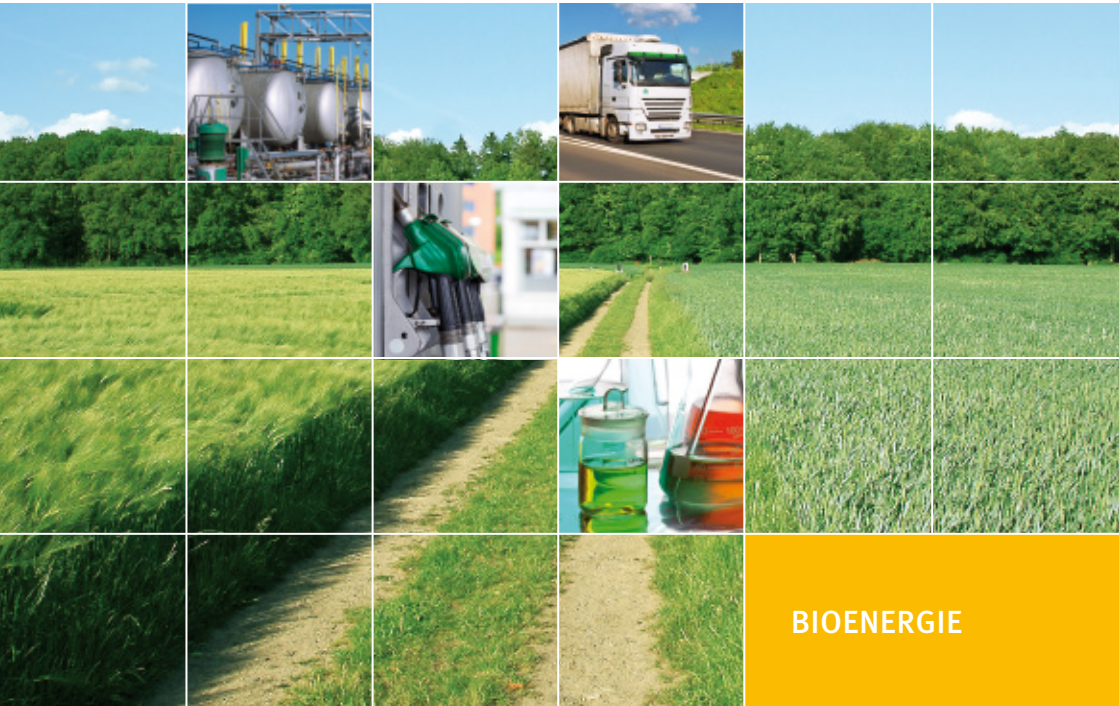


BIOKRAFTSTOFFE



BIOENERGIE

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IMPRESSUM

Herausgeber

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

OT Gülzow, Hofplatz 1

18276 Gülzow-Prüzen

Tel.: 03843/6930-0

Fax: 03843/6930-102

info@fnr.de

www.fnr.de

Gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und
Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Redaktion

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR),

Abteilung Öffentlichkeitsarbeit

Bilder

Titel: Heiner Witthake, zorandim75, kasto, am, Alex Ishchenko/alle Fotolia.com

Sofern nicht am Bild vermerkt: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)

Gestaltung/Realisierung

www.tangram.de, Rostock

Druck

www.druckerei-weidner.de, Rostock

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 183

4. Auflage

FNR 2014

BIOKRAFTSTOFFE



INHALT

1	Einleitung	4
1.1	Definition	4
1.2	Warum Biokraftstoffe?	5
1.2.1	Versorgungssicherheit und Ressourcenschutz	5
1.2.2	Klimaschutz	6
1.2.3	Wertschöpfung im ländlichen Raum	8
2	Biokraftstoffe in Deutschland – Der Markt und die Rahmenbedingungen	10
3	Kraftstoffe aus nachhaltiger Biomasse	13
3.1	Haben wir genügend Flächen?	13
3.2	Nachhaltigkeit und Zertifizierung von Biokraftstoffen	14
3.3	Indirekte Landnutzungsänderungen (ILUC)	16
4	Derzeit verfügbare Biokraftstoffe	17
4.1	Pflanzenöl als Kraftstoff	17
4.1.1	Rohstoffe	18
4.1.2	Herstellung	18
4.1.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	19
4.1.4	Verbreitung/Nutzung	20
4.1.5	Umweltaspekte	21
4.2	Biodiesel	22
4.2.1	Rohstoffe	22
4.2.2	Herstellung	23
4.2.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	24
4.2.4	Verbreitung/Nutzung	26
4.2.5	Umweltaspekte	26
4.3	Ethanol	28
4.3.1	Rohstoffe	28
4.3.2	Herstellung	29
4.3.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	30
4.3.4	Verbreitung/Nutzung	32
4.3.5	Umweltaspekte	34

4.4	Biomethan	35
4.4.1	Rohstoffe	36
4.4.2	Herstellung	37
4.4.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	37
4.4.4	Verbreitung/Nutzung	38
4.4.5	Umweltaspekte	39
4.5	Hydrierte Pflanzenöle (HVO)	41
4.5.1	Rohstoffe	41
4.5.2	Herstellung	42
4.5.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	42
4.5.4	Verbreitung/Nutzung	43
4.5.5	Umweltaspekte	44
4.6	Elektromobilität und Biokraftstoffe	44
5	Künftige Biokraftstoffoptionen	46
5.1	BtL-Kraftstoffe	46
5.1.1	Rohstoffe	47
5.1.2	Herstellung	47
5.1.3	Kraftstoffeigenschaften und -qualität	49
5.1.4	Verbreitung/Nutzung	49
5.1.5	Umweltaspekte	50
5.2	Bioethanol aus Lignocellulose	50
5.3	Biobutanol	51
5.4	Wasserstoff	51
5.5	Biokraftstoffe aus Algen	53
6	Ausblick	54
7	Weiterführende Informationen	56

1 EINLEITUNG

Mobilität, das Sich-Fortbewegen können, ist ein Grundbedürfnis des Menschen. Als „Animal migrans“, ein Wesen, das wandert, um zu leben, hat die Wissenschaftlerin Gabriele Geiger den Menschen einmal bezeichnet.

Tatsächlich sicherte oder erleichterte Mobilität der Menschheit lange Zeit das Überleben, sie bedeutete einen Zuwachs an Kommunikation, Wissen und Wohlstand. Heute, im Zeitalter moderner Technik und hoher Bevölkerungsdichte, sind die Massenverkehrsmittel zum „Fluch und Segen zugleich“ geworden: Sie stehen für Freiheit, Teilhabe und Erlebnis, aber auch für Stress, Zersiedelung und Umweltschäden.

Versuche, Mobilität einzuschränken, werden als Gängelung und Freiheitsentzug wahrgenommen und erzeugen Widerstände. Das

Grundbedürfnis als solches ist nicht abschaffbar, wir können nur versuchen, seine negativen Begleiterscheinungen einzudämmen. Diese Broschüre beschäftigt sich mit einem kleinen Teilbereich aus dem großen Themenkomplex Mobilität, Verkehr und Verkehrsmittel: Mit Biokraftstoffen für Verbrennungsmotoren, die zum Beispiel Pkws, Lkws, land- und forstwirtschaftliche Maschinen, Schiffe und Flugzeuge antreiben.

1.1 Definition

Als Biokraftstoffe bezeichnet man flüssige oder gasförmige Energieträger, die aus pflanzlicher oder – in seltenen Fällen – tierischer Biomasse gewonnen werden. Sie zählen zu den erneuerbaren Energien wie Wind-, Wasser- und Solarenergie, weil Pflanzen immer wieder nachwachsen, sofern die hierfür erforderlichen Ressourcen – wie die landwirtschaftliche Nutzfläche – nachhaltig eingesetzt werden. Biokraftstoffe lassen sich grundsätzlich in am Markt eingeführte und zukünftige Biokraftstoffoptionen unterscheiden.

Als **markteingeführte Biokraftstoffe** werden Kraftstoffe bezeichnet, die über etablierte Produktionsverfahren hergestellt werden. Sie sind in signifikanten Mengen am Markt verfügbar oder können über vorhandene Technologien verfügbar gemacht werden. Die Antriebstechnologien, in denen diese Biokraftstoffe zum Einsatz kommen,



Luftfahrt: ohne flüssige Kraftstoffe undenkbar

sind etabliert oder für eine Masseneinführung verfügbar. Zu diesen Biokraftstoffen zählen z.B. Pflanzenöl, Biodiesel sowie über die Vergärung von Biomasse erzeugtes Ethanol und Biomethan sowie hydrierte Pflanzenöle (HVO).

Zu den **zukünftigen Biokraftstoffoptionen** zählen synthetische Kraftstoffe aus Biomasse (BtL-Kraftstoffe), Ethanol aus Cellulose, Biokraftstoffe aus Algen und Biowasserstoff. Im Vergleich zu den markteingeführten Biokraftstoffen befinden sich ihre Herstellungsverfahren im frühen Stadium der technischen Entwicklung bis hin zu Pilot- und Demonstrationsanlagen.

Über eine Einteilung in 1., 2. oder 3. Generation lassen sich Biokraftstoffe nur bedingt definieren. Denn in Abhängigkeit der gewählten Kriterien (Kosten, Rohstoff oder Entwicklungsstand des Herstellungsprozesses) variieren die Ergebnisse.

1.2 Warum Biokraftstoffe?

1.2.1 Versorgungssicherheit und Ressourcenschutz

Benzin, Diesel, Flug- und andere Kraftstoffe werden aus Erdöl hergestellt, dessen weltweite Vorräte in absehbarer Zeit zur Neige gehen. Wirtschaftlich entscheidend ist sicher nicht die Frage nach dem genauen Zeitpunkt des endgültigen Versiegens, sondern die nach der Kostenentwicklung des knapper werdenden Rohstoffs: Je teurer das Erdöl wird, desto unwirtschaftlicher ist sein Einsatz als Kraftstoff.

1973/74 kletterte der Ölpreis von 3 auf 12 \$ je Barrel und verursachte im Zuge der ersten „Ölkrise“ einen starken Wirtschaftseinbruch. Heute dreht sich die Preisspirale weniger schnell, dafür aber auf höherem Niveau: Die Rohölsorte UK-Brent kostete im Jahr 2001 im Schnitt etwa 24 \$ pro Barrel, derzeit liegt der Durchschnittspreis für ein Fass bei über 100 \$. Auch wenn die Preise zwischenzeitlich wieder etwas moderater ausfallen, steht fest, dass Öl als begrenzter Rohstoff knapper und damit langfristig immer teurer wird.

Im Verkehrssektor ist die Abhängigkeit vom Erdöl besonders groß: Der komplette straßengebundene Verkehr, die Luft- und Seeschifffahrt, die Land- und Forstwirtschaft und ein gewisser Anteil des Schienenverkehrs (bei der Bahn zum Beispiel rund 10 %) hängen von Benzin, Diesel, Kerosin oder Schiffsdiesel aus Erdöl ab.

Insofern bieten Biokraftstoffe als erneuerbare Kraftstoffe die Chance, die Abhängigkeit vom und den Verbrauch von Erdöl zu mindern und die Versorgung mit Kraftstoffen zu sichern. Die Mobilität ist neben Wärme und Strom einer der wesentlichen Bereiche, in denen Menschen Energie nachfragen. Die Europäische Union (EU) benennt den Verkehrssektor dabei als den Bereich, in dem das Problem der Versorgungssicherheit am größten ist. In ihrer Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien von 2009 hat sie deshalb ein verbindliches Ziel für alle ihre Mitgliedsstaaten festgelegt: Mindestens 10 % der Energieträger im Verkehrsbereich sollen im Jahr 2020 aus erneuerbaren Energien

gewonnen werden. Die EU will damit nicht nur Versorgungsengepässen entgegenwirken, sondern zugleich wirtschaftliche Entwicklungen anstoßen, die auch den ländlichen Räumen in den Mitgliedsstaaten zu Gute kommen können. Denn im Gegensatz zum Erdöl, das überwiegend nach Europa importiert wird, sind Biokraftstoffe zu großen Teilen in den europäischen Staaten herstellbar. Sie tragen dazu bei, die Abhängigkeit Europas von den Öllieferungen aus krisenanfälligen Regionen zu verringern.

10 % erneuerbare Energien können das Versorgungsproblem im Verkehrsbereich langfristig natürlich nicht lösen, deshalb muss der erneuerbare Anteil perspektivisch weiter steigen. Große Hoffnungen verknüpfen sich hier mit der Elektromobilität aus erneuerbarem Strom, aber auch sparsamere und effizientere Autos, mehr öffentlicher Nahverkehr und andere neue Mobilitätskonzepte sind Bausteine einer erfolgreichen Energiewende im Verkehrsbereich.

1.2.2 Klimaschutz

Kohlendioxid (CO_2) ist eines der für den Treibhauseffekt relevantesten Gase. Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen große Mengen zusätzliches CO_2 und tragen so zum weltweiten Anstieg der Durchschnittstemperaturen bei – von Beginn des 20. Jahrhunderts bis heute waren es etwa $0,8^\circ\text{C}$. Klimawissenschaftler rechnen mit einem weiteren Anstieg bis Ende dieses Jahrhunderts zwischen 2 und 6°C . Zum Vergleich: Die Temperaturen in der letzten Eiszeit, die vor etwa 10.000 Jahren zu Ende ging, lagen global „nur“ etwa 5 – 6°C tiefer als heute!

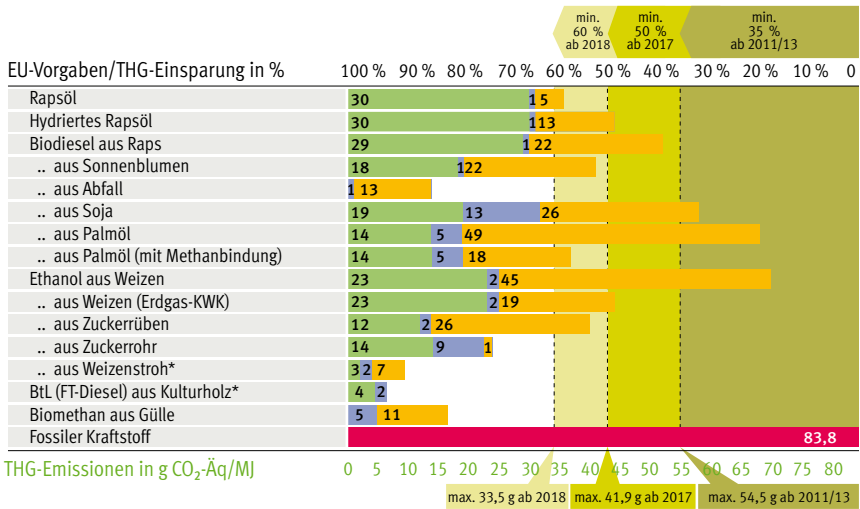


Erneuerbare Anteile im Kraftstoff sind heute Standard.

Mit der Nutzung von Biokraftstoffen kann dem Klimawandel entgegengewirkt werden, denn sie setzen bei ihrer Verbrennung etwa nur die Menge an CO_2 frei, die die Pflanzen während des Wachstums aus der Atmosphäre entnommen haben. Auch fossile Rohstoffe sind vor langer Zeit aus pflanzlicher und tierischer Biomasse entstanden und stellen insofern gigantische CO_2 -Speicher da. Doch während ihre Entstehung Jahrmillionen in Anspruch nahm, verbrennt die Menschheit sie nun innerhalb weniger Jahrhunderte. Damit belastet das freiwerdende CO_2 die Atmosphäre heute zusätzlich, während bei der Nutzung von Pflanzen der Kreislauf als nahezu geschlossen gelten kann. Die Entstehung von Erdöl läuft so langsam ab, dass ihre CO_2 -Bindung den Klimawandel nicht bremsen könnte.

Allerdings sind auch Biokraftstoffe nicht 100-prozentig klimaneutral, denn für Anbau und Umwandlung der Biomasse wird Energie aufgewendet, die heute zum Großteil noch aus fossilen Quellen stammt. Je nach Rohstoff und Herstellungsprozess verringert

STANDARD-THG EMISSIONEN FÜR BIOKRAFTSTOFFE



■ Anbau ■ Transport ■ Verarbeitung

* künftige Biokraftstoffoptionen,
Basis: Standardwerte nach 2009/28EG

Quelle: FNR nach UFOP (2011 – EU-RL 2009/28EG)

© FNR 2011

dieser Energieaufwand die Treibhausgas-Einsparung gegenüber den fossilen Pendanten. Um wenig effizienten Biokraftstoffen den Marktzugang zu erschweren, hat die EU in ihrer Erneuerbare-Energien-Richtlinie einen Mindestwert von 35 % für die Treibhausgas-einsparung festgelegt. Hält ein Kraftstoff dies nicht ein, ist er auf die z.B. in Deutschland geltende Biokraftstoffquote nicht anrechenbar. Die Mindestwerte verschärfen sich sukzessive und sollen so sicherstellen, dass Biokraftstoffe immer klimaschonender werden.

Mit der Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien hat die EU Nachhaltigkeitskriterien, unter anderem Mindestwerte für die Einsparung von Treibhausgasemissionen (THG) von Biokraftstoffen festgelegt. Bezogen auf den fossilen Vergleichskraftstoff – als Referenzwert gelten 83,8 g CO₂-Äquivalente je Megajoule – müssen Biokraftstoffe die Emissionen von THG entlang der gesamten Produktions- und Verwendungskette derzeit um 35 % und ab 2017 um 50 % reduzieren.¹ Für die Berechnung der THG-Emissionen

¹ Neuanlagen ab Baujahr 2017 müssen ab 2018 eine THG-Einsparung von 60 % erreichen.

wurden konservative Standardwerte für den Rohstoffanbau, den Transport und den Herstellungsprozess definiert. Unternehmen können für ihre Berechnung auf diese Standardwerte zurückgreifen oder alternativ dazu detaillierte Einzelberechnungen vornehmen. Letzteres bietet sich vor allem dann an, wenn es sich um moderne Anlagen handelt, die deutlich bessere THG-Minderungswerte erzielen können als der Durchschnitt.

Die Einsparung der THG-Emissionen ist sowohl Voraussetzung für die Anrechnung auf die Biokraftstoffquote als auch für die Steuerermäßigung von Biokraftstoffen.

1.2.3 Wertschöpfung im ländlichen Raum

Der ländliche Raum ist naturgemäß der Ort, an dem die Energiepflanzen für Biokraftstoffe angebaut werden. Und auch die Weiterverarbeitung in Ölmühlen, Biodiesel- und Ethanolanlagen und die Aufbereitung von Biogas zu erdgasgleichem Biomethan finden im ländlichen Raum statt und schaffen dort Arbeitsplätze, Einkommen, Unternehmensgewinne und Steuereinnahmen. Diese können die ländlichen Regionen in der Regel gut gebrauchen, denn viele von ihnen haben mit Schrumpfungsprozessen zu kämpfen. Während vor 100 Jahren noch 38 % der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft arbeiteten, sind es heute gerade mal gut 2 %. Das Phänomen „Landflucht“ verringert die ohnehin sinkenden Bevölkerungszahlen noch weiter. Doch seit einigen Jahren zeichnet sich auch ein gegenläufiger Trend immer deutlicher ab: Mit der Energiewende erfährt der ländliche Raum eine Aufwertung,



denn hier und nicht in den urbanen Zentren liegen die größten Potenziale an Sonnen-, Wind- und Bioenergie. Im Gegensatz zu den überwiegend importierten fossilen Kraftstoffen schaffen Biokraftstoffe – wie andere Bioenergiezweige auch – Wertschöpfungsketten in der Region.

Importeur ist jedoch auch die deutsche Landwirtschaft, und zwar bei Eiweißfuttermitteln. Sojaschrot aus Südamerika ist das häufigste in der Rinderhaltung eingesetzte Eiweißfuttermittel, ferner spielt es auch bei der Schweinefütterung eine Rolle. Auch hier können Biokraftstoffe dazu beitragen, Kaufkraft in der Region zu halten: Bei der Herstellung von Pflanzenöl fällt mit Rapskuchen oder -extraktionsschrot ein proteinreiches Koppelprodukt an, das Soja in vielen Bereichen ergänzen, teilweise sogar ersetzen kann. Auch die bei der Ethanolherstellung anfallende Dünnschlempe enthält Proteine, Fette, Zucker und Stärke und wird als Zusatzfutter verwendet.

BIOKRAFTSTOFFE IN DER MOBILITÄTS- UND KRAFTSTOFFSTRATEGIE

Im Juni 2013 beschloss das Bundeskabinett die Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie der Bundesregierung (MKS). Sie beschreibt die derzeit aussichtsreichsten Ansätze, um im Verkehrssektor die Ziele der Bundesregierung in punkto Versorgungssicherheit und Einsparung von Energie und CO₂-Emissionen zu erreichen. Neben dem bereits genannten EU-Ziel „10 % erneuerbare Energien im Verkehrsbereich bis 2020“ lauten die wichtigsten Ziele in Deutschland:

- Der Endenergieverbrauch im Verkehr soll bis 2020 um rund 10 % und bis 2050 um rund 40 % gegenüber dem Jahr 2005 sinken.
- Die Treibhausgas-Emissionen sollen sektorübergreifend im Strom-, Wärme- und Verkehrsbereich, bezogen auf das Basisjahr 1990, um 40 % bis 2020 und um mindestens 80 % bis 2050 abnehmen.

Als wesentliche Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele benennt die MKS die Nutzung einer breiteren Palette an Kraftstoffen und innovativer Antriebstechnologien. Außerdem müssen Verbrennungsmotoren energieeffizienter und die Verkehrsabläufe optimiert werden.

Innerhalb der Biokraftstoffe sieht die Bundesregierung zudem große Chancen für Biomethan („Bioerdgas“) u. a. aus Rest- und Abfallstoffen sowie Biokerosin für die Luftfahrt. Biomethan aus Reststoffen und Abfällen gilt aufgrund seiner hohen CO₂-Minderungspotenziale und seiner geringen Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion als aussichtsreich. Biokerosin kommt bereits testweise im Flugverkehr zum Einsatz, es basiert meistens auf Pflanzenölen und wird dem fossilen Kerosin beigemischt. Aus Algen oder aus Biogas produziertes Kerosin befindet sich noch im Entwicklungsstadium. Allerdings verfolgt die Branche eigene ehrgeizige Ziele: So will die International Air Transport Association bis 2017 erreichen, dass ihre Mitglieder 10 % ihres Kerosinverbrauchs durch alternative Treibstoffe ersetzen. Biokerosin ist hierfür die einzige momentan greifbare Option. Die Bundesregierung sieht den Biokraftstoff – insbesondere als Übergangslösung zu langfristigen Lösungen wie Algenkraftstoff, Strom-zu-Kerosin und Wasserstoff – als vielversprechend an.

Bei der Nutzung herkömmlicher flüssiger Biokraftstoffe erkennt die Bundesregierung die grundsätzliche Möglichkeit zur Treibhausgasminderung an. Dazu trägt die Umstellung der Biokraftstoffquote auf eine Treibhausgasvermeidungsquote ab 2015 bei. Ähnlich wie die EU sieht die Bundesregierung außerdem Handlungsbedarf bei der ILUC-Problematik, also bei der Verdrängung der Nahrungs- und Futtermittelproduktion durch Biokraftstoffe auf bislang nicht agrarisch genutzte, naturbelassene Flächen.

2 BOKRAFTSTOFFE IN DEUTSCHLAND – DER MARKT UND DIE RAHMENBEDINGUNGEN

Wer heute an die Tankstelle fährt, tankt (auch) Biokraftstoff: Diesel enthält Biodiesel (zum Beispiel aus Raps). Ottokraftstoffen wie Super, Super E 10 usw. ist Ethanol aus Zuckerrüben, Weizen oder Mais beigemischt. Und auch Erdgasfahrzeuge tanken – zumindest anteilig – Biomethan.

Reines Pflanzenöl und reiner Biodiesel hingegen bleiben überwiegend Expeditionen oder landwirtschaftlichen Maschinen vorbehalten, deren Motoren daran gesondert angepasst sind.

Bis zu 5 % Bioethanol im Super, 10 % Bioethanol im Super E 10² und 7 % Biodiesel im Dieselmotoren sowie bis zu 100 % Biomethan im Erdgas sind heute der Standard nicht nur an Deutschlands Zapfsäulen und ohne zusätzliche Modifikationen motoren-tauglich. Andere Länder sind gleichauf oder gehen weiter: So mischen Brasilien (Mischungen bis zu 100 % Bioethanol), Schweden (E 75 mit 75 % Bioethanol) oder die USA (E 15) beispielsweise sehr viel höhere Ethanolanteile bei.

In Deutschland hat sich die Situation in den vergangenen Jahren maßgeblich verschoben. Starteten reine Biokraftstoffe in den 1990er-Jahren noch eine beeindruckende

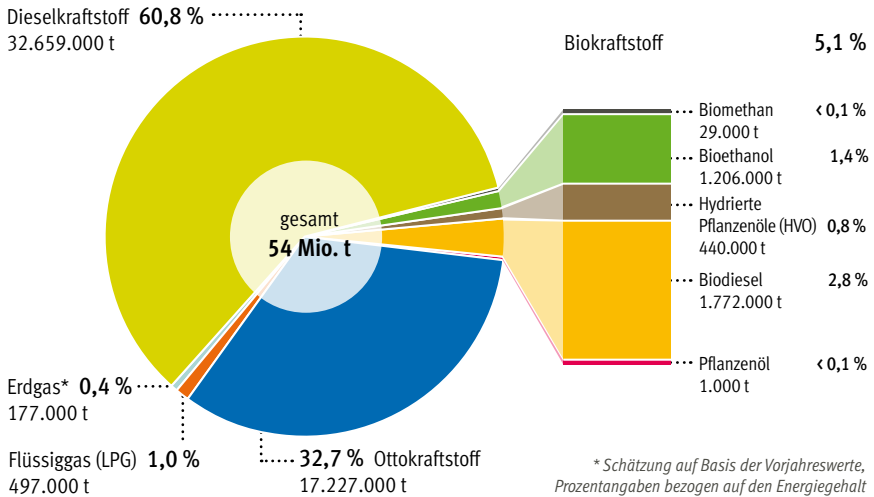
Karriere, wird der Markt heute nahezu ausschließlich von beigemischten Biokraftstoffen dominiert. Reine Biokraftstoffe waren lange Zeit von der Mineralölsteuer befreit und damit ökonomisch attraktiv im Vergleich zu herkömmlichen Kraftstoffen. Parallel dazu gaben seinerzeit viele Hersteller, insbesondere aus dem VW- und dem französischen PSA-Konzern (z. B. Peugeot und Citroën), ihre Motoren z. B. für reinen Biodiesel frei.

Die mit „Euro 4“ und „Euro 5“ vorgenommene Verschärfung der EU-Abgasnormen läutete das vorläufige Ende des Reinbiokraftstoffmarktes ein. Mit ihnen mussten die Hersteller ihre Antriebskonzepte und ihr Motorenmanagement noch stärker auf die Kraftstoffe zuschneiden und erteilten in diesem Zuge keine Freigaben für Reinbiokraftstoffe mehr. In Deutschland beschleunigte die stufenweise Einführung der Energiesteuer auf Reinbiokraftstoffe und die Einführung verbindlicher und voll besteuert Biokraftstoffquoten ab 2006 diesen Prozess.

Derzeit (Stand 2013) beläuft sich der Absatz von Biokraftstoffen auf etwa 3,4 Mio. t oder 5,1 % des gesamten, tendenziell zurückgehenden Kraftstoffverbrauchs in Deutschland. Dabei sind die Märkte (noch) ganz wesentlich von den Rahmenbedingungen

² E 10 ist für viele neuere, aber nicht für alle älteren Ottomotoren einsetzbar: Richtlinien der Fahrzeughersteller beachten.

KRAFTSTOFFVERBRAUCH DEUTSCHLAND 2013



Quelle: BAFA, DVFG, BfE, AGEE-Stat FNR (2014)

© FNR 2014

abhängig: Gemessen an den reinen Herstellungskosten können Biokraftstoffe derzeit in der Regel nicht mit fossilen Kraftstoffen konkurrieren. Hier greift der Staat mit dem Biokraftstoff-Quotengesetz regulierend ein und schreibt bis 2014 einen energetischen Anteil von 6,25 % Biokraftstoffen am gesamten Kraftstoffabsatz verbindlich vor. Biokraftstoffe aus Reststoffen sind aufgrund ihres hohen THG-Einsparungspotenzials doppelt auf diese Quote anrechenbar. Ab 2015 wird der THG-Minderungseffekt dann direkt bewertet und die Mengenquote in eine THG-Minderungsquote umgewandelt. Ab 2015 ist also nicht mehr eine bestimmte Tonnage, sondern ausschließlich eine CO₂-Einsparung

nachzuweisen. In diesem Zuge entfällt die doppelte Anrechnung für Biokraftstoffe aus Reststoffen.

Eine THG-Einsparung müssen Biokraftstoffe auch heute schon belegen: Lassen sich die Treibhausgas-Emissionen mit Biokraftstoffen nicht um wenigstens 35 % im Vergleich zum fossilen Kraftstoff reduzieren, dürfen sie auf die Quote nicht angerechnet werden. Analoges gilt für andere Nachhaltigkeitsanforderungen, die entlang der gesamten Herstellungs- und Lieferkette einzuhalten und nachzuweisen sind. Das Kapitel „Kraftstoffe aus nachhaltiger Biomasse“ geht hierauf detaillierter ein.

Andere Biokraftstoffe sind am Markt nur bedingt verfügbar. Während Biomethan an vielen Erdgastankstellen bereits bezogen werden kann, stecken andere Biokraftstoffe teils im Demonstrations-, teils im Pilotstadium. Bioethanol aus Lignocellulose dürfte nach heutiger Einschätzung in wenigen Jahren marktreif sein, vollsynthetische Biokraftstoffe (BtL) hingegen benötigen noch einiges an Zeit, um den industriellen Maßstab zu erreichen. Biokraftstoffe aus Algen oder anderen Alkoholen befinden sich in einem vergleichsweise frühen Versuchsstadium und werden mittelfristig kaum in nennenswerten, preisgünstigen Mengen am Markt zur Verfügung stehen. Insofern bleiben die klassischen Biokraftstoffe Biodiesel, Ethanol und Pflanzenöl sowie Biomethan auf mittlere Sicht voraussichtlich die wichtigsten erneuerbaren Alternativen im Mobilitätssektor.

DIE SONDERSTELLUNG DER LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT

Für land- und forstwirtschaftliche Betriebe gelten Ausnahmen: Sie können reinen Biodiesel oder reines Pflanzenöl einsetzen und sich den Energiesteuersatz (zurzeit ca. 45 ct/l Biokraftstoff) zurückerstatten lassen. Da diese Betriebe jedoch auch für sogenannten Agrardiesel einen deutlich reduzierten Steuersatz entrichten, bleibt die wirtschaftliche Attraktivität von Biokraftstoffen in diesen Branchen begrenzt. Die überwiegende Mehrheit der land- und forstwirtschaftlichen Unternehmen nutzt deshalb herkömmlichen Diesel mit bis zu 7% Biodiesel. Vor allem bei Betrieben mit eigener Ölmühle können betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen jedoch für den Einsatz selbst produzierter Biokraftstoffe sprechen.



Rapsernte

3 KRAFTSTOFFE AUS NACHHALTIGER BIOMASSE

Biokraftstoffe erleben ein Wechselbad der Wahrnehmungen. Neben den aufkommenden elektrischen Antrieben sind sie derzeit die einzige in größerem Umfang am Markt verfügbare erneuerbare Quelle für Mobilität. Wenn es darum geht, substanzialle Alternativen zu fossilen Kraftstoffen aufzuzeigen und zugleich spürbare Entlastungen bei der Emission von Treibhausgasen durchzusetzen, gelten Biokraftstoffe in Kombination mit der Verbrauchsreduzierung heute als das Mittel der Wahl. Diesen Status behalten sie nach jetzigem Stand der Dinge noch über viele Jahr(zehnt)er, nehmen ihn aber zumindest bis zur flächendeckenden Einführung von elektrisch oder mit Wasserstoff auf der Basis von erneuerbarem Strom angetriebenen Fahrzeugen ein.

Die öffentliche Diskussion konzentriert sich jedoch zunehmend auf die negativen, von Biokraftstoffen ausgelösten Begleiteffekte. „Biokraftstoffe seien nicht nachhaltig“, so lassen sich die landläufigen Vorwürfe pauschal zusammenfassen. Ihre landwirtschaftliche Erzeugung konkurriere um begrenzte Agrarflächen, verursache so steigende Nahrungsmittelpreise und letztlich Hunger in Entwicklungsländern. Außerdem forcieren die Biokraftstoffnutzung die Abholzung des Regenwalds, um dort Palmölplantagen anzulegen, oder begünstigen andere Monokultursysteme mit deutlich negativen ökologischen Auswirkungen. Diese Argumente

wiegen schwer und lassen sich nicht ohne Weiteres aus der Welt schaffen.

Kein Zweifel besteht daran, dass Biokraftstoffe landwirtschaftliche Flächen, derzeit global etwa 2 % der Ackerflächen, für ihre Herstellung binden und schlussendlich mit dazu beitragen, das preisliche Niveau von Agrarrohstoffen anzuheben. Ob teurere Agrarprodukte indes verantwortlich für den Hunger in der Welt zeichnen oder vielmehr die landwirtschaftliche Entwicklung in den Schwellen- und armen Ländern eher befördern, wird unter Wissenschaftlern kontrovers diskutiert.

3.1 Haben wir genügend Flächen?

Die verfügbaren Potenziale an Rest- und Abfallstoffen sind überschaubar, nehmen tendenziell nicht zu und werden bereits heute zu großen Teilen genutzt. Zudem eignen sie sich aufgrund geringer Transportwürdigkeit nur bedingt für zentralisierte Produktionsstrukturen. Sollen Biokraftstoffe also in nennenswertem Umfang die Motoren befeuern, müssen Reststoffpotenziale gehoben, aber auch Energiepflanzen angebaut werden. Die Potenziale dafür sind in Deutschland, Europa und global vorhanden: Mittelfristig stehen in Deutschland 4 Mio. und global ca. 300 Mio. ha für den Anbau



von Rohstoffpflanzen für die energetische und stoffliche Nutzung zur Verfügung, ohne das Primat der Nahrungs- und Futtermittelversorgung auch einer steigenden Bevölkerungszahl in Frage zu stellen. Dementsprechend prognostiziert das Bundesumweltministerium³ für das Jahr 2050 etwa 20 % Biokraftstoffe am gesamten Energieverbrauch des Verkehrssektors. Folgt man diesem Szenario, behaupten sich Biokraftstoffe langfristig deutlich vor Strom, Erdgas oder Wasserstoff im Mobilitätsbereich.

Gleichwohl: Die Ansprüche an die landwirtschaftlichen Flächen sind vielfältig. Nahrungs- und Futtermittel, Umwelt- und Naturschutz, Ökolandbau u. a. extensive Bewirtschaftungsformen brauchen ebenso Fläche wie Rohstoffpflanzen. Hierfür ein ausjustiertes Nebeneinander zu finden, gestaltet sich zu einer großen, dauerhaften Herausforderung.

3.2 Nachhaltigkeit und Zertifizierung von Biokraftstoffen

Nachhaltigkeit ist ein Thema, dem sich Biokraftstoffe bei Anbau, Verarbeitung und Treibhausgasemissionen sehr offensiv und transparent stellen. Für den landwirtschaftlichen Anbau auch von Energiepflanzen hat die Europäische Union mit den sogenannten Cross Compliance-Regelungen hohe Nachhaltigkeitsstandards durchgesetzt.

Ungeachtet dessen ist der Anbau von entsprechenden Energiepflanzen in Europa und insbesondere in Deutschland nicht unumstritten. Allerdings gilt Raps (für Biodiesel) als eine der derzeit wichtigsten Kulturpflanzen, um unsere weitgehend Getreide-dominierten Fruchtfolgen aufzulockern und die Arbeitsspitzen in den landwirtschaftlichen Betrieben zu entschärfen. Zudem fallen

³ Leitstudie, BMU 2011



bei der Rapsverarbeitung erhebliche Proportionen als Koppelprodukt an, die als Futtermittel genutzt und anderenfalls importiert werden müssten. Für die Zuckerrübe (für Bioethanol) gilt analoges. Obgleich die in Europa verwendeten Biokraftstoffe überwiegend aus europäischer Produktion stammen, unterliegen Biokraftstoffe und deren Vorprodukte internationalen Handelsverflechtungen. Um entsprechende Nachhaltigkeitsstandards abzusichern, ist deshalb europaweit die verpflichtende Nachhaltigkeitszertifizierung für Biokraftstoffe eingeführt worden.

Der massive Raubbau an den Regenwäldern und die anschließende landwirtschaftliche Bewirtschaftung auf ehemaligen Primärwaldflächen ist ein internationales Problem höchsten Ausmaßes, das sich bislang offenbar einer befriedigenden Lösung entzieht. Der Regenwald und andere schutzwürdige

Flächen lassen sich am besten durch international verbindliche Regelungen erhalten, die entsprechend auch durchgesetzt und überprüft werden.

Um zu verhindern, dass Biokraftstoffe in der EU gefördert werden, die auf ehemaligen Urwald- und sonstigen schützenswerten Flächen produziert wurden, ist deren Verwendung seit einigen Jahren an einen strengen, zertifizierten Nachhaltigkeitsnachweis gekoppelt. Auf der Basis der von der EU zugelassenen Zertifizierungssysteme verfolgen und kontrollieren entsprechende Zertifizierungsstellen in einem aufwändigen Prozess die gesamte Produktions-, Verarbeitungs- und Handelskette von Energiepflanzen, Rohstoffen und Biokraftstoffen und stellen damit sicher, dass alle Biokraftstoffe den geltenden Nachhaltigkeitskriterien genügen.

Das geht einher mit der Nachweisführung der Treibhausgas-Bilanzen. Biokraftstoffe müssen derzeit mindestens 35 % Treibhausgas-Emissionen im Vergleich zu fossilen Kraftstoffen einsparen, 2017 sind es 50 % und ab 2018 sogar 60 %⁴. Während der Nachweis momentan über Standardwerte erfolgen kann, erfordern die schärferen Grenzwerte ab 2017 bzw. 2018 eine differenzierte, teils anlagenspezifische Betrachtung unter Berücksichtigung der im Produktionsprozess eingesetzten erneuerbaren Energien.

Detailliert erläutert wird der Zertifizierungsprozess im Film „Nachhaltigkeit bei Biokraftstoffen“ unter:

www.youtube.com/fnrvideos

3.3 Indirekte Landnutzungsänderungen (ILUC)

Die rechtlich verbindlichen Nachhaltigkeitsregelungen für Biokraftstoffe, die seit 2011 in Deutschland angewandt werden, betreffen **direkte** Landnutzungsänderungen. Nach Modellrechnungen kann es zusätzlich zu sogenannten **indirekten** „ILUC“-Effekten kommen, wenn die Produktion von Lebens- und Futtermitteln von bereits genutzten Flächen auf schützenswerte Flächen verdrängt wird. So kann etwa in solchen Szenarien die Palmölproduktion für Margarine, Schokolade, Wasch- und Reinigungsmittel durch die Biokraftstoffnutzung auf schützenswerte Areale ausweichen.

Allerdings sind solche ILUC-Effekte an sich nicht messbar, sondern allenfalls durch wissenschaftliche Modelle abzubilden. Ein Regelungsvorschlag der EU-Kommission aus dem Jahr 2012 stützt sich deshalb auf Annahmen und Modellrechnungen. Gleichzeitig sollen fortschrittliche Biokraftstoffe gefördert werden, die nicht in Konkurrenz zur Lebens- und Futtermittelproduktion stehen.

ILUC ist eine Herausforderung in der internationalen Diskussion um den Schutz wertvoller Flächen und bedarf einer angemessenen Lösung. Deshalb hat die Bundesregierung von Anfang an die Kommission in ihrem Anliegen unterstützt, auf europäischer Ebene angemessene Regelungen zu erarbeiten. Dabei soll auch die Verankerung eines echten Bestandsschutzes erreicht werden, um die heimische Landwirtschaft und ländliche Räume vor unerwünschten Markteffekten zu bewahren. Der enorme Beitrag von Biokraftstoffen zur Erfüllung der Klimaschutzziele im Verkehrsbereich darf dabei nicht vergessen werden.

⁴ Neuanlagen ab Baujahr 2017 müssen ab 2018 eine THG-Einsparung von 60 % erreichen.

4 DERZEIT VERFÜGBARE BIOKRAFTSTOFFE



Zu den heute bereits markteingeführten Biokraftstoffen zählen Biodiesel und Ethanol sowie reines Pflanzenöl, aber auch hydrierte Pflanzenöle (HVO) und Biomethan. Für sie werden in der Regel Pflanzen aus der Landwirtschaft verwendet, zum Beispiel Raps, Getreide, Zuckerrüben, Mais, Soja oder Ölpalmen, aus denen durch Weiterverarbeitung der eigentliche Rohstoff gewonnen wird: Das Öl, der Zucker oder die Stärke, die dann wiederum zum Biokraftstoff verarbeitet werden. Hierbei entstehen in der Regel Nebenprodukte, die vor allem als Futtermittel gefragt sind.

Neben Pflanzen werden heute bereits Reststoffen für die Herstellung von Biodiesel, HVO und Biomethan verwendet.

4.1 Pflanzenöl als Kraftstoff

Pflanzenöle werden nicht nur als Speiseöl oder als Beimischung zum Tierfutter genutzt. Auch die chemische Industrie verbraucht nicht unerhebliche Mengen zum Beispiel für die Herstellung von Schmierstoffen, Wasch-

STECKBRIEF PFLANZENÖLKRAFTSTOFF

Rohstoff: Rapsöl

Hektarertrag: aus 3,5 t Rapssaat entstehen ca. 1.500 l Rapsöl (und 2 t Futtermittel)

Kraftstoffäquivalent: 1 l Rapsöl ersetzt 0,96 l Diesekraftstoff

THG-Emissionen*: 36 g CO₂-Äq/MJ (Vergleichskraftstoff Diesel: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: 56 %

techn. Hinweise: DIN 51605

* Standardwerte für THG-Emissionen nach EU-RL 2009/28EG.

und Reinigungsmittel etc. Schließlich wird ein Teil des Pflanzenöls in Deutschland zu Biokraftstoffen verarbeitet. Pflanzenöle sind nicht nur Ausgangsstoff für die Biodiesel-Produktion, sondern können auch direkt als Pflanzenölkraftstoff in speziell umgerüsteten Dieselmotoren eingesetzt werden. Schon Rudolf Diesel, der Erfinder des Dieselmotors, wusste es: „Der Gebrauch von Pflanzenöl als Kraftstoff mag heute unbedeutend sein. Aber derartige Produkte können im Laufe der Zeit ebenso wichtig werden wie Petroleum und diese Kohle-Teer-Produkte von heute.“

4.1.1 Rohstoffe

Die Voraussage Rudolf Diesels erfüllen heute überwiegend einheimische Ölpflanzen, die als Rohstofflieferant dienen. So wird in Deutschland vor allem Rapsöl als Kraftstoff eingesetzt. Auch die Nutzung von Soja-, Palm- und Sonnenblumenöl ist prinzipiell möglich, jedoch durch die Norm für Rapsölkraftstoff (DIN 51605) eingeschränkt. Raps ist hierzulande die wichtigste Ölpflanze und gleichzeitig der wichtigste Eiweißlieferant: Etwa zwei Drittel der Saat werden zu eiweißreichem Futtermittel verarbeitet. Auf rund 1,4 Mio. ha oder etwa 12 % der Ackerfläche wird Raps als bedeutendste Blattfrucht in unserer getreidebetonten Fruchtfolge angebaut. Unter Berücksichtigung des einheimischen Rapsölbedarfs für Nahrungs- und Futtermittel sowie für industrielle Pro-

dukte bleibt eine verfügbare Fläche von ca. 1 Mio. ha zum Beispiel für die energetische Verwendung. Die Nutzung von Raps und damit auch die von Rapsöl als Kraftstoff trägt nicht nur zur Sicherung der Einkommen in der Landwirtschaft bei, sie sichert durch acker- und pflanzenbauliche Vorteile eine nachhaltige Bewirtschaftung unserer landwirtschaftlichen Flächen und Kulturlandschaften.

4.1.2 Herstellung

Grundsätzlich gibt es zwei Herstellungsverfahren für Pflanzenöle: Die dezentrale Kaltpressung, die oft regional direkt in landwirtschaftlichen Betrieben oder Genossenschaften stattfindet, und die zentrale Herstellung in industriellen Großanlagen.



Rapsölkraftstoff für die Landwirtschaft

Bei der Kaltpressung – in der Regel in dezentralen Ölmühlen mit einer Verarbeitungskapazität von 0,5–25 t Ölsaaten pro Tag – wird die gereinigte Ölsaaten ausschließlich durch mechanischen Druck bei Temperaturen von max. 40 °C ausgepresst. Die Schwebstoffe im Öl entfernen Filtrations- oder Sedimentationsverfahren. Neben dem Öl bleibt der Presskuchen mit einem Restölgehalt von 10–18 % als eiweißreiches Tierfutter übrig. Die Ölausbeute liegt bei der Kaltpressung zwar niedriger im Vergleich zur zentralen Ölpressung, der schonende Pressvorgang ist jedoch Voraussetzung für die Herstellung hochwertiger, nativer Speiseöle. Für die Nutzung als Kraftstoff werden in einfachen Nachbehandlungsverfahren ablagerungs- und aschebildende Elemente im Rapsöl (Phosphor, Calcium, Magnesium) auf Minimalwerte reduziert.

Zentrale, industrielle Ölmühlen können pro Tag bis zu 4.000 t Saat verarbeiten und pressen die Ölsaaten nach einer Vorbehandlung bei höheren Temperaturen aus.

Aus dem verbleibenden Ölpresskuchen wird das restliche Öl mit Lösemitteln bei Temperaturen bis 80 °C extrahiert, also herausgelöst. Übrig bleibt ein Extraktionsschrot, das ebenfalls als Tierfutter zum Einsatz kommt. Durch Verdampfen erfolgt die Abtrennung des Öls vom Lösungsmittel. Nach diesen Verfahrensschritten enthält das Öl einige unerwünschte Begleitstoffe, die anschließend durch Raffination entfernt werden. Endprodukt ist ein auch als Vollraffinat bezeichnetes Pflanzenöl.

4.1.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

Reines Pflanzenöl hat bestimmte Eigenschaften, die es von Dieseldieselkraftstoff unterscheiden und seinen Einsatz im Verbrennungsmotor nur nach Anpassungsmaßnahmen ermöglichen. Vor allem die höhere Viskosität – sie ist vor allem bei niedrigen Temperaturen bis zu zehn Mal höher als die fossilen Diesels – führt insbesondere im Winterbetrieb und beim Kaltstart des Motors zu technischen Herausforderungen. Lösungen wurden in

TAB. 1: VERGLEICH (DE)ZENTRALER PFLANZENÖLERZEUGUNG

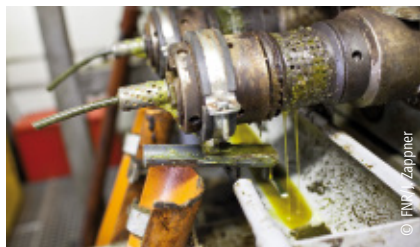
Ölgewinnung aus 1 t Rapssaaten*		dezentral	zentral
Abpressgrad	[%]	80	99
Ölausbeute	[kg/t Saat]	336	416
Ausbeute Rapskuchen	[kg/t Saat]	660	–
Ausbeute Extraktionsschrot	[kg/t Saat]	–	580
Ölertrag	[l/t Saat]	365	452
Ölertrag	[l/ha]	1.278	1.582

Quelle: TFZ, FNR

* Ölgehalt der Saat 42 %

den letzten Jahren für verschiedene Systeme erarbeitet. Egal, ob über das Eintanksystem, das eine Vorwärmung des Kraftstoffs und in der Regel auch eine Optimierung der Motorsteuerung umfasst, oder über das Zweitanksystem, bei dem die problematische Startphase und der Abstellvorgang mit herkömmlichem Dieseldieselkraftstoff erfolgt: Umrüstkonzepte auf pflanzenöлтаugliche Motoren sind praxiserprobt.

Ein wesentlicher Punkt für einen störungsfreien Betrieb ist die Qualität des Pflanzenölkraftstoffs. Im Ergebnis langjähriger Untersuchungen und Normungsaktivitäten wurde die Norm DIN 51605 „Kraftstoffe für pflanzenöлтаugliche Motoren – Rapsölkraftstoff – Anforderungen und Prüfverfahren“ veröffentlicht. Da sich die Parameter dieser Norm auf Rapsöl als Kraftstoff beziehen, ist die Verwendung anderer Pflanzenöle nur bedingt möglich. Zur Erarbeitung einer Norm für Pflanzenölkraftstoffe verschiedener Herkunft hat der Abstimmungsprozess in Deutschland und auf europäischer Ebene begonnen. Traktorenhersteller, die bereits pflanzenöлтаugliche Motoren ab Werk anbieten, oder Unternehmen, die Dieselmotoren auf Pflanzenölbetrieb umrüsten, beziehen sich nicht nur auf die Norm, sondern legen auch pflanzenölspezifische Wartungsintervalle fest. Um eine normgerechte Pflanzenölkraftstoffqualität zu gewährleisten, ist insbesondere auf die richtige Lagerung des Kraftstoffs zu achten. Hohe Temperaturen, Luft, Licht und der Kontakt mit bestimmten Materialien können Pflanzenölkraftstoff schnell unbrauchbar machen.



Dezentrale Pflanzenölpresung

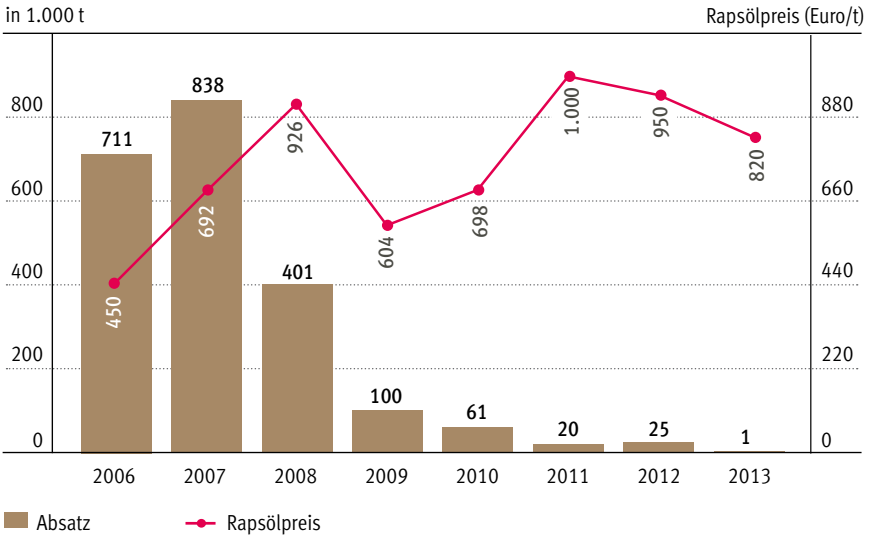
4.1.4 Verbreitung/Nutzung

Aufgrund attraktiver Rohstoffpreise wurden Mitte des vergangenen Jahrzehnts in Deutschland erhebliche Mengen an Pflanzenöl als Kraftstoff verbraucht. Für die Land- und Forstwirtschaft, vor allem aber für Speditionen boten Pflanzenölkraftstoffe eine wirtschaftlich interessante, umweltfreundliche Alternative zum Dieseldieselkraftstoff.

Bei steigenden Rohstoffpreisen in den vergangenen Jahren konnten die Mehrkosten für Motoranpassung, Wartung, Versicherung, Lagerung und Mehrverbrauch nicht mehr kompensiert werden. Fuhrparks stellten infolgedessen ihre Fahrzeuge wieder auf Dieseldieselkraftstoff um. Im Vergleich zum Maximum von 840.000 t aus dem Jahr 2007 liegt der Absatz von Pflanzenölkraftstoff heute deutlich unter 10.000 t. Zu dieser Entwicklung trug auch die schrittweise Besteuerung von Pflanzenölen bei. So ist für Pflanzenölkraftstoff seit 2013 der volle Energiesteuersatz zu entrichten.

In der Land- und Forstwirtschaft ist der Einsatz von Biodiesel und Pflanzenölkraftstoff von der Energiesteuer befreit. Da in diesem

ABSATZENTWICKLUNG PFLANZÖLKRAFTSTOFF



Quelle: FNR/BAFA (2014)

© FNR 2014

Sektor jedoch auch fossiler Dieselkraftstoff steuerbegünstigt ist, bleibt der Anreiz zur Verwendung von Pflanzenöl auch hier gering. Ohne einen Preisabstand zum Dieselkraftstoff ist davon auszugehen, dass der Absatz von Pflanzenöl als Reinkraftstoff in Zukunft keine wesentliche Rolle spielen wird. Nach Branchenschätzungen ist zur Kompensation des Mehraufwandes in Abhängigkeit von Einsatzbereich und Jahreskraftstoffbedarf ein Preisabstand von etwa 20 ct/l erforderlich.

4.1.5 Umweltaspekte

Pflanzenölkraftstoff ist als nicht wassergefährdend eingestuft und damit vor allem für den Einsatz in umweltsensiblen Bereichen

von der Land- und Forstwirtschaft bis hin zur Binnenschifffahrt gut geeignet. Der Flammpunkt von über 220 °C liegt deutlich höher als der von normalem Diesel. Pflanzenölkraftstoffe sind deshalb bei Lagerung und Transport besonders sicher und einfach handhabbar.

Pflanzenölkraftstoff weist beim Anbau rechnerisch vergleichsweise hohe und bei der Verarbeitung sehr niedrige THG-Emissionen auf. Würde man einen Teil der durch den Anbau verursachten Emissionen dem Futtermittelanteil zurechnen, der bei der Rapspressung immer auch entsteht, schneidet reines Pflanzenöl im Vergleich zu anderen Biokraftstoffe sehr gut ab.

4.2 Biodiesel

Biodiesel ist hierzulande der bekannteste Biokraftstoff. Etwa 1,8 Mio. t Biodiesel aus Pflanzenölen werden in Deutschland pro Jahr verbraucht. Dies entspricht in etwa zwei Dritteln des deutschen Biokraftstoffabsatzes.

4.2.1 Rohstoffe

Viele Menschen denken bei Biodiesel an blühende Rapsfelder, und in der Tat wird er in Deutschland vor allem aus Raps gewonnen. Als Ausgangsbasis sind aber auch andere Pflanzenöle sowie Altspeise- und Tierfette möglich.

Während in Mitteleuropa Raps aus klimatischen Gründen zur Herstellung von Biodiesel dominiert, wird er in Asien in der Regel aus Palmöl und in Amerika aus Sojaöl erzeugt. Auch Biodiesel aus Reststoffen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Im Vergleich zu Biodiesel aus Anbaubiomasse sind es vor allem die geringeren THG-Emissionen, die als Vorteil des Biodiesels aus Altspeisefetten angeführt werden.

Hierzulande wird Biodiesel zum überwiegenden Teil aus dem einheimischen Rohstoff Raps hergestellt. Die in den letzten Jahren nahezu konstante Anbaufläche von ca. 1,4 Mio. ha unterstreicht die große Bedeutung des Rapsanbaus in Deutschland. Für die Herstellung von Speiseöl, Margarine etc. ist eine Rapsfläche von ca. 300.000 ha erforderlich. Raps von etwa 120.000 ha nutzt die Industrie für die stoffliche Verwer-

STECKBRIEF BIODIESEL

Rohstoffe: Raps- u. a. Pflanzenöle, tierische Fette

Hektarertrag: aus 3,5 t Rapssaat entstehen ca. 1.500 l Biodiesel (sowie 2 t Futtermittel und 130 kg Glycerin)

Kraftstoffäquivalent: 1 l Biodiesel ersetzt 0,91 l Dieselmotorkraftstoff

THG-Emissionen*: 52 g CO₂-Äq/MJ Biodiesel aus Rapsöl (Vergleichskraftstoff Diesel: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: 38 %

techn. Hinweise: DIN 14214

** Standardwerte für THG-Emissionen nach EU-RL 2009/28EG.*

fung. Der mit etwa zwei Dritteln verbleibende Löwenanteil der einheimischen Rapsfläche steht der Biokraftstoffproduktion und gegebenenfalls dem Export zur Verfügung.

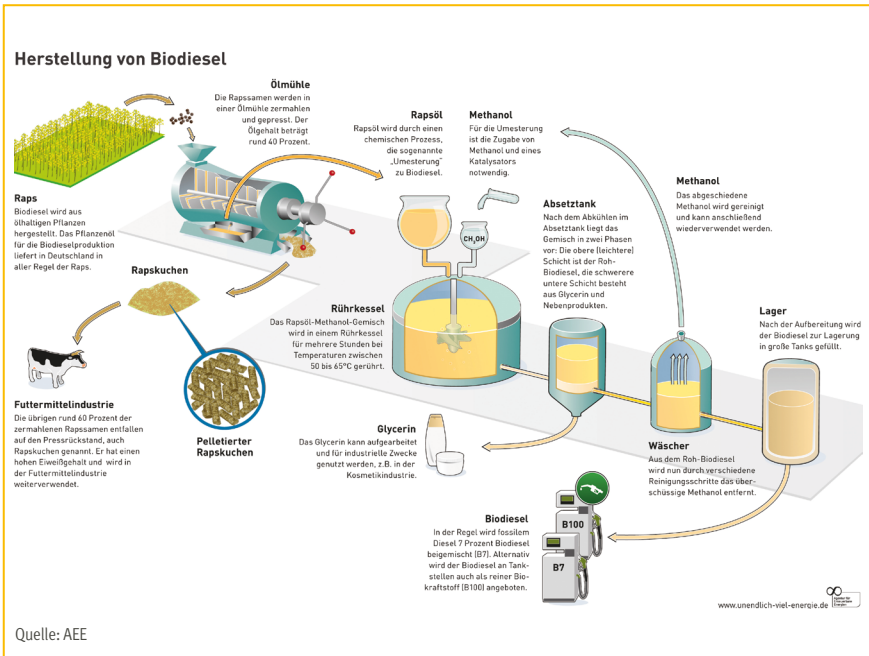
Für den Chemiker handelt es sich bei Biodiesel um Pflanzenölmethylester bzw. Fettsäuremethylester, auch als Fatty Acid Methyl Ester (FAME) bezeichnet. Außerdem ist die Abkürzung RME für Rapsölmethylester gebräuchlich. Biodiesel ist also nicht mit Pflanzenöl zu verwechseln, sondern wird daraus hergestellt.



© zoranmilic/fotolia.com

4.2.2 Herstellung

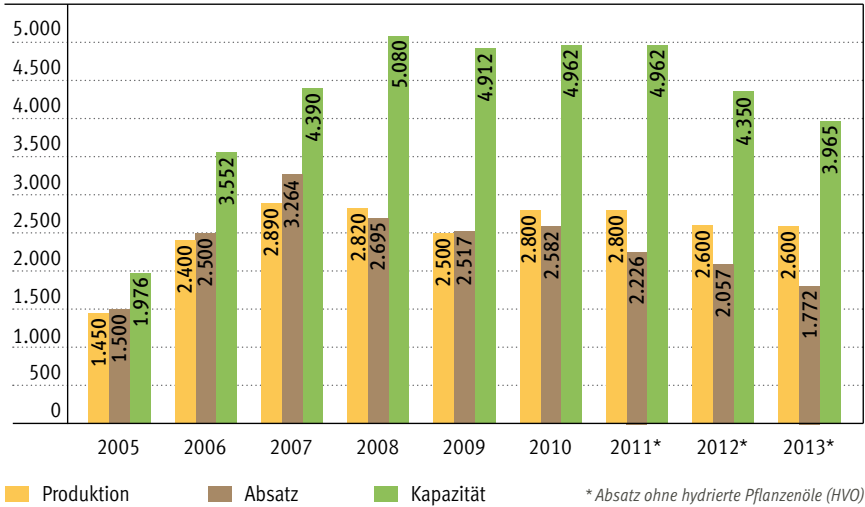
Erste Anlagen zur Produktion von Biodiesel wurden in den 1990er-Jahren in Deutschland errichtet. Seine Herstellung erfolgt durch Umesterung von Pflanzenöl mit Methanol: Dazu mischt man das Pflanzenöl mit Methanol im Verhältnis 9 : 1. Um den Prozess zu beschleunigen, gibt man 0,5–1 % eines Katalysators (Natrium- oder Kaliumhydroxid) zu und rührt das Gemisch bei Temperaturen von 50–80 °C mehrere Stunden. Bei der dann ablaufenden chemischen Reaktion findet eine Aufspaltung des Pflanzenölmoleküls, das aus Glycerin und 3 Fettsäureketten besteht, statt. Der drei-



Herstellung von Biodiesel

ENTWICKLUNG BIODIESEL: PRODUKTION UND ABSATZ IN DEUTSCHLAND

in 1.000 t



Quelle: UFOP, VDB, BAFA, BMF, FNR (April 2014)

© FNR 2014

wertige Alkohol Glycerin wird gegen den einwertigen Alkohol Methanol getauscht, sodass sich die Fettsäuren mit Methanol zu Biodiesel verbinden. Am Ende der Reaktion liegen Roh-Biodiesel und Roh-Glycerin in zwei leicht trennbaren Phasen vor.

Um die gewünschte Produktqualität des Biodiesels zu erreichen, muss Roh-Biodiesel mehrere Aufbereitungsschritte durchlaufen. Gleiches gilt für das Glycerin, ein Alkohol, der in vielen Bereichen wie der Pharma- und Lebensmittelindustrie und der Oleochemie Anwendung findet und normalerweise synthetisch hergestellt wird.

4.2.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

Während bei der Nutzung von Pflanzenölkraftstoff der Motor an den Kraftstoff angepasst werden muss, handelt es sich bei der Umesterung zu Biodiesel um eine Anpassung des Kraftstoffs an den Motor. Biodiesel hat, was die Viskosität und die Zündwilligkeit betrifft, ähnliche Eigenschaften wie fossiler Diesel. Durch die Zugabe von Additiven, die auch bei herkömmlichem Kraftstoff üblich ist, wird zudem die Wintertauglichkeit erreicht: Bis -20°C kann mit Biodiesel problemlos gefahren werden. Die Schmierfähigkeit von Biodiesel, wichtig für einen geringen Verschleiß des Motors, ist

sogar höher als die von fossilem Kraftstoff. Etwas geringer ist hingegen der Energiegehalt pro Liter, der zu einem Mehrverbrauch von bis zu 5 % führen kann.

Im Jahr 2003 wurden die für die Kraftstoffqualität notwendigen Anforderungen in der europaweit gültigen Norm DIN EN 14214 festgeschrieben. Mit deren Aufnahme in die Kraftstoffqualitäts- und Kennzeichnungsverordnung (10. BImSchV) sind diese Anforderungen auch gesetzlich verankert. Wird Biodiesel an öffentlichen Tankstellen angeboten, besteht die Pflicht, die normgerechte Qualität des Kraftstoffs durch Anbringen des DIN-Aufklebers an den Zapfsäulen kenntlich zu machen.

Die Mineralölkonzerne mischen Biodiesel dem herkömmlichen Diesel mit bis zu 7 % (B7) bei, ohne dass gesonderte technische Voraussetzungen vom Fahrzeughalter zu beachten sind. Um die Norm für den fossilen Dieselmotorkraftstoff (DIN EN 590) einzuhalten, dürfen die Mineralölhersteller nur Biodiesel



beimischen, der seinerseits der Biodiesel-Norm DIN EN 14214 entspricht. An der Zapfsäule weist ein Aufkleber „Enthält bis zu 7 % Biodiesel“ auf den sogenannten B7-Kraftstoff hin.

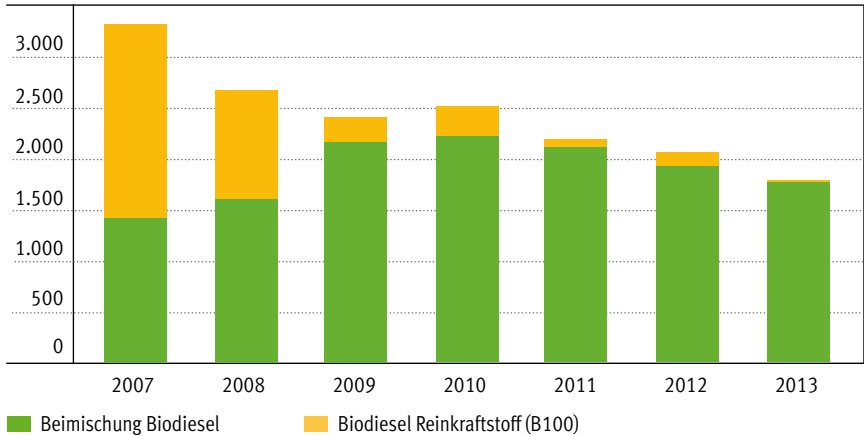
Wie beim Otto- und Dieselmotorkraftstoff üblich werden auch dem Biodiesel Additive beigegeben, um seine Eigenschaften zu verbessern. Informationen zur Qualitätssicherung von Biodiesel bietet die Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel e.V. (AGQM) unter www.agqm-biodiesel.de an.

FREIGABEN FÜR BODIESELFAHRZEUGE

Für die Nutzung von Biodiesel als Reinkraftstoff oder in Mischungen ab einem Biodieselanteil > 7 % ist eine Freigabe durch die Hersteller erforderlich. In nicht freigegebenen Fahrzeugen können die lösungsmittelähnlichen Eigenschaften von Biodiesel zu Problemen führen und ggf. Kunststoff- und Gummibauteile wie Dichtungen und Benzinleitungen im Motor angreifen. Übersichten zu Fahrzeugfreigaben für Biodiesel (B100) in Land- und Forstmaschinen, aber auch für den Nutzfahrzeugsektor (B100 und B30) können auf den Internetseiten der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen (UFOP) unter www.ufop.de abgerufen werden. Ebenso ist bei der Nachrüstung von Partikelfiltern darauf zu achten, dass Filter und Fahrzeug für Biodiesel freigegeben sind.

BIODIESELABSATZ IN DEUTSCHLAND

in 1.000 t



Quelle: BAFA, FNR (Juli 2014)

© FNR 2014

4.2.4 Verbreitung/Nutzung

Unterstützt durch eine vollständige Steuerermäßigung begann die deutsche Biodieselgeschichte mit dem Absatz von Reinkraftstoffen – auch B 100 genannt. Fahrzeugflotten betankten ihre Nutzfahrzeuge mit Biodiesel und eine Vielzahl von Pkw-Modellen war für diesen Kraftstoff freigegeben. Mit Einführung einer stufenweisen Besteuerung ab Mitte 2006 und mit der im Gegenzug geschaffenen Biokraftstoffquote veränderte sich der Biodieselabsatzmarkt in Deutschland. Zudem erschwerten gestiegene Rohstoffpreise und verschärfte Emissionsanforderungen den B 100-Absatz, sodass Biodiesel als Reinkraftstoff heute weniger als 2 % (rund 30.000 t) des gesamten Biodieselabsatzes ausmacht – mehr als

98 % mischt die Mineralölwirtschaft dem Dieselkraftstoff direkt bei.

Mit 2,6 Mio. t übersteigt die Biodieselproduktion den heimischen Absatz von 1,77 Mio. t in 2013. Dabei greifen die Hersteller – mit einer Produktionskapazität von insgesamt 4 Mio. t – hierzulande vor allem auf einheimische Rohstoffe zurück. So wurden in Deutschland 2013 knapp 560.000 ha Raps für die Produktion Biodiesel und Pflanzenöl verwendet.

4.2.5 Umweltaspekte

Durch die Nutzung von 1,8 Mio. t Biodiesel wurden in Deutschland im Jahr 2013 mehr als 1,8 Mrd. l Dieselkraftstoff ersetzt und knapp 2,1 Mio. t Treibhausgase eingespart.

Der Beitrag des Biodiesels zum Ressourcen- und Klimaschutz ist daher unbestritten. Er wird weiter steigen, da u.a. durch aktuelle Anforderungen der Nachhaltigkeitsverordnung weitere Optimierungen der Biokraftstoffproduktion zu erwarten sind.

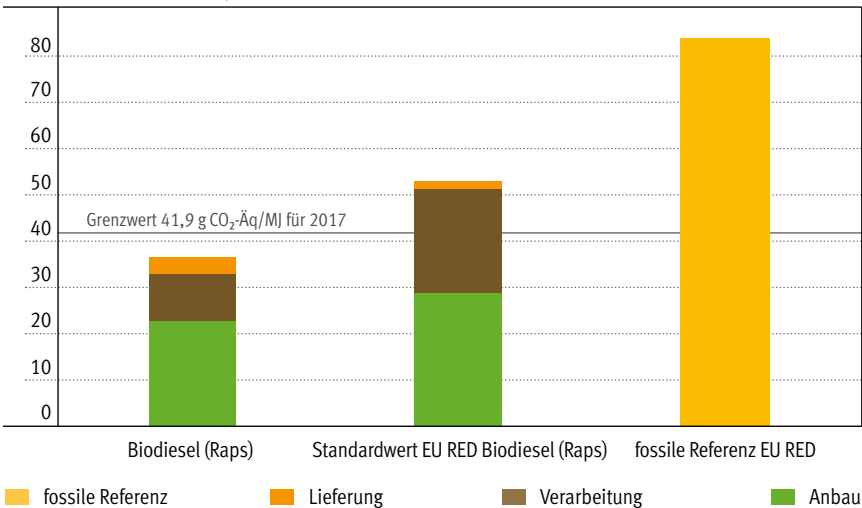
Die Produktion von Biodiesel verursacht entlang der Herstellungs- und Lieferkette Emissionen, die vor allem den Bereichen Anbau und Verarbeitung zuzuordnen sind. Aktuelle Zielvorgaben schreiben eine THG-Einsparung von 35 % gegenüber einem Referenzwert für fossilen Dieselmotorkraftstoff vor, ab 2017 erhöht sich der Wert auf 50 %. Wie viel THG-Emissionen der Biodiesel im Einzelfall einspart, kann für eine Anlage individuell oder

über die Standardwerte aus der „EU-Richtlinie zur Förderung erneuerbarer Energien“ berechnet werden. Demnach spart zum Beispiel Biodiesel aus Raps mindestens 38 % THG gegenüber dem Referenzkraftstoff ein, Biodiesel aus Sonnenblumen sogar 51 %.

Einsparpotenziale bietet vor allem der Biomasseanbau. So wirkten sich ein optimierter Düngermiteinsatz und die Berücksichtigung der inzwischen weiter gestiegenen durchschnittlichen Rapsenerträge positiv auf die THG-Bilanz aus. Nach Berechnung des DBFZ könnten die Emissionen bei Biodiesel aus Raps deshalb in der Praxis um knapp ein Drittel unter dem konservativen EU-Standardwert liegen.

THG-EMISSIONEN BIODIESEL AUS RAPS

THG-Emissionen in g CO₂-Äq/MJ



Quelle: FNR nach DBFZ

© FNR 2014

4.3 Ethanol

Bioethanol ist mit einer Produktion von über 70 Mio. t der weltweit bedeutendste Biokraftstoff und übertrifft die globale Biodieselproduktion (knapp 25 Mio. t) um das 3-fache. Während Pflanzenöl und Biodiesel für Dieselmotoren geeignet sind, kann Bioethanol Ottokraftstoffe, also Benzin und Superkraftstoff, ersetzen. Hierzulande wird Ethanol als Kraftstoff zudem in Form von Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE) und E85-Kraftstoff (einem Benzin-Ethanol-Gemisch mit einem Ethanolgehalt von 70–90 %) gehandelt. Der heimische Ethanolabsatz lag 2013 bei 1,2 Mio. t, von denen 672.000 t in Deutschland produziert wurden. Motiviert durch die vorgeschriebene Biokraftstoffquote mischt die Mineralölwirtschaft über 98 % des abgesetzten Ethanols dem Ottokraftstoff direkt in der Raffinerie bei. So enthält Super bis zu 5 % Bioethanol.

Seit 2011 ist mit E 10 ein zusätzlicher Kraftstoff mit höherem Bioethanol-Anteil an deutschen Tankstellen verfügbar. Es handelt sich um einen Ottokraftstoff mit einem maximalen Bioethanolanteil von 10 % (bezogen auf das Volumen). E85 spielt derzeit nur eine untergeordnete Rolle.

4.3.1 Rohstoffe

Ethanol wird durch Vergärung von in Pflanzen enthaltenen Zuckern gewonnen. Grundsätzlich eignen sich zucker-, stärke- und cellulosehaltige Pflanzen. Dabei kommen in Deutschland vor allem Weizen, Roggen und Zuckerrüben in Betracht. Für die Produktion von einem Liter Ethanol sind etwa 2,5 kg Getreide erforderlich, gleichzeitig entsteht ein

STECKBRIEF ETHANOL

Rohstoffe: Getreide, Zuckerrüben, Mais

Hektarertrag: 2.800 l/ha* (zuzüglich 2,2 t Futtermittel)

Kraftstoffäquivalent: 1 l Ethanol ersetzt ca. 0,66 l Ottokraftstoff

THG-Emissionen:** 44 g CO₂-Äq/MJ* (Vergleichskraftstoff Benzin: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: 48 %

techn. Hinweise: E 10 = Ethanolanteil bis zu 10 Vol.-% (Freigabe beachten)

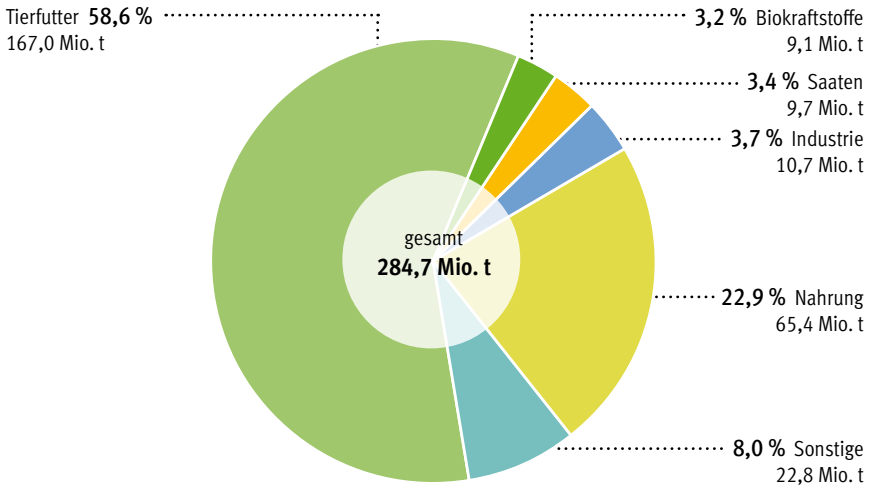
* Für Ethanol aus Weizen.

** Standardwerte für THG-Emissionen nach EU-RL 2009/28EG.

Kilogramm Proteinfutter als Nebenprodukt. Auf diese Art fielen allein beim Ethanol aus Futtergetreide 2013 mehr als 500.000 t Proteinfutter „nebenbei“ an.

In Deutschland wird deutlich mehr Ethanol abgesetzt als hergestellt. Die Lücke schließen überwiegend europäische Importe. In den USA und im europäischen Ausland wird Ethanol vor allem aus Mais hergestellt, Brasilien setzt auf die Vergärung von Zucker aus Zuckerrohr. Mit der Entwicklung geeigneter enzymatischer Verfahren können auch Holz, Energiepflanzen und Stroh vergoren werden (siehe Kapitel 5.2 „Ethanol aus Lignocellulose“ Seite 50).

VERWENDUNG VON GETREIDE IN DER EU-27 (2011/12)



Weit über die Hälfte, fast 60 % der gesamten Getreideernte in Höhe von 284,4 Mio. Tonnen der europäischen Staaten wurde 2011 als Tierfutter verwendet. Rund 3,2 % davon gingen in die Biokraftstoffproduktion.

Quelle: EU-Kommission, AMI (August 2012)

© FNR 2012

Die Verwendung von Getreide in der EU-27 wird auf etwa 275 Mio. t geschätzt. Fast zwei Drittel davon entfällt auf die Herstellung von Tierfutter, während für Nahrungsmittel 24 % oder 65 Mio. t verwendet wurden. Die industrielle Verwendung von Getreide hat einen Anteil von 7,4 % oder 20 Mio. t. Getreide für die Biokraftstoffproduktion spielt in der EU-27 mit 3,3 % oder 9,1 Mio. t eine untergeordnete Rolle. Eher gering ist demzufolge auch der Einfluss des Ethanols auf den Getreidepreis.

4.3.2 Herstellung

Die Herstellung von Alkohol ist der Menschheit seit Jahrtausenden bekannt. Die Produktion von Ethanol als Kraftstoff läuft daher nach altbekannten Prozessschritten ab. Als Ausgangsstoff dient der in den Pflanzen enthaltene Zucker, der durch Hefepilze zu Ethanol vergoren wird. Bei stärkehaltigen

Pflanzen muss die Stärke vor der Vergärung verzuckert werden.

Im ersten Schritt wird das gemahlene Getreide mit Wasser vermischt, erwärmt und mit speziellen Enzymen versetzt. Dadurch wandelt sich die Stärke im Getreide in Zucker um, es entsteht die Maische. In Zuckerrübenmelasse ist

TAB. 2: BIOETHANOL (ROHSTOFFE ZUR HERSTELLUNG)

Rohstoffe	Biomasseertrag (FM) [t/ha]	Bioethanolertrag [l/ha]	erforderliche Biomasse pro Liter Kraftstoff [kg/l]
Körnermais	9,0	3.740	2,4
Weizen	7,2	2.760	2,6
Roggen	4,9	2.030	2,4
Triticale	5,6	2.230	2,5
Zuckerrüben	70,0	7.540	9,3
Zuckerrohr	73,0	6.380	11,4
Stroh	7,0	2.310	3,0

Quelle: Meó, FNR

FM: Frischmasse

der Zucker bereits direkt verfügbar, sie kann dem Fermentationsprozess ohne Aufbereitung zugeführt werden. Für die Fermentation der Maische bzw. Melasse ist die Zugabe von Hefen erforderlich, die den Zucker in Alkohol und Kohlendioxid umwandelt. Per Destillation erfolgt die Abtrennung des Alkohols von der restlichen verbleibenden Maische, die nun als Schlempe bezeichnet wird. Dabei verdampft der Alkohol und kondensiert anschließend zu einem Alkohol-Wasser-Gemisch. Dem schließt sich eine stufenweise Erhöhung des Alkoholanteils auf über 99 % an. In dieser Form wird Ethanol mit Superbenzin zu E 5, E 10 und E 85 gemischt.

Bei der Ethanolherstellung entstehen auf den verschiedenen Prozessstufen Koppelprodukte und Reststoffe, die aufbereitet als Futtermittel oder Substrat für Biogasanlagen dienen. Tierfutter ist der wichtigste Absatzmarkt. So wird z. B. Schlempe zu Dried Distill-

ers' Grains with Solubles (DDGS) getrocknet und pelletiert. Auch Zuckerrübenschnitzel oder Vinasse, ein Rückstand aus der Destillation, werden zu Futter weiterverarbeitet.

4.3.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

Ethanol besitzt Eigenschaften, die die Qualität von Otto-Kraftstoffen verbessern. So weist E 85-Kraftstoff mit 104 ROZ (Research-Oktan-zahl) eine höhere Oktanzahl als herkömmliche Otto-Kraftstoffe auf.

Da der Energiegehalt des Ethanols im Vergleich zum Ottokraftstoff um etwa ein Drittel geringer ist, ersetzt ein Liter Ethanol nur etwa 0,66 l Benzin. Im Umkehrschluss führt dies zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch von 20–30 % bzw. einer anteiligen Erhöhung je nach Ethanol-Benzin-Gemisch. Eine Kraftstofferkennung moderner Fahrzeuge ermittelt heutzutage den Ethanolanteil

TAB. 3: KRAFTSTOFF-NORMUNG

Kraftstoff	Norm	Erläuterung
Ottokraftstoff (E 5)	DIN EN 228	Unverbleite Ottokraftstoffe mit bis zu 5 % (V/V) Ethanol bzw. 15 % (V/V) ETBE (Stand: 10/2014)
Ottokraftstoff E 10	DIN EN 228	Ottokraftstoff E 10 – mit bis zu 10 % (V/V) Ethanol (Stand: 10/2014)
Ethanol	DIN EN 15376	Ethanol als Blendkomponente in Ottokraftstoff (Stand: 02/2013)
Ethanol E 85	DIN 51625	– mind. 75 % bis max. 86 % (V/V) Ethanol – Klasse A (Sommer) – mind. 70 % bis max. 80 % (V/V) Ethanol – Klasse B (Winter) (Stand: 08/2008)

Quelle: FNR

V/V: Volumenprozent

und kann auf die Motorsteuerung Einfluss nehmen. Dadurch können die Vorteile der höheren Oktanzahl die Nachteile des niedrigeren Energiegehaltes zumindest etwas ausgleichen. Als beigemischte Komponente erhöht Ethanol außerdem den Dampfdruck des Kraftstoffs. Insbesondere im Sommer ist einer Dampfdruckerhöhung und damit der möglichen Dampfblasenbildung mit geeigneten Maßnahmen entgegenzuwirken. Fahrzeuge, die für Ethanol mit Mischungsan-

teilen von > 10 % im Ottokraftstoff geeignet sind, werden als Flexible-Fuel-Vehicles (FFV) bezeichnet. Ihre kraftstoffrelevanten Komponenten wie Leitungen, Einspritzdüsen, Kraftstoffpumpen etc. sind auf höhere Ethanolanteile abgestimmt.

Für sämtliche Nutzungspfade des Ethanols, ob als Blendkomponente (E 5, E 10) oder für E 85-Kraftstoffe, liegen heute Spezifikationen bzw. Normen vor.

KLOPPFESTIGKEIT

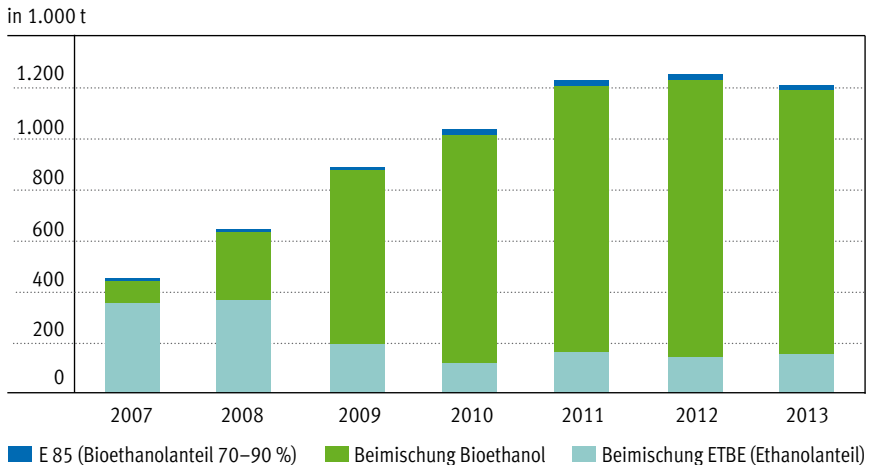
Die Verbrennung des Kraftstoffs im Ottomotor sollte nach Möglichkeit allein durch den Zündfunken ausgelöst werden, um die mechanische und thermische Belastung so gering wie möglich zu halten. Eine hohe Oktanzahl steht für einen kloppfesten Kraftstoff, der hohe Verdichtungsverhältnisse ermöglicht und damit das Leistungspotenzial des Motors bestmöglich ausreizt. Hohe Kloppfestigkeiten wurden in der Vergangenheit durch die Zugabe von Bleiverbindungen erreicht. Nach dem Verbot bleihaltiger Kraftstoffe kamen Alternativen wie Methyl-Tertiär-Butyl-Ether (MTBE) zum Einsatz. Mit dem EU-Ziel, Biokraftstoffe verstärkt zu nutzen, wurde das fossile MTBE sukzessive durch ETBE ersetzt. Ethyl-Tertiär-Butyl-Ether (ETBE) ist eine Verbindung aus 47 % Ethanol und 53 % Isobuten. Im Vergleich zu Ethanol ist ETBE nicht mit Wasser mischbar. Es kann dem Ottokraftstoff mit bis zu 15 % (bezogen auf das Volumen) beigemischt werden.

4.3.4 Verbreitung/Nutzung

Die Mineralölwirtschaft mischt zum Großteil reines Ethanol bei. Über diesen Weg werden mit mehr als 1 Mio. t etwa 86 % des deutschen Ethanols abgesetzt. Der ETBE-Anteil lag 2013 mit etwas mehr als 150.000 t bzw. nur noch bei 13 %. Eine geringe marktrelevante Bedeutung hat E85. Der Verbrauch in Deutschland bleibt 2013 mit 13.500 t auf niedrigem Niveau. Mittlerweile können Autofahrer an 330 Tankstellen in Deutschland E85 und dieses sogar zu einem erheblichen Preisvorteil von bis zu 50 ct/l tanken, denn der Ethanolanteil im E85 ist bis 2015 steuerbefreit. Doch ohne Ausbau des Tankstellennetzes und Erweiterung des heute noch überschaubaren Fahrzeugangebotes ist künftig nicht mit einem relevanten Anstieg des E85-Verbrauchs

zu rechnen. In Schweden, den USA und Brasilien werden bereits seit vielen Jahren verstärkt Flexible-Fuel-Modelle verkauft, sodass in diesen Ländern umfangreiche Erfahrungen mit der Beimischung von Ethanol zum Ottokraftstoff vorliegen. So wurde in Brasilien 1975 aufgrund der ersten Erdölkrise das nationale „ProAlcohol“-Programm gestartet, das eine kontinuierliche Steigerung der Ethanol-Produktion aus heimischen Rohstoffen, vor allem aus Zuckerrohr, vorsah. Das Ethanol wurde als Reinkraftstoff oder als Beimischung zum Benzin genutzt. Heute gibt es in Brasilien mehr als 14 Mio. solcher ethanolfähigen Pkw. Zudem ist ein erheblicher und wachsender Anteil der verkauften Neuwagen mit Flexible-Fuel-Technologie ausgestattet. Sogar E100 wird in Brasilien als Kraftstoff angeboten.

ENTWICKLUNG ABSATZ BIOETHANOL IN DEUTSCHLAND



Quelle: FNR nach BAFA (2014)

© FNR 2014

E10

Ziel der Bundesregierung war es, der Mineralölwirtschaft über diese Kraftstoffvariante die Erfüllung der bereits bestehenden Biokraftstoffquote von 6,25 % zu erleichtern. Auch wenn der E 10-Absatz 2013 gestiegen ist, bleibt sein Marktanteil mit 15 % deutlich hinter den einstigen Erwartungen zurück. „Super“-Benzin (E 5) hingegen – hier ist ein Ethanolanteil von bis zu 5 % erlaubt – hat einen Anteil von fast 80 % am Ottokraftstoffmarkt.

Die Nutzung von E 5 und E 10 hat aufgrund der vergleichsweise geringen Ethanolgehalte in der Regel keine negativen, motortechnischen Auswirkungen. Bei über 90 % des Fahrzeugbestandes bestehen keine Probleme mit E 10. Für etwa 10 % der Fahrzeuge, überwiegend ältere Modelle, liegen jedoch keine E 10-Freigaben vor. Diesen Fahrzeugen steht an deutschen Zapfsäulen „Super“- und „Super plus“-Benzin mit höchstens 5-prozentiger Ethanolbeimischung auch weiterhin zur Verfügung. In Deutschland gilt diese Regelung unbefristet und in Europa für eine mehrjährige Übergangsphase. Informationen zu E 10-tauglichen Fahrzeugen sind beim Fahrzeughersteller bzw. -händler sowie über die Kfz-Werkstätten erhältlich. Eine Liste dieser Fahrzeuge ist auf der Internetseite der Deutschen Automobil Treuhand GmbH unter www.dat.de/e10 abrufbar.

Der geringere Energiegehalt des Ethanols führt bei E 10 zu einem Mehrverbrauch von 1,5–3 % (Quelle: ADAC), bei E 5 von 0,5–1,5 %. Je nachdem, wie gut die Motorentechnik die positiven Effekte einer höheren Oktanzahl ausnutzen kann, lassen sich die Nachteile im Kraftstoffverbrauch ausgleichen.



4.3.5 Umweltaspekte

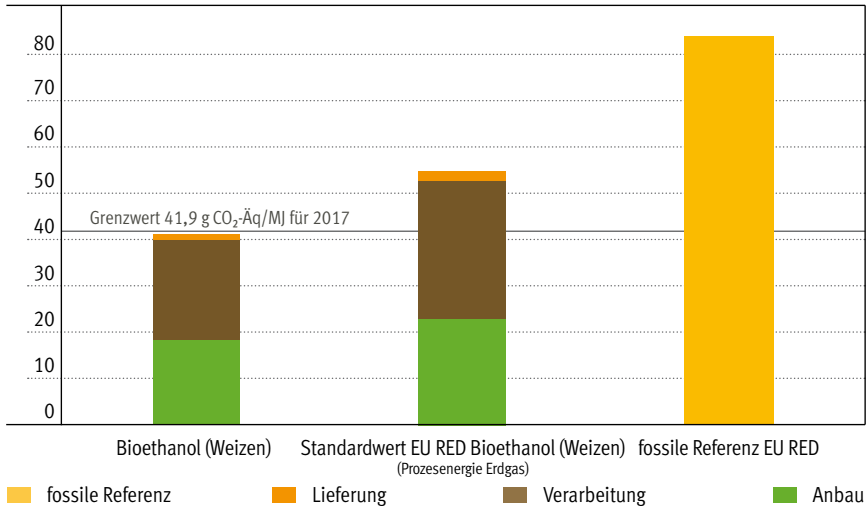
Durch die 2013 abgesetzte Ethanolmenge von 1,2 Mio. t wurden ca. 1 Mrd. l Ottokraftstoff ersetzt und ca. 1,3 Mio. t THG-Emissionen reduziert.

Die Produktion von Ethanol aus Getreide ist sehr energieaufwendig. Wird diese Energie beispielsweise aus Kohle gewonnen, lässt sich der Zielwert von 35 % THG-Reduktion nach EU-Richtlinie nicht einhalten. In vielen deutschen Ethanolanlagen setzte man deshalb bereits frühzeitig auf alternative Energiekonzepte. Diese reichen von Erdgas-KWK-Lösungen bis hin zu Biogasanlagen, die Reststoffe verwerten und gleichzeitig Prozessenergie liefern. Um den Zielwert der EU für

die THG-Einsparung von 50 % ab 2017 zu erreichen, sind weitere Maßnahmen erforderlich. Beim Anbau der Rohstoffe wirkt sich wie beim Biodiesel ein optimierter Düngereinsatz positiv aus, denn die Herstellung der Kunstdünger ist sehr energieaufwendig. Je geringer deren Verbrauch desto mehr Energie und damit CO₂ lässt sich sparen. Auch der Einsatz von Biokraftstoffen für die Feldbearbeitung verbessert die Bilanz. Diese Maßnahmen und Erdgas als Energiequelle vorausgesetzt, ergeben nach DBFZ-Berechnungen, die geforderten 50 % THG-Reduktion gegenüber Ottokraftstoff. Wird darüber hinaus Erdgas als Prozessenergie durch Biogas (inkl. Reststoffnutzung) ersetzt, ließen sich die Emissionen noch weiter absenken.

THG-EMISSIONEN ETHANOL AUS GETREIDE

THG-Emissionen in g CO₂-Äq/MJ



Quelle: FNR nach DBFZ

© FNR 2014

4.4 Biomethan

Die Nutzung von Biogas als Kraftstoff setzt eine Aufbereitung zu Biomethan (auch Bioerdgas genannt) voraus. Biomethan ist chemisch de facto identisch mit Erdgas und wird in das Erdgasnetz eingespeist. Mit diesem Netz steht eine hervorragend ausgebaute Infrastruktur zur Verfügung: Anschlussmöglichkeiten sind in weiten Teilen Deutschlands vorhanden, gleichzeitig ist das Netz mit unterirdischen Speichern verbunden. So ermöglicht es, eingespeistes Biomethan flexibel da einzusetzen, wo Energiebedarf besteht. Zudem kann man das Biomethan nicht nur zur Strom- und Wärmeabgewinnung, sondern auch als Kraftstoff verwenden.

Die Anzahl der Biogasanlagen ist in Deutschland auf mittlerweile 7.800 Anlagen gestiegen, mehr als 150 davon produzieren Biomethan (Stand Ende 2014). Allerdings ist die Aufbereitung des Biogases zu Methan mit technischem und energetischem Aufwand verbunden. Dieser lohnt sich zum Beispiel dann, wenn am Standort der Biogasanlage keine ausreichenden Abnehmer für die erzeugte Energie verfügbar sind. Als Methanerzeuger kann eine Abnahmevereinbarung mit einem Mineralölhändler oder Tankstellenbetreiber geschlossen werden. Eine direkte räumliche Nachbarschaft ist nicht nötig, der Tankstellenbetreiber bezieht normales (Bio-)Erdgas aus seinem Netz, bezahlt aber den Biomethanproduzenten, der an seinem Standort die entsprechende Menge Biomethan einspeist.

STECKBRIEF BIOMETHAN

Rohstoffe: Energiepflanzen, Gülle und organische Reststoffe

Hektarertrag: 4.945 m³
bzw. 3.560 kg*

Kraftstoffäquivalent: 1 kg Biomethan ersetzt ca. 1,5 l Ottokraftstoff oder 1,3 l Diesel

THG-Emissionen:** 16 g CO₂-Äq/MJ für Biomethan aus Gülle (Vergleichskraftstoff Benzin: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: 81 %

techn. Hinweise: Biomethan (Bioerdgas) kommt ohne Anpassung in Erdgasfahrzeugen zum Einsatz, DIN 51624

* Grundlage: Flächenertrag von Mais 50 (t/ha • a); Biogasausbeute 220 (m³/t); Methangehalt 53 %.

** Standardwerte für THG-Emissionen nach EU-RL 2009/28EG.

Als wichtige Voraussetzung für die Biomethaneinspeisung ins Erdgasnetz hat die Bundesregierung die Gasnetzzugangsverordnung gesetzlich verankert. Sie schuf mit dieser Verordnung nicht nur den rechtlichen Rahmen, sondern definierte auch Ziele. Demnach soll die Einspeisung von Biomethan bis 2020 auf 6 Mrd. m³ jährlich ansteigen. Zum Vergleich: 2013 wurden über 40 Mio. m³ als Kraftstoff verbraucht.



© FNR/D. Hegenboth

Maissilage ist einer der wichtigsten Rohstoffe für die Biogasproduktion.

4.4.1 Rohstoffe

Der Ausgangsstoff für Biomethan ist Biogas, das in Deutschland hauptsächlich durch die Vergärung von Energiepflanzen, Gülle, Mist, aber auch aus organischen Abfällen aus Industrie und privaten Haushalten gewonnen wird. Etwa die Hälfte der eingesetzten Substrate sind nachwachsende Rohstoffe (48 %), gefolgt von tierischen Exkrementen mit 44 % und biogenen Abfällen und Reststoffen mit 8 %. Unter den nachwachsenden Rohstoffen dominiert Mais mit 73 %. Das Bundeslandwirtschaftsministerium unterstützt die Suche nach nachhaltigen Mais-

Alternativen in verschiedensten Projekten (<http://energiepflanzen.fnr.de>). Wissenschaftler prüfen neue Anbau- und Fruchtfolgesysteme sowie eine Vielzahl interessanter alter und neuer Energiepflanzen. In Züchtungsprojekten werden vielversprechende Kandidaten zudem züchterisch für ihre Aufgabe als Energielieferant fit gemacht.

Für die Erzeugung von Biomethan als Kraftstoff ist insbesondere die Nutzung von Abfällen und Reststoffen interessant. Geringe THG-Emissionen sprechen für diese Rohstoffvariante.

TAB. 4: ROHSTOFFERTRAG UND BIOGAS- SOWIE METHAN AUSBEUTE PRO JAHR

Rohstoff ertrag [t/ha] FM	Biogasausbeute [Nm ³ /t]	Methangehalt [%]	Methan ausbeute	
			[Nm ³ /ha]	[kg/ha]
ca. 50*	ca. 200*	53	4.945	3.560

Quelle: FNR nach KTBL (2014)

*Auf Basis von Silomais, mittleres Ertragsniveau; 12 % Lagerungsverluste;
Dichte Biomethan: 0,72 kg/m³

4.4.2 Herstellung

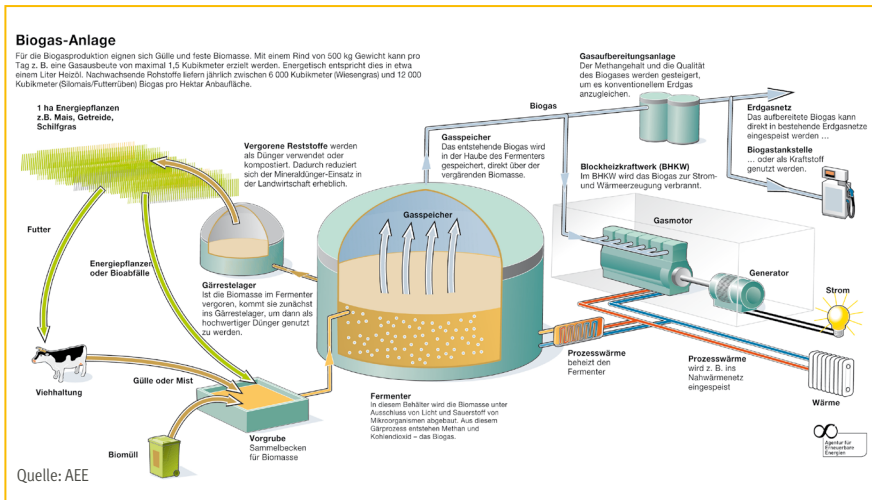
Das durch Fermentation erzeugte Biogas enthält neben einem Methan-Gehalt von 50–75 % auch wesentliche Anteile an Kohlendioxid. Hinzu kommen geringe Mengen von Schwefelwasserstoff und anderen Spurengasen. Als Kraftstoff nutzbar ist aber nur das Methan (CH_4), das chemisch betrachtet mit Erdgas identisch ist. Die Abtrennung des Methans von restlichen Biogas-Bestandteilen ist deshalb entscheidend.

Derzeit werden in Deutschland 5 verschiedene Aufbereitungsverfahren in der Praxis angewendet. Dazu gehören die Druckwechseladsorption (engl. PSA – Pressure Swing Adsorption), die Druckwasserwäsche (DWW), physikalische und chemische Wäschen (z.B. Aminwäsche) und das Membrantrennverfahren. Weitergehende Informationen stehen unter <http://biogas.fnr.de> zur Verfügung.

Mit diesen Verfahren lässt sich der Methangehalt im Biogas auf bis zu 98 % erhöhen. Die Höhe des Methangehaltes richtet sich nach der jeweiligen Methankonzentration im Gasnetz am Ort der Einspeisung. Die Konzentrationsgrade reichen von 80 % (sogenanntes L-Gas aus Niedersachsen, Holland und der Nordsee) bis zu 98 % (H-Gas aus Russland).

4.4.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

Biomethan oder Erdgas werden bei 200 bar in einem Drucktank gespeichert und an speziellen Zapfsäulen vertrieben. Es ist vorgeschrieben, Erdgas- und Biomethanpreise an Tankstellen massebezogen in kg auszuweisen. Der Energiegehalt von einem Kilogramm Methan entspricht in etwa dem von 1,5 l Benzin bzw. 1,3 l Diesel.



Herstellungsprozess Biogas/Biomethan zur Strom-, Wärme- und Kraftstofferzeugung

Für die Gewährleistung einer einheitlichen Qualität ist das Inverkehrbringen von Biomethan und Erdgas als Kraftstoff an die Einhaltung der Norm DIN 51624 gebunden. Unter dieser Voraussetzung sind Erdgas und Biomethan in jedem Verhältnis mischbar.

Neue Erdgasfahrzeuge sind in der Regel bivalent, also mit einem zusätzlichen Benzin-tank, ausgestattet, sodass es keine Einbußen bei der Reichweite oder Probleme mit fehlenden Gastankstellen gibt.

4.4.4 Verbreitung/Nutzung

Im Jahr 2013 konnten deutschlandweit Biomethan-Erdgas-Mischungen in verschiedensten Mischungsverhältnissen an über 300 Tankstellen getankt werden. Davon boten bereits 150 Tankstellen reines Biomethan an. Der Absatz stieg in 2013 auf 29 Mio. kg bzw. 40 Mio. m³.

Durch Anstrengungen der Politik und Initiativen der Branche sollen Erdgas und Biomethan künftig eine größere Rolle im Mobilitätssektor einnehmen, angestrebt wird ein Anteil von 4 % für Erdgas und Biomethan am deutschen Kraftstoffverbrauch. Das ist ambitioniert, denn das Ziel entspricht in

etwa der 10-fachen Absatzmenge des Jahres 2013. Auch der Fahrzeugbestand soll wachsen, insgesamt auf 1,4 Mio. Fahrzeuge. Aktuell fahren erst 94.000 Erdgas-Fahrzeuge, davon ca. 75.000 Pkw, auf deutschen Straßen. Ihnen steht ein Netz von über 900 Erdgastankstellen zur Verfügung. Aber nicht nur über das Netz der Erdgastankstellen ist Biomethan verfügbar, es gibt auch Biomethan-tankstellen direkt an Biogasanlagen. 2006 wurde die erste dieser Biomethantankstellen im Wendland errichtet.

Als Kraftstoff ist Biomethan bis 2015 vollständig von der Energiesteuer befreit. Für Erdgas gilt bis Ende 2018 ein ermäßigter Energiesteuersatz von 1,39 ct pro Kilowattstunde. Wird Biomethan auf die Biomethan-Kraftstoffquote angerechnet, ist jedoch der vollständige Steuersatz zu entrichten. Da die Preise für Biomethan noch über den Erdgaspreisen liegen, ist der Quotenhandel für Biomethan aus Reststoffen ein wichtiges Instrument für den Biomethanabsatz.

Biomethan ist nicht nur für Pkw und Kleintransporter eine Alternative, auch Stadtbusse und Fuhrparks in Kommunen sowie Nutzfahrzeuge sind zunehmend gasbetrie-

TAB. 5: ABSATZ BIOMETHAN ALS KRAFTSTOFF

	2010	2011	2012	2013
Biomethan (t)	12.000	14.000	22.000	29.000
Biomethan (GWh)	160	190	300	400

Quelle: BMF, AGEE-Stat, FNR

ben. Während die vergleichsweise geringere Reichweite im Transportsektor problematisch ist, können Busse und kommunale Fahrzeuge in der Regel die Betriebs tankstelle vor Ort nutzen. Erste Konzepte für die Landwirtschaft zeigen, dass ein kombinierter Diesel-Biomethan-Betrieb mit Traktoren möglich ist. Ein Zweitanksystem ähnlich dem beim Pflanzenölkraftstoff dient dem Anfahren und Abstellen mit Dieselmotoren. Inwieweit diese Konzepte für den Landwirt künftig wirtschaftlich darstellbar sind, hängt vom Einsatzbereich des Traktors und der finanziellen Förderung ab.

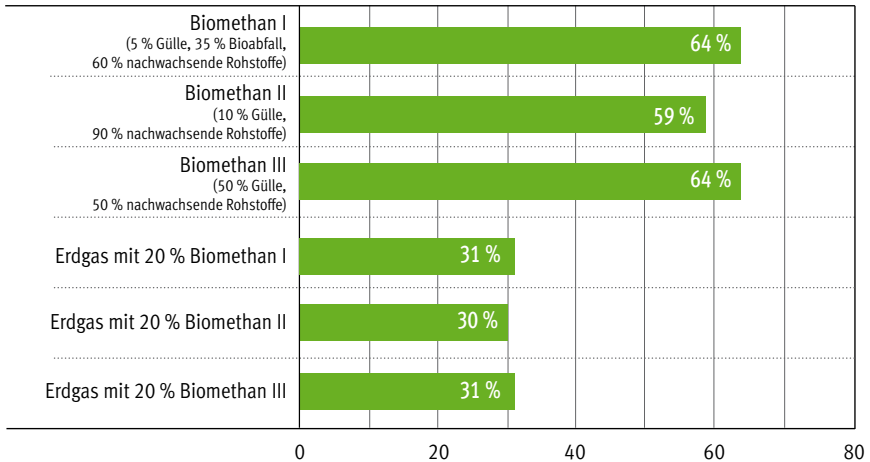
4.4.5 Umweltaspekte

Ein wesentlicher Vorteil von Biomethan gegenüber Diesel und Ottokraftstoff ist die Reduktion von Schadstoffemissionen. Durch die Nutzung von Bioerdgas in Bussen und kommunalen Fuhrparks lassen sich verkehrsbedingte Ruß- und Partikelemissionen in unseren Innenstädten deutlich reduzieren.

In Abhängigkeit vom eingesetzten Rohstoff variieren die THG-Emissionen für Biomethan. Positiv wirkt sich der Einsatz von Abfällen und Reststoffen aus, da nur Emissionen aus Transport und Verarbeitung in die Bilanzierung einfließen. Insgesamt sind

THG-MINDERUNGSPOTENZIAL DURCH BIOMETHAN & BIOMETHAN-ERDGASMISCHUNGEN

THG-Minderung in %



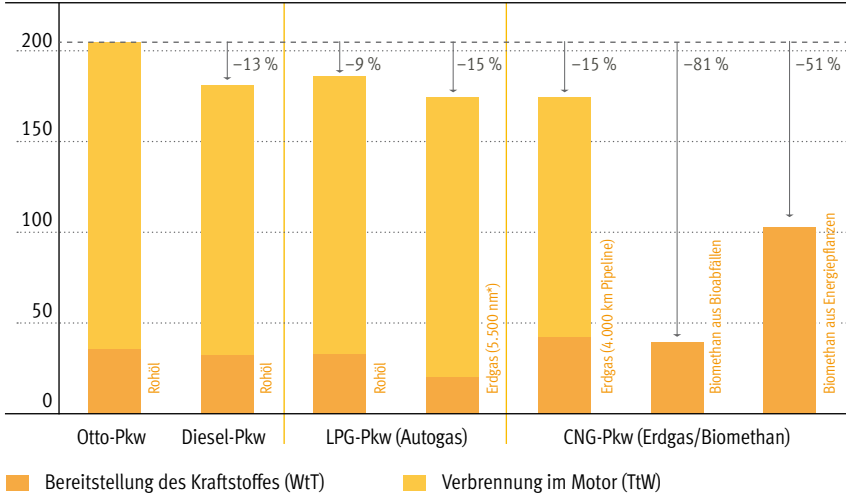
Fossile Referenz Benzin/Diesel gemäß BiokraftNachV liegt bei 0 %.

Quelle: FNR nach dena

© FNR 2014

WTW-TREIBHAUSGAS-EMISSIONEN – PKW 2012

THG-Emissionen in g CO₂-Äq/km



*WtW: Well-to-Wheel, * LPG aus Erdgas per Schiffstransport (entspricht 10.186 km)*

Quelle: FNR nach BMVBS/ifeu

© FNR 2014

THG-Einsparungen von 60–80 % möglich. Damit kann, auch unter Berücksichtigung verschiedener Substratmischungen, der Zielwert für 2017 von 50 % THG-Einsparung erreicht werden. Für Erdgas-Biomethan-Mischungen (80 : 20) beträgt die THG-Einsparung immerhin noch 30 % gegenüber Otto- oder Dieseldieselkraftstoffen.

Derzeit enthält die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung noch keinen Standardwert für die THG-Einsparung von Biomethan aus Energiepflanzen, sodass in diesem Fall eine eigene Berechnung nach der vorgegebenen Methodik durchgeführt werden muss. Die Europäische Kommission hat aber be-

reits eine entsprechende Ergänzung der Standardwerte-Liste angekündigt. Anhaltspunkte zu den THG-Einsparungen geben die beiden Grafiken (Seite 39 und 40), die auf unterschiedlichen Studien beruhen.

Aus Abfall- und Reststoffen produzierte Biomethanmengen können bis Ende 2014 doppelt auf die Biokraftstoffquoten angerechnet werden. Aus diesem Grund stammt fast das gesamte im Verkehrssektor verwendete Biomethan aus Reststoffen.

4.5 Hydrierte Pflanzenöle (HVO)

Für hydrierte Pflanzenöle oder Hydrogenated Vegetable Oils (HVO) wird Pflanzenöl mittels katalytischer Reaktion unter Zugabe von Wasserstoff in Kohlenwasserstoffe umgewandelt. Es ist keine Anpassung des Motors nötig und der Kraftstoff kann in beliebigen Mischungen und selbst als Reinkraftstoff zum Einsatz kommen. Diese Eigenschaften wecken das Interesse von Mineralölwirtschaft und Automobilindustrie. In Deutschland wird HVO dem Dieselmotorkraftstoff beigemischt.

Größtes Interesse kommt jedoch aus der Luftfahrt, eine weltweit wachsende Branche mit enormen CO₂-Einsparzielen. Biokraftstoffe und speziell hydrierte Pflanzenöle spielen demzufolge eine entscheidende Rolle in den strategischen Überlegungen der Branche. 2013 betrug der Absatz an HVO in Deutschland immerhin 440.000 t

4.5.1 Rohstoffe

Hydrierte Pflanzenöle oder HVOs lassen sich aus Pflanzenölen, aber auch aus pflanzlichen und tierischen Fetten herstellen, sogar Exoten wie Camelina(Leindotter)-Öl, Jatropha oder Algen wurden bereits getestet. Da die Rohstoffe keinen signifikanten Einfluss auf die Eigenschaften haben, trifft die Wahl in der Regel auf den günstigsten Rohstoff. In den wenigen industriellen Anlagen weltweit sind daher Palmöl und Altspeiseöle die bevorzugten Einsatzstoffe. Voraussetzung für die Anrechnung auf die Biokraftstoffquote hierzulande ist, dass die Rohstoffe Nachhaltigkeitsstandards einhalten.

STECKBRIEF HYDRIERTE PFLANZENÖLE (HVO)

Rohstoffe: Pflanzenöle, pflanzliche und tierische Fette

Hektarertrag: aus 3,5 t Rapssaat entstehen ca. 1.200 l HVO (und 2 t Futtermittel)

Kraftstoffäquivalent: 1 l HVO ersetzt 0,96 l Dieselmotorkraftstoff

THG-Emissionen*: 44 g CO₂-Äq/MJ für HVO aus Rapsöl (Vergleichskraftstoff Diesel: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: 48 %

techn. Hinweise: DIN 590 für Dieselmotorkraftstoffe

** Standardwerte für THG-Emissionen nach EU-RL 2009/28EG.*



So ist für Palmöl beispielsweise die Rückverfolgbarkeit bis zur Plantage erforderlich. Die zertifizierten Ölmühlen in Malaysia oder Indonesien dürfen nur nachhaltige Ware von registrierten Plantagen verarbeiten.

4.5.2 Herstellung

Für die Herstellung hydrierter Pflanzenöle werden grundsätzlich zwei Verfahren unterschieden: zum einen die direkte integrierte Verarbeitung im Raffinerieprozess, auch Co-Processing genannt, und andererseits die Produktion in eigenständigen Anlagen (Stand-Alone-Anlagen).

Für die Hydrierung von Pflanzenölen in der Erdöl-Raffinerie im sogenannten Co-Processing müssen einzelne Prozessparameter zwar angepasst werden, die zu durchlaufenden Verfahrensschritten sind jedoch die gleichen wie bei der klassischen Erdölraffination. Im ersten Schritt wird dem Vakuumgasöl, einem Zwischenprodukt aus der Erdölraffination, das Pflanzenöl zugemischt. Um aus dieser Mischung reine Kohlenwasserstoffe zu erzeugen, ist die Entfernung von Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff – der sogenannten Heteroatome – mittels Hydrotreating erforderlich. Mit Wasserstoff vermischt und anschließend erwärmt, erfolgt die katalytische Abtrennung dieser unerwünschten Verbindungen. Übrig bleiben reine, langkettige Kohlenwasserstoffe. Um die gewünschten kürzeren Kettenlängen von Diesel, Kerosin oder Benzin zu erhalten, müssen die Kohlenwasserstoffketten gespalten bzw. gecrackt werden. Gängiges Verfahren aus der Erdölraffination ist das Hydrocracking, das die kürzeren Kettenlängen unter Zugabe von

Wasserstoff mittels Katalysatoren einstellt. Die Erzeugung von HVO in einer eigenständigen Anlage läuft ähnlich ab. Im Vorfeld muss das Pflanzenöl gereinigt werden, was in der Regel nach bekannten Verfahren der Pflanzenölraffination erfolgt. Anschließend wird das Pflanzenöl hydriert. Bei Temperaturen von 350–450 °C, einem Wasserstoffpartialdruck von 45–152 bar und unter Einfluss eines Katalysators entstehen Kohlenwasserstoffe mit dieseltypischen Eigenschaften. Im Vergleich zum Co-Processing sind diese jedoch in vollem Umfang biogenen Ursprungs.

4.5.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

Hydrierte Pflanzenöle sind in der Regel an Dieseldieselkraftstoff angepasst und weisen die durch die Dieseldieselkraftstoffnorm DIN 590 vorgegebenen Kraftstoffeigenschaften auf. Eine Mischung mit Dieseldieselkraftstoff ist daher in jeglichen Anteilen unproblematisch. Ausnahme ist die Dichte, sie liegt mit 0,78 kg/l geringfügig unter der des Dieseldieselkraftstoffs (0,83 kg/l). Der Nachteil, der sich daraus in Punkto Lagerung und Reichweite pro Tankfüllung ergibt, wird durch einen höheren Energiegehalt nahezu kompensiert. Vorteile ergeben sich gegenüber Dieseldieselkraftstoff aus der hohen Cetanzahl von bis zu 99 beim Zündverzug. Der Zündverzug entspricht der Zeit, die von der Kraftstoffeinspritzung bis zur Selbstzündung vergeht. Eine hohe Cetanzahl weist auf einen kleinen Zündverzug hin. Für den Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen gibt es durch die Nutzung hydrierter Pflanzenöle keine Einschränkungen. Generell sind die Kraftstoffeigenschaften von HVO mit GtL- und BtL-Kraftstoffen vergleichbar.

4.5.4 Verbreitung/Nutzung

In Stand-Alone-Anlagen hergestellte hydrierte Pflanzenöle können vollständig auf die Biokraftstoffquote angerechnet werden. Es ist davon auszugehen, dass die in Deutschland abgesetzten Mengen ausschließlich aus diesen Anlagen stammen. Für HVO aus der Mitraffination ist die Quotenrechnung bisher nicht möglich.

In Deutschland existieren derzeit keine eigenständigen Anlagen für die Produktion hydrierter Pflanzenöle. Größter europäischer Hersteller ist die finnische Neste Oil AG. Nach einer Anlage in Singapur und zwei Anlagen in Porvoo (Finnland) wurde 2011 eine 800.000-Tonnen-Anlage in Rotterdam eingeweiht. Die Gesamtverarbeitungskapazität von Neste Oil beträgt damit etwa 2 Mio. t HVO.

HVO FÜR DIE LUFTFAHRT

Bei einem weltweiten Wachstum der Luftfahrtbranche von 4–5 % pro Jahr hat die Suche nach geeigneten Alternativen zu fossilem Kerosin längst begonnen. Biokraftstoffe sind hier eine wesentliche Option, denn aktuelle Klima-Ziele der Luftfahrt können nicht vollständig über neue Flugzeug-Geometrien, Materialien oder die Optimierung weltweiter Flugrouten erreicht werden.

Klimaziele der Luftfahrtbranche (Quelle IATA):

- Reduktion des spezifischen Treibstoffverbrauch bis 2020 um jährlich 1,5 %
- CO₂-neutrales Verkehrswachstum ab 2020
- Halbierung der CO₂-Emissionen im Jahr 2050 gegenüber dem Stand 2005

Voraussetzung für den Einsatz von Biokraftstoffen in der Luftfahrt ist die Verfügbarkeit von „drop in fuels“. Das sind Kraftstoffe, die ohne Anpassungen der Triebwerke einsetzbar sind und gleichzeitig keine Nachteile bezüglich der Reichweite verursachen. Von den derzeit am Markt verfügbaren Biokraftstoffen richtet sich der Blick vor allem auf die hydrierten Pflanzenöle, denn mit Biodiesel und Ethanol sind die Spezifikationen des aktuell relevanten JET A-1-Kraftstoffs nicht einzuhalten. Aber auch bei HVO besteht vor allem im Hinblick auf den geforderten Gefrierpunkt von –47 °C noch Anpassungsbedarf.

Weltweit werden pflanzenölbasierte Biokraftstoffe in der Praxis getestet. So hat die Lufthansa als erstes Unternehmen weltweit bereits im Jahr 2011 Biokraftstoffe im täglichen Flugbetrieb eingesetzt. Ein Airbus A321 flog die Strecke Hamburg – Frankfurt hin und zurück viermal am Tag. Über insgesamt sechs Monate erstreckte sich dieser Test, bei dem ein Triebwerk mit 50 % Biokraftstoff auf Basis hydrierter Pflanzenöle erfolgreich betrieben wurde.

4.5.5 Umweltaspekte

Hydrierte Pflanzenöle liegen als reine Kohlenwasserstoffe vor und sind frei von Aromaten, Schwefel, Stickstoff und Sauerstoff. Die Abgasemissionen sind entsprechend niedrig: Vor allem Partikel- und NO_x -Emissionen liegen unter denen des Dieselmotors. Allerdings sind HVO im Gegensatz zum Ausgangsprodukt Pflanzenöl nicht mehr biologisch abbaubar.

Die in Deutschland abgesetzten HVO-Mengen werden im Rahmen der Biokraftstoffquote gehandelt. Demzufolge sind vorgegebene Nachhaltigkeitsstandards einzuhalten und Treibhausgasemissionen zu reduzieren. Da hydrierte Pflanzenöle als Rohstoff auf herkömmliche Pflanzenöle zurückgreifen, sind die Emissionen für deren Herstellung übertragbar. Hinzu kommen Emissionen für Transport und Verarbeitung. Um die verschärften Vorgaben der THG-Reduzierung ab 2017 für „Stand-Alone-Anlagen“ zu erreichen, müssen jedoch gewisse Maßnahmen ergriffen werden. Wie beim Biodiesel und Pflanzenöl liegen die Verbesserungen beim Raps in der Optimierung des Düngemittelsatzes und bei Palmöl in der Anpassung der Ölpresse. Für die Reduzierung der THG-Emissionen in der Stand-Alone-Anlage sind vor allem der Wasserstoffbedarf und dessen Erzeugung sowie die Nutzung der Nebenprodukte, wie z.B. Propan für die Bereitstellung von Prozessenergie, entscheidend.

Ob künftig einheimisches oder europäisches Rapsöl, Palmöl oder Altspeiseöl zur Erfüllung deutscher Kraftstoffziele über den Weg der Hydrierung beitragen, werden Rohstoff-

kosten, aber auch politische Rahmenbedingungen entscheiden. Auch der strategischen Entscheidung der Luftfahrtbranche, HVO als Übergangstechnologie zu nutzen, kommt besondere Bedeutung zu.

4.6 Elektromobilität und Biokraftstoffe

In der Öffentlichkeit wird die Elektromobilität mit Strom aus regenerativen Quellen oft als die einzige erneuerbare Lösung im Verkehrssektor diskutiert. Es spricht jedoch einiges dafür, dass neben Elektro- auch Verbrennungsmotoren ihre Berechtigung in bestimmten Bereichen behalten und mit Biokraftstoffen als erneuerbare Alternative zu fossilen Kraftstoffen betrieben werden. Namhafte Hersteller, Forschungsinstitute und der Staat investieren gerade jetzt in die Weiterentwicklung der Verbrennungsmotoren-Konzepte. Aufgrund seiner Eigenschaften ist der Verbrennungsmotor besonders für den netzunabhängigen Gütertransport mit Lkw, für die land- und forstwirtschaftliche Arbeit und für den Schiffs- und Flugverkehr prädestiniert und behält hier noch lange Zeit seine Berechtigung. Auch die Übergangslösungen in das Zeitalter der Elektromobilität, Hybridfahrzeuge und Elektroautos mit „Range Extender“, einem Reichweiten-Verlängerer, benötigen den Verbrennungsmotor und entsprechende Kraftstoffe.

Elektromobilität aus Biomasse

Es ist heute ohne Weiteres möglich, einen Energieversorger zu wählen, der ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energien an-

bietet. Betankt man sein Elektroauto mit solchem „Ökostrom“, ist schon heute weitgehend erneuerbares und emissionsfreies Autofahren möglich. Da Elektrizität aus erneuerbaren Energien in Deutschland im Jahr 2013 zu etwa 30 % aus Biomasse gewonnen wurde (zum Beispiel in Biogasanlagen oder

in Holzheizkraftwerken), basiert auch die erneuerbare Elektromobilität anteilig auf Bioenergie. In der Praxis bieten allerdings viele Ökostromanbieter Strom aus Wasserkraft aus europäischen Nachbarländern an, die diesen aufgrund geographischer Gegebenheiten besonders günstig erzeugen können.

PRO & CONTRA AUF EINEN BLICK

Verbrennungsmotor

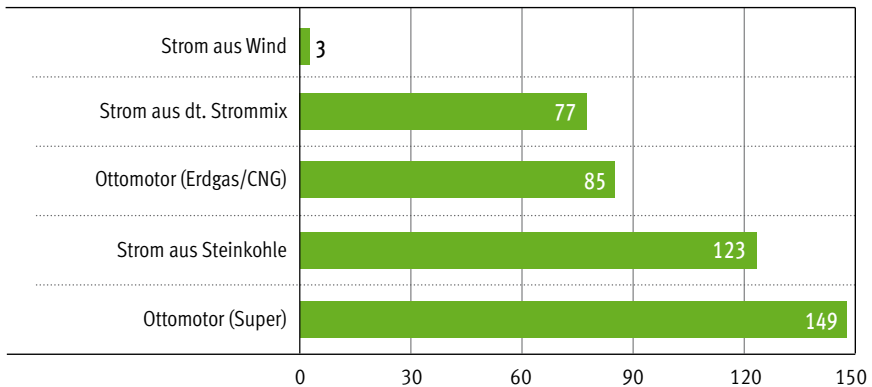
- + Flüssige Kraftstoffe speichern bei geringem Volumen viel Energie, dadurch hohe Reichweite und Leistung möglich
- Komplizierte und schwere Bauweise
- Geringer energetischer Wirkungsgrad
- Emissionen

Elektromotor

- + Leichte und einfache Bauweise
- + Hoher energetischer Wirkungsgrad
- + Bei Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien geringe bis keine Emissionen
- Batterien speichern pro Volumen nur wenig Energie. Leistungsstarke Batterien sind dementsprechend schwer. Daraus resultieren geringere Reichweite und Leistung.

VERGLEICH CO₂-EMISSIONEN AM BEISPIEL VW E-UP UND OTTOMOTOR

CO₂-Emission g/km



Quelle: FNR nach ADAC

© FNR 2014

5 KÜNFTIGE BOKRAFTSTOFFOPTIENEN

5.1 BtL-Kraftstoffe

BtL steht für das englische Biomass to liquid (Biomasseverflüssigung). Unter BtL-Kraftstoffen sind synthetische Kraftstoffe aus Biomasse zu verstehen. Diese Kraftstoffe sind heute noch nicht am Markt verfügbar. Die Herausforderung besteht darin, die Kraftstoffherstellung, die aus Kohle und Erdgas bereits bekannt ist, auf den Rohstoff Biomasse zu übertragen. Der Oberbegriff „XtL-Kraftstoffe“ fasst Verfahren zusammen, die synthetische Kraftstoffe aus z. B. Kohle (CtL: Coal to liquid), Gas (GtL: Gas to liquid) oder Biomasse (BtL: Biomass to liquid) erzeugen.

Vorteile der BtL-Kraftstoffe sehen Fachleute in der breiten und effizient nutzbaren erneuerbaren Rohstoffpalette, aber vor allem in der Kraftstoffqualität, die auch den erhöhten Anforderungen der Automobilindustrie und der Luftfahrt gerecht wird. Der gesamte Herstellungsprozess wird derzeit im Rahmen einer Pilotlinie beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) erprobt.

STECKBRIEF BIOMETHAN

Rohstoffe: verschiedene trockene Biomassen (Stroh, Holz, Reststoffe)

Hektarertrag: ca. 4.000 l

Kraftstoffäquivalent: 1 l BtL ersetzt 0,94 l Diesekraftstoff

THG-Emissionen*: 6 g CO₂-Äq/MJ (Vergleichskraftstoff Diesel: 83,8 g CO₂-Äq/MJ), THG-Reduktion: > 90 %

techn. Hinweise: DIN 590

** Auf Basis von Kulturholz nach Standardwerten für THG-Emissionen der EU-RL 2009/28EG.*

DEFINITION BTL-KRAFTSTOFF

„Biomass to liquid“ bezeichnet eine Prozesskette, mit der man Biomasse über die thermochemische Vergasung in Synthesegas umwandelt und anschließend zu flüssigen Kohlenwasserstoffen synthetisiert. Die so erzeugten biogenen Kohlenwasserstoffe können mit bekannten Prozessen der Erdölraffination zu marktfähigen Kraftstoffen wie Diesel nach EN 590 oder Benzin nach EN 228 aufgearbeitet werden.



Stroh als Rohstoff für den bioliq-Prozess

5.1.1 Rohstoffe

Während für herkömmliche Biokraftstoffe oftmals nur Teile der Pflanze – meist die Saat – als Rohstoff dient, kann bei der Herstellung von BtL-Kraftstoffen die gesamte Pflanze genutzt werden.

Als Rohstoff können verschiedene Biomassen dienen. Die Palette erstreckt sich von ohnehin anfallenden Reststoffen wie Stroh und Restholz bis hin zu Energiepflanzen. Bei z. B. eigens zur Kraftstoffherstellung angebauten Pflanzen wird eine Ausbeute von bis zu 4.000 l pro Hektar erwartet. Schätzungen gehen davon aus, dass BtL-Kraftstoffe aus heimischem Anbau das Potenzial besitzen, 20–25 % des deutschen Kraftstoffbedarfs zu ersetzen, europaweit sogar noch wesentlich mehr. Mit diesem Leistungsvermögen können BtL-Kraftstoffe erheblich zur Substitution der endlichen fossilen Kraftstoffe beitragen.

5.1.2 Herstellung

Derzeit befinden sich weltweit unterschiedliche Verfahren zur Herstellung von BtL-Kraftstoffen in Entwicklung, zum Groß-

teil auf dem Niveau von Forschungs- und Pilotprojekten. Prinzipiell lässt sich der Herstellungsprozess in die Prozessschritte Biomasseaufbereitung, Vergasung, Gasreinigung, Synthese und Kraftstoffaufbereitung einteilen.

Am KIT in Karlsruhe verfolgt man das Konzept einer dezentralen Vorbehandlung der Biomasse, um die Logistik zu vereinfachen. Da Biomasse dezentral mit geringer Energiedichte anfällt, wird sie über den Weg der Schnellpyrolyse zunächst in ein energiedichtes Zwischenprodukt – das Syncrudeoil oder bioliqSynCrude® umgewandelt. Dieses lässt sich effizienter zur Weiterverarbeitung in zentrale, industrielle Großanlagen transportieren.

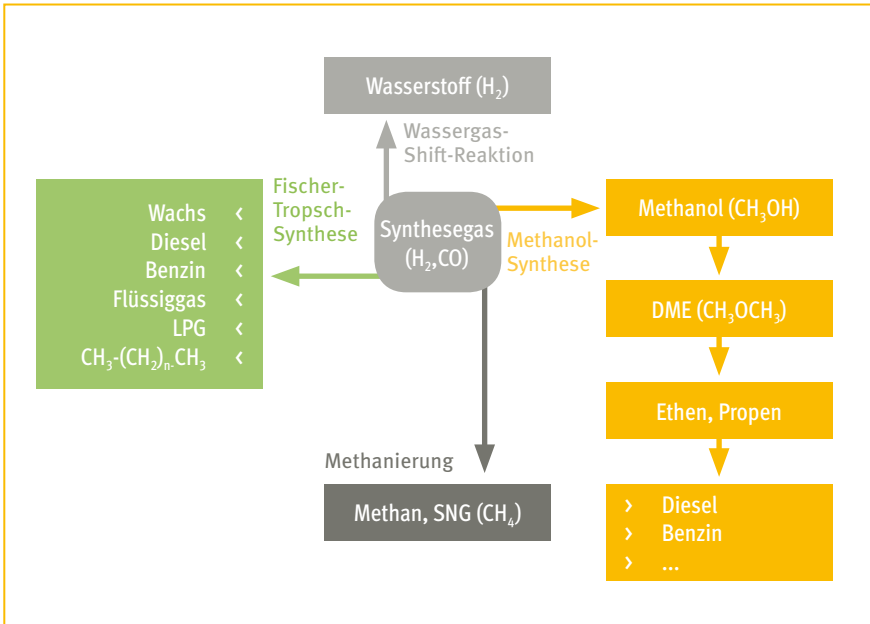
Dort folgt zunächst der Schritt der Synthesegasherstellung. In einem Reaktor wird das Syncrudeoil bei Temperaturen von über 1.200 °C und einem Druck bis zu 80 bar sowie einem Vergasungsmittel (z. B. Sauerstoff) in den gasförmigen Zustand überführt. Der Prozess wird auch als thermochemische Vergasung bezeichnet. Das

Roh-Synthesegas besteht aus Wasserstoff (H_2), Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO_2), Schwefel- und Stickstoffverbindungen sowie weiteren Komponenten. Für die anschließende Synthese ist es erforderlich, das Roh-Synthesegas von verschiedenen Schadkomponenten (z.B. Schwefel- und Stickstoffverbindungen) zu befreien.

Im Syntheseschritt erfolgt die Verarbeitung des Gasgemisches zu flüssigen Kohlenwasserstoffen. Das Verfahren der Fischer-Tropsch (FT)-Synthese wird in diesem Zusammenhang oft genannt, aber auch der Weg der Methanolsynthese, speziell über das Methanol-to-Gasoline[®]-Verfahren (MtG)

mit Dimethylether (DME) als Zwischenprodukt, ist möglich.

In der Kraftstoffaufbereitung findet eine Selektion in Schwer-, Mittel- und Leichtfraktionen statt. Diese werden dann gezielt veredelt und an die gewünschten Kraftstoffeigenschaften angepasst. Endprodukte sind je nach Verfahren Diesel-, Kerosin- oder Ottokraftstoffe. Neben Kraftstoffen werden auch chemische Grundprodukte erzeugt – aber auch Strom und Wärme fallen an, die den Großteil der erforderlichen Prozessenergie abdecken können.



Wege zu BtL-Kraftstoffen und chemischen Grundstoffen

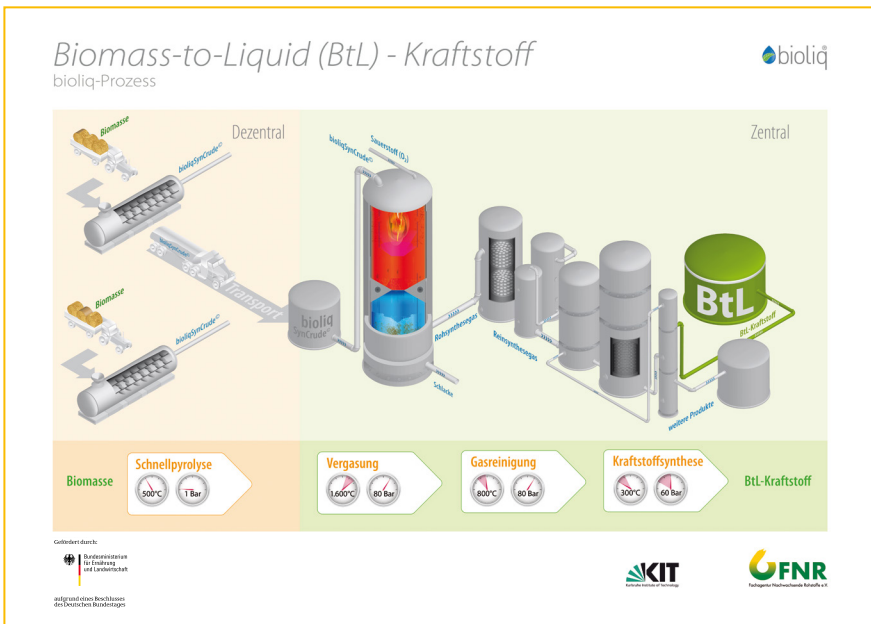
5.1.3 Kraftstoffeigenschaften und -qualität

BtL-Kraftstoffe werden synthetisch hergestellt, daher lassen sich ihre Eigenschaften gezielt beeinflussen und auf spezielle Anwendungen und Brennverfahren optimieren. Man spricht auch von Designerkraftstoffen. Über eine entsprechende Prozessführung sind auch Anforderungen aus der Luftfahrt und der künftig weiter entwickelten Motortechnik nach jetzigem Kenntnisstand erfüllbar. Da BtL-Kraftstoffe die Grenzwerte relevanter Kraftstoffnormen einhalten, ist eine Mischung in beliebigen Mischungsanteilen mit fossilen Kraftstoffen möglich. Allen BtL-Kraftstoffen sind eine hohe Cetanzahl,

Schwefel- und Aromatenfreiheit und deutlich reduzierte Schadstoffemissionen (z. B. Stickoxide, NO_x und Partikel) gemein. Wie beim HVO hat auch BtL-Kraftstoff eine geringere Dichte als Dieselmotorkraftstoff, aber einen höheren Energiegehalt, der den möglichen Reichweitennachteil ausgleicht.

5.1.4 Verbreitung/Nutzung

BtL-Kraftstoffe stehen heute nicht in marktrelevanten Mengen zur Verfügung. Hierzu- lande wird die gesamte Prozesskette derzeit beim KIT in Form einer Pilotanlage errichtet und betrieben. Experten erwarten relevante Kraftstoffmengen aus industriellen Anlagen in 5–10 Jahren im Markt.



Schema eines BtL-Herstellungsprozesses

5.1.5 Umweltaspekte

BtL-Kraftstoffe greifen auf eine breite Rohstoffpalette zurück und stellen keine oder nur eine bedingte Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion dar. Insbesondere bei der Nutzung von Reststoffen übertreffen ihre Einsparungen von THG-Emissionen (Einsparungen von über 90 % gegenüber Dieselmotoren scheinen möglich) die aktuellen Vorgaben bereits so deutlich, dass auch zukünftige, verschärfte Anforderungen (50 % ab 2017)⁵ erfüllbar sind. Direkt zur BtL-Produktion angebaute Biomasse, z. B. in Kurzumtriebsplantagen (KUP), weisen außerdem mit bis zu 4.000 l pro Hektar eine höhere Flächeneffizienz als die bisher markteingeführten Biokraftstoffe auf. Aufgrund dieser Eigenschaften sind sie im Energiesteuergesetz (EnergieStG) als förderungswürdige Kraftstoffe eingestuft und bis 2015 von der Energiesteuer befreit. Durch die Umstellung der Biokraftstoffquote auf eine Treibhausgas-(THG-)Quote ab 2015 können BtL-Kraftstoffe durch ihr THG-Minderungspotenzial besonders profitieren.

5.2 Bioethanol aus Lignocellulose

Bioethanol ist derzeit mit einer Jahresproduktion von etwa 70 Mio. t der bedeutendste Biokraftstoff weltweit. Er wird durch Fermentation, also die alkoholische Gärung von in Pflanzen enthaltenen Zuckern unter Einsatz von Hefezellen gewonnen. Während

die Umwandlung von Getreide, Mais, Zuckerrüben und Zuckerrohr in Ethanol als Biokraftstoff bereits vor Jahrzehnten begann, betritt man mit der Nutzung fester Biomasse noch Neuland.

Feste Biomasse enthält besonders viel Lignocellulose, die wiederum aus Cellulose, Hemicellulose und Lignin besteht, die Zellwände und somit das Gerüst unserer Pflanzen bildet. Zur festen Biomasse zählen Holz, Stroh, Großgräser wie Miscanthus (auch bekannt als Chinaschilf oder Elefantengras), Getreide inklusive Halmen (sogenanntes Ganzpflanzengetreide) und Landschaftspflegematerial, etwa der Schnitt von Hecken, Bäumen und Sträuchern an Straßen oder von öffentlichen Grünflächen. Ausgelöst durch die „Teller-Tank-Diskussion“ wird der Einsatz dieser Rohstoffe zur Kraftstoffproduktion in jüngerer Zeit viel diskutiert, denn sie stehen nicht oder weniger in direkter Konkurrenz zur Nahrungs- und Futtermittelproduktion. Gleichzeitig besitzen sie ein hohes THG-Reduktionspotenzial.

Für die Herstellung von Ethanol aus Lignocellulose wurden weltweit eine Reihe von Pilot- und Demonstrationsanlagen errichtet. Bis zur Herstellung im industriellen Maßstab ist der Weg aber noch weit. Um aus lignocellulosehaltiger Biomasse Ethanol herzustellen, muss der Rohstoff vorbehandelt und in Zucker umgewandelt werden, der die anschließende Fermentierung zu Ethanol ermöglicht. Das Problem: Bei der Verarbeitung

⁵ Neuanlagen ab Baujahr 2017 müssen ab 2018 eine THG-Einsparung von 60 % erreichen.

von Lignocellulose entstehen neben den bekannten Hexosen (meist Glucose) auch Zucker mit 5 Kohlenstoffatomen, sogenannte Pentosen (C₅-Zucker). Mit Hefen aus der herkömmlichen Ethanolproduktion können diese Zucker nicht zu Ethanol umgesetzt werden. Deshalb wird die Optimierung von Hefen und Mikroorganismen derzeit in verschiedensten Projekten weltweit erforscht. Im Labormaßstab sind die Ergebnisse erfolgsversprechend, doch müssen die Prozesse auch in industriellen Großanlagen effizient funktionieren. Hinzu kommen hohe Enzymkosten, die es für eine wirtschaftliche Prozessführung noch zu senken gilt.

Das Ethanol aus Lignocellulose, trotz aller Herausforderungen, positive Wirkungen in punkto Rohstoffverfügbarkeit und THG-Emissionen aufweist, ist unbestritten. Chemisch gesehen ist Lignocellulose-Ethanol identisch mit Ethanol aus Getreide. Für den Absatz in Deutschland kommen deshalb die bekannten Nutzungsoptionen in Frage.

5.3 Biobutanol

Butanol (C₄H₁₀OH) wird zum Großteil in der Lackindustrie als Lösungsmittel verwendet und im industriellen Maßstab hauptsächlich petrochemisch auf Basis fossiler Ressourcen hergestellt. Die Herstellung als Kraftstoff ist bisher nicht rentabel, wird aber durch verschiedene Unternehmen als aussichtsreiche Alternative für die Zukunft eingeschätzt. Butanol gehört wie Ethanol zur Gruppe der Alkohole. Stärke- oder zuckerhaltiges Pflanzenmaterial lässt sich z.B. zu Biobutanol

fermentieren. Gegenüber Ethanol weist Biobutanol als Kraftstoff einige Vorteile auf. Der höhere Energiegehalt führt zu einer erhöhten Reichweite und die nur bedingte Mischbarkeit mit Wasser hat Vorteile bezüglich der Lagerung und der Mischung mit Ottokraftstoffen. Der primäre Unterschied zur Ethanolproduktion liegt in der Fermentation und den hierfür verantwortlichen Bakterien und Enzymen. Zur Erzeugung von Butanol benötigt man bestimmte Clostridienarten. Sie sind von Natur aus in der Lage, Butanol über eine sogenannte A.B.E.-Fermentation zu produzieren. Dabei entsteht ein Gemisch aus Aceton, Butanol und Ethanol. Die Butanol-Ausbeute reicht jedoch für eine großtechnische Kraftstoffherstellung bislang nicht aus. Da Butanol bei steigenden Konzentrationen sogar toxisch auf die Mikroorganismen wirkt, erfordern kommerzielle Produktionsverfahren neue Lösungsansätze, hier besteht noch einiger Forschungsbedarf.

5.4 Wasserstoff

Die Idee, Wasserstoff als Antriebsmittel für Fahrzeuge zu nutzen, ist fast so alt wie die Erfindung des Automobils. Wasserstoff verbrennt in der Brennstoffzelle emissionsfrei, es entsteht lediglich Wasser bzw. Wasserdampf. Im Verbrennungsmotor genutzt, verursacht er zusätzlich geringe Mengen an Stickoxiden. Aus Emissionsicht ist Wasserstoff also ein (nahezu) idealer Kraftstoff.

Zwar verstärken Automobilindustrie und Politik ihre Anstrengungen rund um das Thema und die derzeit bundesweit 15 Tankstellen



Wasserstoff-Tankstelle in Berlin

(Stand 2013) sollen sich bis 2015 mehr als verdoppeln, dennoch bleibt Wasserstoff heute noch Testfahrzeugen vorbehalten.

Die Herstellung an sich ist Stand der Technik und erfolgt überwiegend über Dampfreformierung, ähnliche thermochemische Prozesse oder durch Elektrolyse. Ausgangsstoff für die Dampfreformierung ist heute vor allem Erdgas (CH_4). Mit der Reformierung von Biomethan oder Rohglycerin ist jedoch auch die klimaneutrale Erzeugung von Bio-Wasserstoff aus erneuerbaren Ressourcen möglich. In einer Pilotanlage am Standort Leuna demonstriert die Linde AG die Produktion von Wasserstoff aus Glycerin. Durch den von Linde entwickelten Pyroreforming-Prozess wird das wasserstoffreiche Glycerin, das als Nebenprodukt der Biodieselproduktion anfällt, in Pyrolysegas und durch anschließende Reformierung in Wasserstoff umgesetzt.

Bei der Elektrolyse wird hingegen Wasser (H_2O) mittels elektrischen Stroms in seine Bestandteile Wasserstoff (H_2) und Sauerstoff (O_2) zerlegt. Stammt der Strom aus erneuerbaren Quellen, ist der Wasserstoff entsprechend klimaneutral.

Die Herausforderungen zum Ausbau dieser Kraftstoffoption liegen in der Kraftstofflogistik, der verlustfreien Lagerung und der Kostenreduktion. Motorisch stehen zwei Konzepte zur Verfügung: der Verbrennungsmotor und die Brennstoffzelle. Beide laufen derzeit in Praxistests. Für den Einsatz im Verbrennungsmotor muss der Wasserstoff verflüssigt werden, in dem man ihn auf -253 °C abkühlt. Für Brennstoffzellen wiederum wird der Wasserstoff komprimiert, bisher in den Druckstufen 350 und 700 bar. Brennstoffzellen wandeln – umgekehrt zur Elektrolyse – Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser um. Mit der Energie des Wasserstoffs erzeugt die Brennstoffzelle Strom und Wärme und treibt das Fahrzeug über einen Elektromotor an. Brennstoffzellenfahrzeuge sind besonders emissions- und geräuscharm.

Sowohl die Kühlung als auch die Komprimierung des Wasserstoffs sind kosten- und energieaufwendig und erfordern eine eigene Transport- und Tankstelleninfrastruktur. Fragen zur Sicherheit und zum Komfort gelten hingegen mittlerweile als gelöst. Die Betankung ist einfach und in wenige Minuten abgeschlossen. Gegenüber reinen Elektroantrieben haben Brennstoffzellenfahrzeuge sogar Reichweiten-Vorteile. Doch noch bieten Fahrzeughersteller in Europa keine Serienfahrzeuge an.

Die Zukunft des Wasserstoffs bleibt ungewiss. Sicher ist, dass seine Herstellung für eine nachhaltige Energiebereitstellung auf regenerativen Quellen basieren muss.

5.5 Biokraftstoffe aus Algen

Mikroalgen sind eine noch vergleichsweise ferne, gleichwohl besonders interessante Option zur Erzeugung von Biokraftstoffen. Dafür spricht das enorme Biomassebildungspotenzial der Wasserorganismen; pro Flächeneinheit können die Erträge theoretisch beim 30-fachen des heutigen Rapsölertrages liegen. Zudem wäre die Algenproduktion weitgehend unabhängig von landwirtschaftlichen Flächen. Nachteilig ist aber die derzeit noch geringe Wirtschaftlichkeit: Der Kilopreis für Algenöle beträgt über 10 €, während Pflanzenöle und andere Biomassen für unter 1 € pro Kilo verfügbar sind.

Von den weltweit etwa 300.000 Arten ist bislang nur ein Bruchteil erforscht. Als vielversprechend gelten vor allem die Spezies, aus denen sich Öle extrahieren lassen. Die Technologien zu deren Weiterverarbeitung, ob über die Veresterung zu Biodiesel oder die Kohlenwasserstoffherzeugung (siehe Kapitel Biodiesel und HVO) sind bekannt. Auch Ethanol, Methan oder Wasserstoff aus Algen wären vorstellbar.

Die Herausforderung besteht vor allem darin, aus der Vielzahl der Algenarten die für eine kommerzielle Nutzung am besten geeigneten auszuwählen und ihre Kultivierung weiter zu optimieren, denn hier entstehen die hohen Kosten. Grundsätzlich kommen zur Anzucht offene und geschlossene Systeme in Frage. Sogenannte „Open Ponds“ sind offene Behälter, die aufgrund geringerer Anschaffungskosten bislang dominieren. Ein optima-



Algenzuchtanlage aus Kunststoffschläuchen

les Wachstum der Algen und die Ausprägung gewünschter Eigenschaften erfordern jedoch spezielle Bedingungen, die sich in Open Ponds nur bedingt herstellen lassen. Deshalb wurden Photobioreaktoren entwickelt. Das sind geschlossene Systeme bestehend aus einem Netz von Glasröhren oder transparenten Kunststoffschläuchen. Sie ermöglichen höhere Lichteinträge und eine optimierte CO₂- und Nährstoffversorgung.

Konstante Licht- und Temperaturverläufe sind die beste Voraussetzung für gutes Algenwachstum, Mitteleuropa ist insofern kein optimaler Standort. Andererseits erhoffen sich gerade in den Industrienationen Betreiber von Kohle-, Gas- oder Reststoffkraftwerken eine Verbesserung ihrer CO₂-Bilanz, in dem sie die Rauchgase der Kraftwerke in benachbarte Algenzuchtanlagen einleiten. Dort wandeln die Algen das klimaschädliche Gas in Kohlenstoffverbindungen um – eine Win-Win-Situation für Kraftwerksbetreiber, Algenzüchter und Klima.

Noch aber besteht bei allen Aspekten der Algenproduktion erheblicher Forschungsbedarf.

6 AUSBLICK

Was treibt uns in Zukunft an? Diese Frage lässt sich nicht ohne Weiteres beantworten und entzieht sich jeglichen pauschalen Lösungen. Eines kann allerdings als sicher gelten: Die absehbare Verknappung fossiler Rohstoffe verlangt dringend nach einer Energieversorgung, die kurz- bis mittelfristig mit immer weniger und langfristig gänzlich ohne Benzin, Diesel, Kerosin, Schweröl und Co auskommt und zudem den Ausstoß von klimarelevanten Gasen deutlich reduziert. Die Mobilität, heute fast ausschließlich auf Erdölprodukte angewiesen, stellt das vor ganz spezifische Herausforderungen.

An Optionen für erneuerbare Antriebskonzepte – vor allem für die individuelle Mobilität mit dem Pkw – mangelt es dabei grundsätzlich ebenso wenig wie an ingenieurtechnischem Wissen, diese Realität werden zu lassen. Gleichwohl gilt es, noch einige technische Hürden zu nehmen.

Biokraftstoffe bieten eine, bei weitem jedoch nicht die einzige Perspektive für die Mobilität der Zukunft. Kraftstoffe aus Biomasse sind nicht nur hochkonzentrierte Energieträger, sondern heute die wichtigste alternative Antriebsform. Während viele der neuen Antriebsoptionen noch einiges an Zeit benötigen, um die erforderliche Marktreife zu erlangen, spielen Biokraftstoffe bereits heute im Markt eine signifikante Rolle. Sie sind mit den derzeitigen und den in Entwicklung befindlichen Verbrennungsmotoren weitgehend kompatibel, lassen sich als

Beimischung zu gängigen Kraftstoffen sukzessive in den Markt integrieren und greifen ohne grundlegende Anpassungen auf bestehende Infrastruktur- und Logistiksysteme zurück. Ihre Vorteile spielen Biokraftstoffe in Kombination mit dem Verbrennungsmotor vor allem an den Stellen aus, wo andere alternative Lösungen einen deutlich höheren Aufwand einfordern. Das kann – zum Beispiel in Form von Range Extender – im elektrisch angetriebenen Pkw eine gewisse Rolle spielen. Hier sei vor allem aber an all diejenigen Mobilitätsbereiche gedacht, die große Energiemengen in längeren Zeiträumen benötigen, ohne auf infrastrukturelle Unterstützung in Form von Stromschienen, Akkustationen etc. zurückgreifen zu können. Dazu zählen vor allem die Land- und Forstwirtschaft, die ihren Schleppern und Arbeitsmaschinen im Gelände höchste Leistungen abverlangen. Hier sei an den Flugverkehr erinnert, der insbesondere in der Startphase den nötigen Schub mit immensem Energieeinsatz erzeugt. Biokraftstoffe können perspektivisch aber auch die Schifffahrt antreiben und den Güterverkehr auf der Straße bewegen.

Vor allem in diesen Segmenten stehen Biokraftstoffe bereit, fossile Treibstoffe künftig zu ersetzen und eine bedeutsame Position in Deutschland, aber auch global einzunehmen. Die Potenziale hierfür sind vorhanden, schlussendlich bestimmt neben den volkswirtschaftlichen Kosten und vielen anderen Faktoren jedoch nicht zuletzt auch die ge-



sellschaftliche Akzeptanz darüber, welche Konzepte in welcher Sparte zum Einsatz kommen.

Biokraftstoffe brauchen Biomasse zu ihrer Herstellung: Sie werden ihre Berechtigung deshalb langfristig nur dann nachweisen können, wenn sich die Konkurrenz um die Flächen zur Biomasseproduktion, die insbesondere zur Nahrungsmittelerzeugung besteht, glaubhaft und dauerhaft gesichert entschärfen lässt.

Die Konkurrenz der Biokraftstoffe untereinander befördert dabei diejenigen Konzepte, die mit möglichst geringem Flächen- und Energieaufwand umzusetzen sind. Sie unterstützt aber auch die Suche nach besonders Klima schonenden, Treibhausgase einsparenden Lösungen. In diesen Punkten unterscheiden sich die in der Broschüre beschriebenen Ansätze zum Teil recht deutlich. Auch und gerade deshalb gilt: Biokraftstoffe sind nicht per se gut oder schlecht.

Forschung und Entwicklung stehen vor der Herausforderung, die nötigen Verbesserungen in der energetischen Effizienz von Biokraftstoffen bei gleichzeitiger Minimierung des Schadstoffausstoßes zu erzielen. Das betrifft nicht allein die motorischen Aspekte: Im Fokus bleibt die gesamte Kette vom Energiepflanzenanbau bzw. der Nutzbarmachung von sonstigen Roh- und Reststoffen über die Logistik bis hin zu den Antriebskonzepten im Fahrzeug.

Es gilt, die strategischen Leitlinien für die Entwicklung von alternativen Mobilitätskonzepten im Allgemeinen und von Biokraftstoffen im Besonderen behutsam fortzuschreiben. Dabei sollte der Blick offen gehalten werden für die Herausforderungen der globalen Ernährung, aber auch für die Erfordernisse unserer hoch entwickelten Wirtschaftssysteme, die von zukunftsfähiger Mobilität in hohem Maße abhängen. Biokraftstoffe bieten hierfür brauchbare Lösungen.

7 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN

Informationen der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) unter
<http://biokraftstoffe.fnr.de>

Sonstige Informationen

Agentur für Erneuerbare Energien (AEE):
www.unendlich-viel-energie.de

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL):
www.bmel.de

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi):
www.bmwi.de

Bundesverband der deutschen Bioethanolwirtschaft e.V. (BDBe):
www.bdbe.de

Clean Energy Partnership (CEP):
www.cleanenergypartnership.de

Deutsches Biomasseforschungszentrum gGmbH (DBFZ):
www.dbfz.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – bioliq-Verfahren:
www.bioliq.de

Technologie- und Förderzentrum TFZ:
www.tfz.bayern.de

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP):
www.ufop.de

Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie e.V. (VDB):
www.biokraftstoffverband.de

Verband der ölsaatenverarbeitenden Industrie in Deutschland e.V. (OVID):
www.ovid-verband.de

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR)
OT Gülzow, Hofplatz 1
18276 Gülzow-Prüzen
Tel.: 03843/6930-0
Fax: 03843/6930-102
info@fnr.de
www.fnr.de

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier
mit Farben auf Pflanzenölbasis

Bestell-Nr. 183
FNR 2014