelm, Potential der Biotreibstoffe ist begrenzt.

WWI (2006): World Watch Institute, German Federal Ministry of Food, Agriculture, and Consumer Protection, Agency for Technical Cooperation (GTZ) und Agency for Renewable Resources (FNR), 2006, Biofuels for Transportation, Global Potential and Implications for sustainable Agriculture and Energy in the 21st Century.

Anhang A

Ausführliche Tabelle aller gesammelten Informationen:

ID	Bezeichnung der ID	Institution	Jahr d. Prognose	Treibstoff	Typ	Format	Masseinheit	Min./Max./Mid.	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Bemerkungen	Technische Annahmen und Bemerkungen	Quelle	Zusammenhang der Prognosen
1	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential absolut	Bundesamt für Energie (BFE)	2004	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Liter	Min.				49'000'000			72'000'000	Anteil am Gesamt-CH Benzolverbrauch pro Jahr. Optimistische Schätzung für das ökonomische Potential. Die Mengen sind in Liter Benzin angegeben. Zum Begriff ökonomisches Potential: Dabei handelt es sich um ein "wirtschaftlich sinnvolles Biomassenutzungspotential". "Dieses Potenzial bezieht im Gegensatz zum ökologischen Potenzial auch Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit der Biomassenutzung mit ein. Es wird geschätzt, dass das wirtschaftlich sinnvolle nutzbare Biomassepotenzial max. 80% des ökologischen Biomassepotenzials beträgt." (s. S. 44 der Quelle) Das ökologische Potential ist wie folgt definiert: Biomasse, welche aus land- und forstwirtschaftlicher Produktion inkl. Nebenprodukten ökologisch nachhaltig und energetisch mit einem plausiblen Aufwand-/ Ertragsverhältnis gewonnen werden kann. Für den Benzolverbrauch wurde angenommen, dass im Jahr 2025 4509 Mio. Liter verbraucht werden und sich die Menge des Benzinkonsums von 2000 bis 2040 jährlich um 0.5% verringert.	Annahmen: Biomassefraktion: Hofdünger, biogenen Abfälle aus Haushalten, Gastronomie und Lebensmittelproduktion, die in landwirtschaftlichen und industriellen Co-Vergärungsanlagen genutzt werden, Grüngut aus Wiesland, Verkehrs- und Naturschutzflächen wurde hier vernachlässigt. ARAs ebenfalls nicht enthalten. Energetischer Wirkungsgrad für die Produktion beträgt 50%. Biogas wird auf Erdgasqualität aufbereitet und anschliessend ins Erdgasnetz eingespeist (Direkteinspeisung). Die Produktionskosten liegen während des gesamten Betrachtungszeitraums (2010 bis 2040) etwa 15% unter dem Marktpreis für herkömmliches Benzin, vorausgesetzt Biogas als Treibstoff ist von der Treibstoffsteuer befreit (s. S. 161 der Quelle für weitere Annahmen). Für den Energiegehalt gelten folgende Annahmen: 1 m ³ Biogas = 6 kWh, 10 kWh = 1 Liter Benzin und beziehen sich auf die Jahresproduktion. In m ³ : 2025: 270 Mio. / 2040: 350 Mio.	Bundesamt für Energie (BFE), Dezember 2004, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Potentiale zur Energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Auftragnehmer: INFRAS, EPFL, Ingenieurbüro HERSNER, MERITEC GmbH, Umwelt- und Kompostberatung Dr. Konrad Schliess. S. 161-162	
2	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential %	BFE	2004	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Min.				1.1			1.7	siehe ID3	siehe ID1	siehe ID1	% zu ID1
3	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential	BFE	2004	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Liter	Max.				161'000'000			212'000'000	Konservative Schätzung zu ID 1	siehe ID1	siehe ID1	
4	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential %	BFE	2004	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.				3.6			5.1	siehe ID3	siehe ID1	siehe ID1	% zu ID3

5	BFE2004 Bioethanol Alcosuisse absolut	BFE	2004	Bioethanol	Nachfrage	Absolute Menge	Liter	Mid.	243'000'000			451'000'000			418'000'000	Nach der Vision von Alcosuisse. Die Mengen beziehen sich auf Bioethanol in reiner Form und auf den Jahresverbrauch. Es wird angenommen, dass ab 2010 5% und ab 2025 10% dem Benzin zugemischt wird und in dieser Form verkauft wird. Sie gehen weiter davon aus, dass, um ein flächendeckendes Angebot zu ermöglichen, 2010 121.5, 2025 225.4 und 2040 209.1 Mio. Liter Bioethanol importiert werden müssen (dies sind absolute Anteile an den angegebenen Absatzmengen). Pierre Schaller (Direktor von Alcosuisse) hat in einem E-Mail vom 16. November 2006 angegeben, dass sich die angegebenen Visionen nicht auf erhobenen Daten abstütze. Es wurden jedoch Vergleiche mit anderen Ländern (insb. Schweden) herangezogen und die Schweizer Politik schaffe die nötigen Rahmenbedingungen zum Erreichen dieser Anteile.	Folgende Annahmen wurden getroffen (s. S 162): Totaler Treibstoffverbrauch bleibt konstant (im Jahr 2003: 3776000); Anteil Benzinbetriebener Fahrzeuge nimmt zu, Dieselpetrolbetriebe nehmen ab; bezogen auf den Treibstoffverbrauch reduziert sich der Benzinkonsum um 0.5% pro Jahr. Die Mischung von Bioethanol und Benzin ersetzt herkömmliches Benzin ab 2025 vollumfänglich.	Bundesamt für Energie (BFE), Dezember 2004, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Potentiale zur Energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Auftragnehmer: INFRAS, EPFL, Ingenieurbüro HERSNER, MERITEC GmbH, Umwelt- und Kompostberatung Dr. Konrad Schleiss. S. 162-163	
6	BFE2004 Bioethanol Alcosuisse %	BFE	2004	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Mid.	5			10			10	siehe ID5	siehe ID5	siehe ID5	% zu ID4
7	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Min.				2.8			5.7	Es handelt sich hierbei um die konservative Schätzung des ökologischen Potentials der total zur Verfügung stehenden Biomasse zur Gewinnung von Biofuels aus nachwachsenden Rohstoffen in der Landwirtschaft (Ackerkulturen, Kunstwiesen, Energiepflanzen). Für das Jahr 2025 wird angenommen, dass aufgrund des weltweiten Klimawandels die Sicherheit der Nahrungsmittelproduktion wieder ein wichtigeres Thema wird. Es wird eine Tendenz in Richtung Extensivierung und eine Verschiebung der Produktion zugunsten der Tierhaltung angenommen. Für das Jahr 2040 wird angenommen, dass die Ackerfläche im Vergleich zu 2025 konstant bleibt und sich der Anteil an Energiepflanzen auf 10% der offenen Ackerfläche erhöht (45'000 ha).		Bundesamt für Energie (BFE), Dezember 2004, Forschungsprogramm Energiewirtschaftliche Grundlagen, Potentiale zur Energetischen Nutzung von Biomasse in der Schweiz. Auftragnehmer: INFRAS, EPFL, Ingenieurbüro HERSNER, MERITEC GmbH, Umwelt- und Kompostberatung Dr. Konrad Schleiss. S. 73-83	
8	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Max.				5.7			8.5	Optimistische Schätzung zu ID7. Für das Jahr 2025 wird angenommen, dass sich bis zu diesem Zeitpunkt ein wirtschaftlicher Absatzmarkt für Energiepflanzen entwickelt. Die Annahmen für das Jahr 2040 stimmen mit denen aus ID 7 überein.		siehe ID7	

9	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential org. Abfällen	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Min.					33		39	Es handelt sich hierbei um die konservative Schätzung des ökologischen Potentials der total zur Verfügung stehenden Biomasse zur Gewinnung von Biofuels aus organischen Abfällen (Ernterückstände, Gülle, Mist und Abfälle aus Industrie, Gewerbe und Haushalten; ohne Altholz und Restholz). Es wird angenommen, dass der Tierbestand bis 2010 um 8% zunimmt und bis 2025 bis auf den Stand vom Jahr 2003 abnimmt. Für das Jahr 2025 wird angenommen, dass die energetische Nutzung zunehmen wird und vermehrt in Kombination mit einer stofflichen Nutzung eingesetzt wird. Es wird zudem angenommen, dass der Biomasseanfall in der Lebensmittelindustrie aufgrund einer konstanten Bevölkerungszahl in etwa konstant bleibt. Bis zum Jahr 2040 wird das Potential als konstant angenommen. Zudem wird angenommen, dass der Transportaufwand für die Sammlung von Gülle und Mist aufgrund eines Trends hin zu Extensivierung der Zierhaltung grösser wird. Es wird zudem angenommen, dass das theoretische Potential der Abfälle konstant bleibt.		siehe ID7
10	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential org. Abfällen	BFE	2004	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Petajoule	Max.					42		50	Optimistische Schätzung zu ID9. Die Annahmen stimmen mit ID9 überein.		siehe ID7
11	Energiepersp. Biofuels allg. Min.	BFE	2007	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Min.				0		1	Anteil der erneuerbaren Energien an der Treibstoffnachfrage, in Prozent. Das Minimalszenario, das den Energieperspektiven 2035 entnommen werden kann, entspricht dem "Szenario I - Weiter wie bisher". Dieses Szenario ist massnahmenorientiert, es wird die Wirkung beschlossener und in Kraft gesetzter Instrumente dargestellt. Energetische Zulassungsvorschriften und Zielvereinbarungen gemäss Energiegesetz des Bundes werden weitergeführt und (verzögert) den technischen Fortschritten angepasst.		Bundesamt für Energie (BFE), Januar 2007, Die Energieperspektiven 2035 - Band 1, Synthese.	
12	Energiepersp. Biofuels allg. Max.	BFE	2007	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.				7		12	Anteil der erneuerbaren Energien an der Treibstoffnachfrage, in Prozent. Das Maximalszenario, das den Energieperspektiven 2035 entnommen werden kann, entspricht dem "Szenario IV - 2000-Watt-Gesellschaft". In diesem Szenario wird ein energiepolitischer Paradigmenwechsel erwartet, welcher die Marktdurchdringung neuer Technologien und Strukturänderungen miteinschliesst. Als zentrales Instrument wird die Einführung einer Lenkungsabgabe erwähnt.		siehe ID11	

13	EFD Biogas Mid.	Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD)	2006	Biogas	Nachfrage	Absolute Menge	Kilogramm	Mid.	6'000'000									Ausgehend von Zahlen für Erdgas: Beimischung von 10% im Jahr 2010.		Eidgenössisches Finanzdepartement (EFD), 2006, Erläuternder Bericht zur Änderung des Mineralölsteuergesetzes, Fiskalische Förderung von Erd- und Flüssiggas sowie Biogas und anderen Treibstoffen aus erneuerbaren Rohstoffen	
14	EFD Bioethanol Mid.	EFD	2006	Bioethanol	Nachfrage	Absolute Menge	Liter	Mid.	200'000'000									Zahlen gemäss Projekt etha+ der alcosuisse: Für 2007 wird der Anteil des „Benzin5“ (Benzin mit maximal 5 % Ethanol) auf 30 %, für 2010 auf 100 % des gesamten Benzinabsatzes geschätzt. Die Beimischung von 5 % Ethanol auf den gesamten Benzinabsatz ist eher optimistisch. Generell kann von einer Beimischungsbandbreite von 2-5 % ausgegangen werden. Das benötigte Ethanol soll zu einem Drittel in der Schweiz produziert und zu zwei Dritteln aus dem Ausland importiert werden. Gemäss Projekt etha+ sollen zusätzlich zu der bereits bestehenden Anlage im Jahr 2007 und dann 2009/2010 nochmals je eine Anlage in Betrieb genommen werden.		siehe ID13	
15	EFD Biodiesel Mid.	EFD	2006	Biodiesel	Nachfrage	Absolute Menge	Liter	Mid.	70'000'000									Ausgehend von einer Beimischung von 2 % Rapsmethylester und dgl. zu Dieselöl für das Jahr 2010. Es ist grundsätzlich mit einer Beimischung von max. 5 % zu rechnen. Die Flächendeckung ist jedoch nicht abschätzbar, da das Angebot im europäischen Raum nicht genügend bekannt ist. Die Anbauflächen von Raps sowie die Verarbeitungskapazitäten zur Herstellung von Methylester könnten ausgedehnt werden. Trotz der Steuerbefreiung wirkt sich die Wertschöpfung am Markt im heutigen Preisumfeld limitierend auf die Methylesterherstellung aus. Durch die EU-Osterweiterung wird das Angebot in Europa voraussichtlich stark zunehmen. Gleichzeitig wird auch die Nachfrage zunehmen, so dass offen ist, wie viel Ware tatsächlich auf den Schweizer Markt gelangen wird.		siehe ID13	
16	BiomassEnergie Biofuels allg. Max. absolut	BiomassEnergie	2006	Biofuels allg.	Angebot	Absolute Menge	Liter	Max.			470'000'000							Maximale Ausnützung der Biomassenpotentiale. Weitere Teile des berechneten Potentials verteilen sich mit 2.6 TWh auf Strom und mit 5.3 TWh auf Wärme. Annahmen: Kostendeckende Einspeisetarife für Strom, Biofuels steuerbefreit, Raumplanung öffnet Landwirtschaftszonen, Förderung von Pilot- und Demonstrationsanlagen, Budgets für Energieforschung erhöht, Darlehen für innovative Unternehmen, allg. nationale Zielsetzung zur einheimischen Energieproduktion aus Biomasse. Räumliche Anlageentwicklung wurde mit GIS modelliert.	In Benzinäquivalenten angegeben. Die Annahmen wurden grösstenteils aus BFE (2004) übernommen. Ausser bei der Landwirtschaft wurden optimistischere Annahmen getroffen: Das landw. Biomassepotential (Hofdünger, Anbaubiomasse) wird vollständig genutzt. Heute vorhandene Tierbestände und eine Fruchtfolge mit maximalem Anteil für die Energieproduktion wurden angenommen. Zudem sollen org. Abfälle, die heute KVA landen, vollständig zur Produktion von Bioenergie genutzt werden.	Energie Schweiz, BiomassEnergie, 2006, Potentiale und Rahmenbedingungen, Präsentation an der Infoveranstaltung an der AGRAMA vom 01.12.2006 Erneuerbare Energien, Sondernummer 2006, Energieproduktion in der Landwirtschaft, Potenzialstudie: Vision Bioenergie 2020	

17	BiomassEnergie Biofuels allg. Max. %	BiomassEnergie	2006	Biofuels allg.	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.				8					siehe ID16; Annahme 20%ige Verbrauchszunahme bis 2020.	siehe ID16	siehe ID16	% zu ID16
18	KaufmannMail Bioethanol Nachfrage Max.	BFE	2006	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	5					20			Max. Potential, Michael Kaufmann hat in E-Mail angegeben, dass diese Zahlen auf der Biomassenpotentialstudie des BFE aus dem Jahr 2004 und auf Modellrechnungen im Rahmen der Energieperspektiven basieren. Die Zahlen für das Jahr 2010 hat er dabei nicht explizit auf dieses Jahr, sondern als "innert einiger Jahre" beschrieben.		E-Mail vom 23. Oktober 2006 von Michael Kaufmann, Programmleiter EnergieSchweiz und Vizedirektor des BFE's	
19	KaufmannMail Biodiesel Nachfrage Max.	BFE	2006	Biodiesel	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	5					20			siehe ID18		siehe ID18	
20	KaufmannMail Biogas Nachfrage Max.	BFE	2006	Biogas	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.	10					30			siehe ID18		siehe ID18	
21	KaufmannMail Biofuels allg. Nachfrage Mid.	BFE	2006	Biofuels allg.	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Mid.	5								Menge Bioethanol, die nach Michael Kaufmann "innert einiger Jahre" erreicht werden wird. Nach Michael Kaufmann basieren die Zahlen auf der Biomassenpotentialstudie aus dem Jahr 2004 und auf Modellrechnungen im Rahmen der Energieperspektiven. Die Zahlen für das Jahr 2010 hat er dabei nicht explizit auf dieses Jahr, sondern als "innert einiger Jahren" beschrieben.		siehe ID18	
22	KaufmannMail Bioethanol Angebot Max.	BFE	2006	Bioethanol	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						5			Längerfristiger inländischer Anteil der Produktion. Nach Michael Kaufmann basieren die Zahlen auf der Biomassenpotentialstudie aus dem Jahr 2004 und auf Modellrechnungen im Rahmen der Energieperspektiven.		siehe ID18	
23	KaufmannMail Biodiesel Angebot Max.	BFE	2006	Biodiesel	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						5			siehe ID22		siehe ID18	
24	KaufmannMail Biogas Angebot Max.	BFE	2006	Biogas	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Max.						10			siehe ID22		siehe ID18	

25	Bauernverband Biofuels allg. Mid.	Schweizerischer Bauernverband	2007	Biofuels allg.	Angebot	Prozentualer Anteil	%	Mid.				1			Mittelfristiger (bis zum Jahr 2015/2020) inländischer Anteil von Biofuels durch die Produktion mit inländischer Biomasse. Bezieht sich nur auf 1. Generation der Biofuels. Zahl basiert auf eigenen Berechnungen zum Potential nach Schätzungen zu den Erträgen der relevanten Kulturen und den Preisverhältnissen. Weitere Entwicklung von versch. Faktoren (Erdölpreise, Preise für Ackerbaupolitik und Welthandel, EU-Handelsabkommen, Entwicklung der Biofuelsstechnologien und die bewusste politische Förderung) abhängig.		Telefongespräch vom 14.03.2007 mit Heinz Hännli, Fachexperte Energie, Umwelt & Transport des Schweizerischen Bauernverbands
26	BiomassEnergie Biogas Max.	BiomassEnergie	2002	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Fahrzeugkilometer / Jahr	Max.	1'000'000'000						Würden in der Schweiz alle organischen Abfälle (ca. 1 Mio. Tonnen/Jahr) vergärt und das Biogas als Treibstoff eingesetzt, könnten damit 1 Mrd. Fahrzeugkilometer/Jahr zurückgelegt werden (entspricht 100 000 Autos, welche je 10 000 km pro Jahr fahren). Rund 5-10% aller verbrauchsgünstigen Fahrzeuge könnten somit mit dem sauberen Treibstoff Biogas betrieben werden. Es wurde zu dieser Zahl kein Bezug zu einer Jahreszahl hergestellt.		BiomassEnergie, 2002, Salat im Tank - Migros-Lastwagen fahren mit Biogas. Und Sie?, S. 2 zu Potential für die Schweiz
27	KaufmannTagi Bioethanol Nachfrage Max.	BFE	2006	Bioethanol	Nachfrage	Prozentualer Anteil	%	Max.				6			"Das Potential [...] Bioethanol [schätzt das Bundesamt für Energie] auf weniger als 6 Prozent bis zum Jahr 2020"		Statement von Michael Kaufmann (BFE) im Artikel im Tages-Anzeiger vom 08.12.2007, verfasst von Richard Diethelm.
28	Gasmobil Biogas Angebot Min.	Gasmobil AG	2007	Biogas	Angebot	Absolute Menge	Kilogramm	Min.	3'000'000						"Wir gehen bis 2010 von einem Anwachsen der Erdgasfahrzeugpopulation auf ca. 30'000 Einheiten aus (Zieldefinition der Industrie). Diese konsumieren zusammen ca. 30'000'000kg Methantriebstoff (entspricht 45Mio Liter Benzin) pro Jahr. Von der abgesetzten Treibstoffmenge werden (unter Voraussetzung die Biogasindustrie kann die Nachfrage befriedigen) immer mindestens 10% Biogase sein (aktuell 26.5%). Das heisst, mindestens 3'000'000kg Biogas (entspricht 4.5Mio Liter Benzin) pro Jahr. Hierzu gibt es eine Vereinbarung zwischen der Erdgas- und der produzierenden Biogas-Industrie."		E-Mail vom 27.03.2007 von Ralph Tschopp, Gasmobil AG.

Anhang B

Umrechnungen für den Vergleich der Szenarien in Abschnitt 4.2:

ID	Bezeichnung der ID	Mengen angegeben in	Entsprechender Energiegehalt	Masseinheit des Energiegehalts	Totaler Treibstoffverbrauch (PJ/Jahr)	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	Bemerkungen	Umrechnungen
1	BFE2004 Biogas Min. ökon. Potential absolut	Liter Benzin	3.60E-08	P/Jl	222.968				49000000			72000000	Da die Mengen in der Prognose in Liter Benzin angegeben sind und der angenommene Energiegehalt von Benzin (10 kWh = 1 Liter Benzin) angegeben ist, wird für die Umrechnung dieser Faktor verwendet.	1 kWh = 3.6·10 ⁻⁹ PJ; Folglich: Energiedichte von Benzin: 3.6·10 ⁻⁸ PJ/l
1.1	Umrechnung	Prozent							0.79%			1.16%		
3	BFE2004 Biogas Max. ökon. Potential absolut	Liter Benzin	3.60E-08	P/Jl	222.968				161000000			212000000	Siehe ID 1	Siehe ID 1
3.1	Umrechnung	Prozent							2.60%			3.42%		
5	BFE2004 Bioethanol Alcosuisse absolut	Liter Bioethanol	2.17E-08	P/Jl	222.968	243000000			451000000			418000000		Es wird der im Text angegebene Umrechnungsfaktor für Bioethanol verwendet.
5.1	Umrechnung	Prozent				2.36%			4.39%			4.07%		
7	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	Petajoule			222.968				2.8			5.7		Werte bereits in PJ angegeben, und daher keine Umrechnung notwendig.
7.1	Umrechnung	Prozent							1.26%			2.56%		
8	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential nachw. Rohstoffe	Petajoule			222.968				5.7			8.5		siehe ID7
8.1	Umrechnung	Prozent							2.56%			3.81%		
9	BFE2004 Biofuels allg. Min. ökolog. Potential org. Abfällen	Petajoule			222.968				33			39		siehe ID7
9.1	Umrechnung	Prozent							14.80%			17.49%		
10	BFE2004 Biofuels allg. Max. ökolog. Potential org. Abfällen	Petajoule Biofuels allg.			222.968				42			50		siehe ID7
10.1	Umrechnung	Prozent							18.84%			22.42%		
11	Energiepersp. Biofuels allg. Min.	Prozent Biofuels allg.						0%			1%			Keine Umrechnung notwendig
12	Energiepersp. Biofuels allg. Max.	Prozent Biofuels allg.						7%			12%			siehe ID11
13	EFD Biogas Mid.	Kilogramm Biogas	5.00E-08	PJ/kg	222.968	6000000							Es werden die im Text erwähnten Umrechnungsfaktoren verwendet.	Energiedichte = 36 MJl / 0.72 kg/l = 50 MJ/kg
13.1	Umrechnung	Prozent				0.13%								
14	EFD Bioethanol Mid.	Liter Bioethanol	2.17E-08	P/Jl	222.968	200000000							siehe ID13	Energiedichte = 21.7 MJl
14.1	Umrechnung	Prozent				1.95%								
15	EFD Biodiesel Mid.	Liter Biodiesel	3.27E-08	P/Jl	222.968	70000000							siehe ID13	Energiedichte = 32.7 MJl
15.1	Umrechnung	Prozent				1.03%								
16	BiomassEnergie Biofuels allg. Max. absolut	Liter Benzin	3.25E-08	P/Jl	222.968			470000000					Es werden die im Text erwähnten Umrechnungsfaktoren verwendet.	Energiedichte = 32.5 MJl
16.1	Umrechnung							6.85%						
18	KaufmannMail Bioethanol Nachfrage Max.					5%						20%		
19	KaufmannMail Biodiesel Nachfrage Max.					5%						20%		
20	KaufmannMail Biogas Nachfrage Max.					10%						30%		
21	KaufmannMail Biofuels allg. Nachfrage Mid.					5%								
22	KaufmannMail Bioethanol Angebot Max.											5%		
23	KaufmannMail Biodiesel Angebot Max.											5%		
24	KaufmannMail Biogas Angebot Max.											10%		
25	Baumwettbewerb Biofuels allg. Mid.							1%						
27	KaufmannTagi Bioethanol Nachfrage Max.							6%						
28	Gasmobil Biogas Angebot Min.	Kilogramm Biogas	5.00E-08	PJ/kg	222.968	3000000							Es werden die im Text erwähnten Umrechnungsfaktoren verwendet	Energiedichte = 36 MJm ³ / 0.72 kg/m ³ = 50 MJ/kg
28.1	Umrechnung	Prozent				0.07%								

Anhang C

Liste der kontaktierten Akteure:

Institution	Personen	Antwort erhalten	Angaben verwendet
Agriforest SA	Willem Pleines		
Agroenergie GmbH	Urs Kilchenmann		
Agrola	Hansruedi Henggeler	x	
Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART)	Thomas Kägi	x	
	Ulrich Wolfensberger		
Alcan Technology & Management	Gerald Rebitzer	x	
Alcosuisse	Pierre Schaller	x	
Amt für Umweltschutz und Energie BL	Sabine Stöcklin		
Bank Sarasin & Co. AG	Matthias Fawer		
Biodrive AG	Patrick Keller	x	
Biomasse Schweiz	Arthur Wellinger		
Biopower Nordwestschweiz AG	Mike Keller		
Borregard Schweiz AG			
Bundesamt für Energie (BFE)	Michael Kaufmann	x	
	Lukas Gutzwiller		x
Carbotech	Fredy Dinkel		
Composto Plus	René Estermann	x	
e'mobile	Susanne Wegmann	x	
econcept AG	Walter Ott		
ecos	Daniel Lehmann		
Ernst Basler + Partner (EBP)	Katharina Serafimova		
	Roger Walther	x	x
	Hans-Christian Angele		
EMPA SG	Marcel Gauch		
Erdöl-Vereinigung	Armin Heitzer	x	
Ergas Zürich AG	Peter Mischler		
Gasmobil AG	Ralph Tschopp	x	x
Genesys GmbH	Mathias Spicher	x	
Holzenergie Schweiz	Christoph Rutschmann	x	
INFRAS	Natascha Kljun	x	
	Bernhard Oettli		
Intep - Integrale Planung GbmH	Severin Lenel		
Industrielle Werke Basel (IWB)	Sven Schlittler	x	
Jenni Energietechnik AG	Josef Jenni	x	
Kompogas AG		x	
Migrol			
Paul Scherrer Institut	Samuel Stucki		
RB Bioenergie AG			
ROM AG			

Schweizer Bauernverband	Heinz Hänni	x	x
Schweizerischer Verband für Landtechnik (SVLT)			
Schweizerische Energiestiftung (SES)	Jürg Buri	x	
	Bernhard Piller		
sinum AG	Martin Kilga		
Umweltschutzfachstelle Stadt Zürich	Beat von Felten	x	
Verband der Schweizerischen Gasindustrie (VSG)	Andreas Grossen		
Verenum	Thomas Nussbaumer		
Volkswagen AG	Martin Lohrmann	x	
WWF	Patrick Hofstetter	x	