

Rohstoffe und Energieträger aus Biomasse:

Bio-Kraftstoffe

Bezeichnung, Gewinnung, Nutzung, Klimarelevanz, Effizienzen, ...

Jean Stoll

Der allgemeinen Forderung nach schriftlicher Aufklärung folgend und im Konsens mit der rezent geschaffenen Plattform „Biomasse-Verwertung in Luxemburg“ (BVL) der Luxemburger Landwirtschaft (LLW), soll eine kleine Artikelreihe zu diesem sehr spezifischen Thema mehr oder weniger zeitgleich in allen landwirtschaftlichen Zeitungen erfolgen. Da zurzeit reichlich über Bio-Kraftstoffe geredet, geschrieben und spekuliert wird, sollen in diesem Beitrag die alternativen Energieträger näher beschrieben werden.

In den drei ersten züchter-Folgen des Jahres 2006 wurden vermehrt grundsätzliche Überlegungen zum Thema „Rohstoffe und Energieträger aus Biomasse“ angestellt, welche es vielleicht Sinn macht nachzulesen. In der Folge 5/2006 wurde die diesbezügliche Stellungnahme elf landwirtschaftlicher Organisationen *in extenso* wiedergegeben. Die vorliegende Darstellung ist um eine möglichst einfache, leicht verdauliche, energetische Kost bemüht und möchte vom Verfasser auch nur als solche verstanden werden.

Bio-Kraftstoffe

Als Bio-Kraftstoffe bezeichnet man allgemein Gase, Flüssigkeiten oder Feststoffe, welche aus organischer Materie, egal ob aus tierischer und/oder pflanzlicher Herkunft, bestehen bzw. daraus zeitnah erzeugt wurden oder immer wieder werden und zu Energiezwecken

genutzt bzw. genutzt werden können oder könnten. Fossile Brennstoffe wie Kohle, Öl und Erdgas bestanden ursprünglich vorwiegend auch aus pflanzlicher Biomasse, welche vor Jahrmillionen unter hohem Druck und z. T. hohen Temperaturen verwandelt wurden. Relevant für das heutige Klima ist der Umstand, dass die (massive) Verbrennung fossiler Brennstoffe heute den Kohlendioxid emittiert, der vor geraumer Zeit eingebunden wurde.

Klimaneutralität

Bio-Kraftstoffe bestehen grundsätzlich aus denselben Kohlewasserstoffketten wie ihre fossilen Vorfahren, doch der Kohlendioxid, den sie ebenfalls bei ihrer Verbrennung ausstoßen, wurde sehr zeitnah, d. h. gewöhnlich Monate bis maximal mehrere Jahre vorher, durch die Photosyntheseleistung der Pflanzen eingebunden. Daher spricht man hier allgemein von einer gewissen Klimaneutralität, bzw. man bezeichnet Bio-Kraftstoffe als weitgehend klimaneutral. Dies ist aber nur soweit gegeben, wie ihre Erzeugung (Pflügen, Bestellen, Düngen, Schützen, ...), Ernte (Schneiden, Häckseln, Verhüllen, Einbringen, ...) und Aufbereitung (Transport, Trocknung, Umwandlung, Lagerung, Verteilung, Bereitstellung, Nutzung, ...) weniger Energie verschlingen, als sie als Energieträger beinhalten.

Hinzu kommt, dass die Lachgas-

emissionen, welche mehrheitlich durch die mineralische Stickstoffdüngung verursacht werden, etwa 300 Mal schädlicher für den Treibhauseffekt sind als Kohlendioxid. Bei intensiv geführten Ackerkulturen müssen diese Emissionen jedenfalls berücksichtigt werden.

Energieeffizienz

Die Umwandlung von Brenn-, Treib- oder Kraftstoffen in nutzbare Energie erfolgt heute weitgehend über Verbrennungsmaschinen. Ob Benzinmotoren, Dieselantriebe, Düsentriebwerke oder Gasturbinen, sie wandeln die verschiedenen Energieträger in der Regel mit einer durchschnittlichen Effizienz (Output/Input) von nur etwa 15% (Pkw im Alltag) bis maximal 44% (stationärer Gasmotor zur Elektrizitätsgewinnung) um. Die Hälfte bis zu 5/6 verpuffen weitgehend ungenutzt als Wärme.

Zieht man davon noch den realen Energieaufwand zur Erzeugung, Gewinnung, Herstellung und Bereitstellung der verschiedenen Ausgangsbio-massen ab, dann halbieren sich die Effizienzen in der Regel. Der Maisanbau z. B. verschlingt heute fast die Hälfte seiner enthaltenen Energiemenge auf und von dem Feld bis zu seiner Einlagerung! Fahren mit Bio-Methan aus Biogas aus Mais in einem Erdgasauto erbringt daher in der Praxis ebenfalls eine Gesamtenergieeffizienz von etwa 3 - 5%.

Flächennutzung und –verbrauch

Diese Tatsache der sehr niedrigen Gesamteffizienzen vor Augen zeigt, dass die landwirtschaftliche Fläche mit den bestehenden alternativen Möglichkeiten unmöglich unseren Energiebedarf decken kann. Sog. BTL-Kraftstoffe, ebenfalls und nicht zuletzt auch die der allgemein gelobten 2. Generation, bilden da ganz und gar keine Ausnahme. Bio-Diesel aus Holzhackschnitzel erbringt eine maximale „well-to-wheel“-Effizienz (wörtlich aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt: vom Brunnen zum Rad) von ebenfalls nur maximal 5%. Dasselbe Holz genutzt zur Wärme-gewinnung kann demgegenüber mit einer durchschnittlichen Effizienz von etwa 60 - 75% aufwarten, Setzen, Unterhalt, Gewinnung, Trocknung, Aufbereitung, Lagerung, Transport und Feuerungstechnik inbegriffen!

Der Verbrauch an land- und forstwirtschaftlicher Fläche für die Energiegewinnung hängt also im Wesentlichen auch von der Aufbereitung und späteren Nutzung der erzeugten Biomassen ab. Zusätzlich wird die Energieproduktion immer mehr zur Konkurrenz der Nahrungsmittelproduktion. Erfolgt die Nahrungsmittelproduktion und -konsum zum überwiegenden Teil auch noch mittels Tieren, können die stetig schrumpfenden 7% der Erdoberfläche an gesamtlandwirtschaftlicher Nutzfläche weder die Welt annähernd ernähren noch den unmäßig steigenden Energiebedarf decken. **Die Brandrodung der Urwälder zur Flächengewinnung für die Fleisch- und Ethanolproduktion ist definitiv keine Alternative!** Gras und Mais als Kuhfutter zur Milch- und Fleischerzeugung als Basisnahrung und Vergärung der Rindergülle zu Bio-Methan erscheint demgegenüber weit aus sinnvoller.

Recycling

Diese groben Überlegungen zeigen, dass der Energie- und Rohstoffgewinnung aus Neben- und Abfallprodukten

eine besondere Bedeutung zukommen muss. Hier steht ebenfalls eine breite Palette an Biomassen wie Grünschnitte, Reste aus der Landschaftspflege, Bio-Haushaltsmüll, Frittieröle, überständiges Futter, Mist, Gülle, Klärschlämme, usw. an, welche ähnlich bis gleichzeitig mit primären Biomassen umgewandelt und aufbereitet werden können und müssen. Hierbei kann und sollte die Landwirtschaft wertvolle Dienste leisten. Hierin besteht z. B. eine wesentliche Zielsetzung des Biogasprojektes von „*Naturgas Kielen*“.

Die vielen Biomassestudien und das BVL-Projekt von CONVIS

Die endlichen Ölreserven, der durch den stetig steigenden Energiekonsum getriebene Klimawandel mit allen seinen schwerwiegenden Folgen, die kriegerisch und human allgemein prekäre Weltlage, eine im Wesentlichen durch den Ölkonsum getriebene Marktwirtschaft, die weitgehend vorbehaltlose Nachahmung der westlichen Verhaltensmustern durch den Rest der Welt sowie nicht zuletzt die recht volatile Energie- und Haushaltssituation von Luxemburg haben auch hier die Alarmglocken erklingen lassen. Gepaart mit der beträchtlichen Aufstockung und Bereitstellung der Gelder für Forschung und Entwicklung und dem fast schon zwanghaften Aufbau der Universität werden z. Z. verständlicherweise viele Studien im Bereich der Nutzung und Einsparung von Energien sowie der Erzeugung alternativer Energien getätigt. Die im Abschluss befindliche und begrüßenswerte LUXRES-Studie der beiden Ministerien für Energie-wirtschaft und für Umwelt erhält augenblicklich eine sehr hohe Aufmerksamkeit.

In kaum einer dieser dem Artikelschreiber

bekanntesten Studien ist die Luxemburger Landwirtschaft z. Z. maßgeblich beteiligt. Auch besteht weder im Landwirtschaftsministerium noch in seinen Verwaltungen eine spezifische Dienststelle für die Verwertung der landwirtschaftlichen Biomassen. Im Gegenteil! Bio-Diesel aus Raps und Biogaserzeugung aus Gülle gehen ausschließlich auf innerlandwirtschaftliche Initiativen zurück. So auch die bei CONVIS geschaffene Stelle für Forschung, Entwicklung und Demonstration (RDD) mit ihren staatlich zu 80% gestützten Beratungsprojekten, wobei dasjenige der Biomasse-Verwertung in Luxemburg, abgekürzt BVL, den z. Z. wesentlichen Teil ausmacht.

Dabei geht es darum, die Erzeugungspotentiale in und um die Landwirtschaft sowie die Aufbereitungs- und Nutzungsmöglichkeiten der verschiedenen Biomassen sehr praxisnah zu eruieren. Hierbei werden entgegen vielen anderen Studien die Effizienzen der gesamten Energieketten analysiert. Sollten landwirtschaftliche Biomassen nämlich ihren Teil zur zukünftigen und im wahrsten Sinne des Wortes nachhaltigen Energieversorgung beisteuern, ist es wichtig, dass gesamtheitliche Überlegungen und Berechnungen angestellt werden. Hier kommen der gesamten Landwirtschaft die Erfahrungen, Ergebnisse, Algorithmen und Datenbank aus nunmehr 15 Jahren getätigten, sehr praxisnahen Hoftorbilanzierungen für u. a. Nährstoffe, Energie und Humus sowie den unzähligen Futter- und Bodeprobenresultaten auf ca. 1/6 der Luxemburger LN bei CONVIS entgegen.



Abb. 1: Flexible Fuel Vehicle von VOLVO: Fährt mit Ethanol-Benzin-Gemischen

Die RDD-Stelle bei CONVIS könnte demnach in vielen Studien und Projekten diese Erkenntnisse beisteuern. Daraus sind im letzten Jahr dann auch viele Kontakte mit in- und ausländischen Forschungsinstituten entstanden, welche sich sicherlich zum Vorteil aller Beteiligten entwickeln können und hoffentlich auch werden. Im Vordergrund des BVL-Projektes stehen die Einbindung der Landwirtschaft, die Beteiligung an möglichen Wertschöpfungen, die eigentliche, biologische Nachhaltigkeit sowie die Realisierbarkeit im EU-Zwergstaat und seiner Großregion im Vordergrund.

Die gängigsten Bio-Kraftstoffe

Nachstehend eine als Anhaltspunkt gedachte, kurze Beschreibung aktueller Bio-Kraftstoffe aus landwirtschaftlicher Biomasse ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

Rapsöl

Pflanzenöl kann aus vielen ölhaltigen Früchten gewonnen werden. In Europa sind es hauptsächlich Raps und Sonnen-

blumen, welche als Öllieferanten dienen. Die Gewinnung ist voll mechanisiert und komplett alltagstauglich. Pflanzenöl als brennbare Substanz ist weitgehend umweltunbedenklich, da vollständig abbaubar. Der Rapsanbau z. B. bringt Erträge zwischen 1.300 und 1.500 Liter Öl je Hektar und Jahr. Die Nutzung des Rapsöls in Dieselmotoren ist im Wesentlichen ausgereift. In Deutschland sind etwa 300.000 LKWs mit der notwendigen Umrüstung ausgestattet. In der Landwirtschaft ist Rapsöl wenig verbreitet, weil die allgemein niedrigere Besteuerung für fossiles Diesel für landwirtschaftliche Maschinen seine Einführung dort wenig wirtschaftlich macht. Relativ neu sind Erkenntnisse, dass die Verbrennung von Rapsöl bis zu 3.000 Mal höher mutagen (= krebsrelevant) einzustufen sei, als herkömmlicher Diesel. Die Energiebilanz seiner Herstellung kann durch die Verfütterung bzw. die Vergärung (Biogas) des Rapskuchens um einiges verbessert werden.

Biodiesel

Biodiesel der sog 1. Generation entsteht durch Veresterung von Pflanzenöl und wird in Europa mehrheitlich aus Rapsöl hergestellt. Seine leicht schlechtere Energiebilanz gegenüber reinem Pflanzenöl bedingt durch die Verarbeitung u.a. mittels Beisetzung von Methanol (siehe weiter unten) wird durch die etwas bessere Effizienz im Verbrennungsmotor ausgeglichen. Biodiesel ist dem fossilen Diesel nur ähnlich aber nicht gänzlich gleichwertig. Die Pkw-Hersteller tun sich neuerdings wieder schwer mit der Freigabe ihrer Dieselmotoren zur ausschließlichen Befuerung mit Bio-Diesel. Seine ha-Leistung entspricht grob der des Pflanzenöls aus dem es gewonnen wird.

BTL- od. FT-Kraftstoffe

BTL steht für die englische Bezeichnung „*biomass to liquid*“, frei ins Deutsche übersetzt: Ver-

flüssigung der Biomasse. FT steht für die Fischer-Tropsch-Synthese, ein Verfahren, mit dem aus einem Synthesegasgemisch (gewonnen z. B. aus der Holzvergasung) von vorwiegend Wasserstoff (H₂), Kohlenmonoxid (CO) und -dioxid (CO₂) langkettige Kohlenwasserstoffmoleküle chemisch hergestellt werden. Ist das Ausgangsmaterial heute vorliegende Biomasse, spricht man von *SunFuel*, bzw. *SunDiesel* (*Sun* = Sonne), wird es z. B. durch die Reformierung von Erdgas gewonnen, spricht man von *SynFuel*, bzw. *SynDiesel* (*Syn* abgeleitet von Synthese). Dieser Prozess wird allgemein als GTL bezeichnet: *gas to liquid*. Diese neuen, ausgelobten Benzin- und Dieselmotoren z. B. von Aral (*Ultimate*) und Shell (*V-Power*) und ganz rezent auch von Total, beruhen auf letzterem Verfahren (aus Erdgas) und stellen für den Artikelschreiber eine völlig unnötige und gänzlich verantwortungslose Ressourcen- und Energievergeudung dar. Erdgas ist nämlich energiereicher, verbrennt wesentlich sauberer, besitzt eine höhere Oktanzahl, kann wesentlich energieärmer zum Verbraucher transportiert werden und könnte mittels spezifisch angepassten Verbrennungsmotoren auch deutlich bessere Energieeffizienzen im uralten Kolbenmotor - ob Diesel oder Benzin - erzielen. Die klimarelevante CO₂-Bilanz wäre sogar um ca. 2/3 besser! Dies ist dann auch einer der Hauptgründe, warum Erdgasmotoren eine wesentlich günstigere Steuer-einstufung erhielten. Erdgas bzw. Methan besitzt nur ein einziges Kohlenstoffatom je Molekül. Benzin und Diesel besitzen je Molekül deren zwischen 3 und 35, welche pro verbrannte Energieeinheit wesentlich mehr Kohlenmono- und -dioxid freisetzen!

Doch deren Befürworter wie u. a. CHOREN Industries, Volkswagen und Daimler-Chrysler halten vor, dass durch diese FT-Synthese (egal ob das Ausgangssynthesegasgemisch aus Biomasse oder Erdgas gewonnen wird) die Kraftstoffe wesentlich reiner und aus nur einigen wenigen, bekannten Kohlenwasserstoffmolekülen mit höheren Cetan- bzw. Oktanzahlen bestünden (man pflegt es auf Neudeutsch als Designer-Kraftstoff zu bezeichnen), auf die die spätere Verbrennung im Brennraum der Kolbenmo-

NEU BEI DURCHFALL

ERHÄLTlich BEI IHREM TIERARZT

Rehydion gel

FÜR RINDER

MILCHVERABREICHUNG WEITERHIN MÖGLICH !

toren subtiler abgestimmt werden könnte. Die Effizienz sowie die Auspuffabgase (hauptsächlich weniger Stickoxyde und beim Diesel auch weniger Partikel) könnten verbessert werden. Angesichts der schlechten, globalen Situation sind dies aber keine substantiellen Verbesserungen. Für Dieselmotoren mit weniger als 2,0 l Hubraum könnten damit z. B. die strengeren US-amerikanischen Abgasnormen mit etwas weniger technischem Aufwand erreicht werden, so eine der offiziellen Verlautbarungen.

Biogas bzw. Bio-Methan und SNG

Biogas entsteht bekanntlich durch die anaerobe (= unter Luftausschluss) Vergärung von sehr unterschiedlichen festen und flüssigen Biomassen und besteht etwa zu 55% aus reinstem Methan (CH₄) und zu 45% aus Kohlendioxid (CO₂) sowie Reststoffen. Ersetzt man Erdgas durch den aus diesem Biogas abgetrenntem, sog. Bio-Methan, dann sehen die Umweltbilanzen verständlicherweise noch günstiger aus, als beim reinen Erdgasantrieb (Abb. 2).

Bio-Methan kann aber auch aus dem durch die Vergasung und Reformierung von Biomassen gewonnenen Synthesegas mit einer Gesamteffizienz von etwa 55%) hergestellt werden. Dann spricht man von synthetisiertem Naturgas (SNG: *Synthesised Natural Gas*). Wenn bei der üblichen Verstromung von Biogas oder auch Naturgas keine effiziente Wärmenutzung vor Ort stattfinden kann (meistens, weil kein idealer

Abnehmer an Ort und Stelle vorhanden ist), dann sollte das Bio-Methan ins bestehende Erdgasnetz eingespeist und zum Endverbraucher energieeffizient transportiert und dort ebenso genutzt werden können. Wie dies z. Z. zu handhaben ist, zeigt die vom Wirtschaftsminister dazu speziell in Auftrag gegebene und recht rezent vorgelegte Studie (siehe: http://www.eco.public.lu/salle_de_presse/com_presse_et_art_actu/2007/01/05_biogaz/gesamtbericht.pdf).

Ob die Einspeisung von Bio-Methan aber mit wesentlich reinerem Methan-gas erfolgen muss, als das in der Regel recht weniger saubere Erdgas beinhaltet, muss jedenfalls aufgeworfen und geklärt werden. Die heutigen Potentiale der elektronischen Fühler- und Regel-techniken erlauben jedenfalls am Ort der Nutzung eine zu jedem Zeitpunkt optimale, dem jeweiligen aus dem Netz abgeleiteten Gasgemisch und seinem eventuell variablen Energiegehalt angepasste Verbrennung.

Die flächendeckende Einführung von Regel-techniken am jeweiligen Brenner ist jedenfalls wesentlich effizienter als die erzwungene, permanente Aufbereitung des Biogases zu 99,9% reinem Methan.

Synthesegas (das frühere Stadtgas)

Das frühere Stadtgas bestand aus einem variablen Gasgemisch aus Wasserstoff, Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Methan sowie Spuren von Schwefelverbindungen und Teeren. Es wurde üblicherweise gewonnen aus der Vergasung von Kohle oder aus dem sog. schweren Öl. Bei der in den 70er Jahren im Raum Luxemburg-Stadt vollzogenen Umstellung von Stadtgas auf Erdgas genügte es in den allermeisten Fällen, an den Heiz- und Kochanlagen lediglich die Brennerdüsen durch Düsen mit kleinerer Öffnung zu ersetzen, um dem etwa dreimal höheren Energiegehalt des Erdgases als dem des

Stadt-/Synthesegases Rechnung zu tragen.

Die Frage sei deshalb erlaubt, ob nicht wiederum eine Art Stadtgas, d. h. aus Biomasse gewonnenes Synthese- und Biogas, in das bestehende Erdgasnetz eingespeist werden könnte. Dieses Gas müsste zwar auch - wie das Biogas zur Verbrennung im Kolbenmotor zwecks Verstromung - nur grob gereinigt werden, der energetische Aufwand hielte sich aber in Grenzen und es entstünden keine Verluste durch die vor der Einspeisung zu tätigen, energieaufwendigen, chemo-physikalischen Umwandlungen zu Methan. Die Gesamteffizienz einer solchen Energiekette müsste eine Ausbeute von bis zu 75% erreichen und stellt damit jedenfalls eine ernstzunehmende Alternative zu den jetzigen, weit weniger effizienten Denkmustern dar.

Bio-Ethanol

Ethanol ist ein Alkohol, welcher aus zwei Kohlestoffatomen besteht. Bio-Ethanol kann aus allen zucker- und stärkehaltigen Substanzen durch eine sog. alkoholische Vergärung mit anschließender Destillation gewonnen werden. Der Vorgang ist strikt identisch wie in Nachbars Schnapsbrennerei. Für Bio-Kraftstoff werden in der Regel Getreide und Mais sowie speziell in Brasilien Zuckerrohr verwendet. Findet keine ergiebige Nutzung der Restmaische statt, dann ist dieses Verfahren mit Getreide und Mais in höchstem Maße ineffizient.

D.h., es wird mindestens ebensoviel fossile Energie beim Herstellungsprozess verbraucht, wie im Bio-Ethanol nach seiner Herstellung enthalten ist. In den USA wird deshalb auf höchster Ebene gegen dieses blödsinnige Verfahren Alarm geschlagen. So sollen dort z. B. im Jahr 2005 rund 16% aller Erdgasimporte nach USA alleine für die Bio-Ethanolproduktion aufgebracht worden sein. Die Energiebilanz der Bio-Ethanolherzeugung aus Zuckerrohr in Brasilien weist eine bessere Energiebilanz auf. Doch wenn dort u. a. durch Brandrodung des Urwaldes landwirtschaftliche Flächen erobert werden müssen, um den Bio-Ethanolbedarf der



Abb. 2: Auftanken mit Bio-Methan (aus Biomasse: Biogas und/oder SNG) bzw. Erdgas zu Hause in der eigenen Garage

Erde zu decken, dann kann man nur von einem weiteren, politisch-wirtschaftlich orchestrierten Raubbau auf höchster Ebene reden. Zurzeit wird in Antwerpen Bio-Ethanol aus Brasilien zu EUR 0,32/l gehandelt und dem Benzin bis zu 5,75% (EU-Zielvorgabe bis 2010) beigemischt.

Bio-Ethanol aus kleinen Schnapsbrennereien mit gleichzeitiger Vergärung der Restmaische zu Biogas hat in Deutschland deutlich positivere Gesamtenergiebilanzen ergeben (siehe z. B.: www.e85-nrw.de; www.itas.fzk.de). Doch angesichts dieser dezentralen Erzeugung und des höheren Gestehungspreises je Liter Bio-Ethanol als der brasilianische hat diese, kleiner strukturierte, europäische Erzeugungsform kaum Chancen. Diejenige in europäischen Großanlagen weist jedoch bessere energetische Ineffizienzen auf wie die US-amerikanischen Anlagen. Frankreich schottet zudem seinen Markt für Biodiesel und Bio-Ethanol gegen Billigimporte ab, indem es Beimischungen nur mit inländisch erzeugten Bio-Kraftstoffen erlaubt und Quoten je Hersteller einführt.

Bio-Ethanol kann dem Benzin in unterschiedlichen Mengen beigemischt werden. Man bezeichnet dann das Gemisch als E5, E10, E50, E85 oder E100 je nachdem wie viele Prozentanteile das Benzin-Ethanol-Gemisch an Bio-Ethanol enthält. In der Regel müssen die Benzinmotoren bei Gemischen über 10%-Ethanolanteil angepasst werden. Ethanol ist auch ein Lösungsmittel und weicht die Gummidichtungen in der

Kraftstoffzufuhr auf, welche Weichmacher enthalten, um die Dichtungen auf Dauer elastisch zu halten.

Ethanol ist weniger energiereich als Benzin (verbraucht also mehr), besitzt aber eine höhere Oktanzahl. Nutzt die moderne Motorsteuerung in Turbomotoren diesen Umstand aus, dann verbrennt ein auf Bio-Ethanol ausgelegter Benzinmotor nicht nur wesentlich effizienter und sauberer, sondern gibt auch mehr Kraft (+ 20%!) her, wie z. B. der SAAB 9-5 Bio-Power (von 150 kW auf 180 kW). In normalen FFV-Saugmotoren (FFV steht für *Flex Fuel Vehicle* und heißt soviel wie: kraftstoffflexibles Auto, Abb. 1) bleibt die Leistung in etwa konstant, aber der Verbrauch steigt bis zu 30% an, welcher über einen entsprechend attraktiven Preis an der Zapfsäule ausgeglichen werden muss, sollte Bio-Ethanol vom Verbraucher angenommen und genutzt werden. Augenblicklich erscheint dies aber nur mittels brasilianischem Bio-Ethanol möglich. In allen Fällen bleibt die Gesamtenergiebilanz aber fraglich bzw. muss hinterfragt werden. Den Klimawandel wird es jedenfalls nicht abwenden können. Den Mineralölkonzernen wird es (noch) mehr Geld in die Kassen treiben. Die Triebfeder unserer Wirtschaft bleibt also erhalten und damit zumindest kurzfristig auch die ökonomische Nachhaltigkeit!

Bio-Butanol

Butanol ist ein Alkohol mit vier Kohlenstoffatomen. Bio-Butanol kann mit ähnlichen Verfahren und denselben Bio-

massen (Getreide, Mais, Zuckerrohr, ...) hergestellt werden, wie Bio-Ethanol, wobei neben Butanol auch Ethanol und Azeton entsteht. Auch hier ist die Ausbeute bei den traditionellen Verfahren eher gering. DuPont de Nemours und BP haben aber ein neues Verfahren entwickelt und patentieren lassen, welches die Ausbeute an BioButanol™ deutlich erhöht und ganz nebenbei auch noch Bio-Wasserstoff erzeugt. Gesprochen wird hier von einer *Butanol/Hydrogen-Economy*.

Butanol kann das Benzin in Verbrennungsmotoren gänzlich ersetzen, ohne dass irgendwelche motorischen Anpassungen erfolgen müssten (Abb. 3). Seine Verbrennungseigenschaften sind sogar besser als die des hochoktanischen Benzins. Ähnlich wie bei Ethanol kann ein auf Butanol optimierter Pkw-Motor im Vergleich zu Benzin effizienter und vor allem wesentlich sauberer verbrennen. Im nicht optimierten, also im ganz normalen Saugmotor, ersetzt es lediglich fossiles Benzin und verbraucht etwa 10% weniger. Über die Gesamtenergieeffizienz seiner Erzeugung mittels des neuen Verfahrens kann noch keine verlässliche Aussage getätigt werden. Sie soll aber wesentlich besser sein als diejenige der Ethanolerzeugung. Auch soll das neue Verfahren weniger selektiv sein und (fast) alle, auch lignose- und cellulosehaltige Biomassen wie Gras, Heu und Stroh vergären können. Für weitere Information, siehe: www.butanol.com; für Informationen zum Bio-Wasserstoff siehe weiter unten.



Abb. 3: Bio-Butanol als 100%iger Benzinersatz

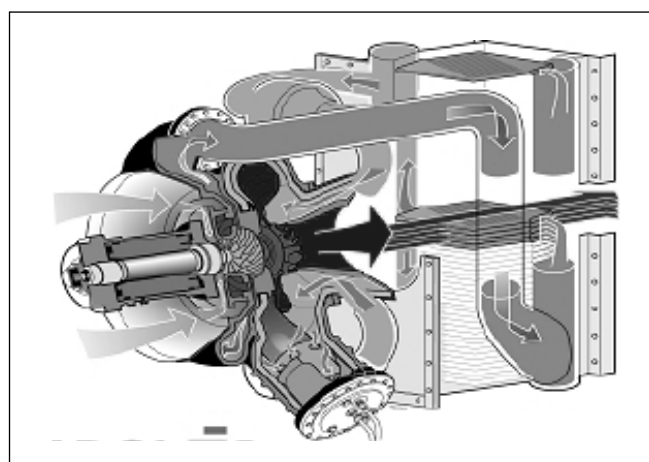


Abb. 4: BHKW-Methanol-Brenner (www.omes-eu.com)

Bio-Methanol

Methanol ist ebenfalls ein Alkohol mit nur einem Kohlestoffatom, das sehr vielfältig in vielen Bereichen auch und nicht zuletzt als Kraftstoff Anwendungen fand bzw. findet. Es wurde schon im 17. Jahrhundert durch Erhitzen unter Luftabschluss von Laubholz gewonnen. Heute wird es mehrheitlich aus der Reformierung des Erdgases erstellt. Es kann aber auch mit hoher Effizienz (> 60%) aus dem Synthesegas, das aus der Vergasung von Biomassen entsteht, synthetisiert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist die Synthese aus Kohlendioxid mit Wasserstoff oder Wasserdampf überall dort, wo Kohlendioxid in substantiellen Mengen in den verschiedensten Industrieanlagen anfällt. Dies brächte eine CO₂-Senke mit



Abb.5: Stromaggregat mittels Methanol-Brennstoffzelle

der gleichzeitigen Erzeugung eines polyvalent einsetzbaren Kraftstoffes. Die Befürworter letzteren Verfahrens sprechen von einer *Methanol-Economy*TM, welche sie mit recht einleuchtenden Argumenten in einem rezent erschienenen Buch darlegen (*Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*; George A. Olah, Alain Goepfert, G. K. Surya Prakash; ISBN: 978-3-527-31275-7).

Bio-Methanol besitzt als Kraftstoff viele Vorteile und könnte sowohl in Dieselmotoren als auch in Benzinmotoren eingesetzt werden. Es wurde und wird als Rennbenzin und in Raketen einge-

setzt. Es findet auch als flüssiger Treibstoff in modernen Brennstoffzellen (DMFC, Abb. 5) sowie als Brennstoff zum Heizen (Abb. 4) Verwendung und gewinnt dadurch wieder mehr Aufmerksamkeit. In Dieselmotoren würden aufwendige Partikelfilter und noch aufwendigere NO_x-Katalysatoren überflüssig; in Benzinmotoren könnte durch eine entsprechende Anpassung die innermotorische Effizienz bis zu 30% gesteigert werden. Ein speziell auf Methanol optimierter Motor müsste dazu die Kompression vom Dieselmotor, die Zündanlage des Benzinmotors und die innere Reibfestigkeit eines Gaskolbenmotors aufweisen (siehe hierzu: www.methanol.org). Die Kraftstoffzufuhr darf wegen der Korrosions- und Lösungsmitelegenschaften von Methanol (ähnlich wie bei Ethanol) weder aus Aluminium noch aus Dichtungen mit Weichmachern bestehen. FFV-Autos könnten ohne weiteres neben Ethanol auch mit Benzin-Methanol-Gemischen betrieben werden.

Bio-Wasserstoff

Bei uns kann die Herstellung von Bio-Wasserstoff z. Z. nur über den Weg der Biomasse-Vergasung bzw. -Reformierung sinnvoll erfolgen. Aus diesem Produktgas/Synthesegas, dem Stadtgas weitgehend ähnlichen Gasmisch mit etwa 50% Wasserstoffanteil (H₂), 20% Kohlemonoxid (CO), 25% Kohlendioxid (CO₂) und 5% Methan (CH₄) kann mittels der nachzulagernden sog. *Shift*-Reaktion der CO durch Wasserdampf in CO₂ und nochmals Wasserstoff verwandelt werden. Die reine Fraktion an Bio-

Wasserstoff enthält etwa 75 – 78% des Energiegehaltes der Ausgangsbiomasse. Sie kann relativ einfach von den restlichen Gas- und Teerbestandteilen des Synthesegases getrennt werden und steht auf einer hohen Druckstufe.

Dieser Bio-Wasserstoff kann sehr vielseitig genutzt werden. Er kann zur Synthese von Bio-Methanol oder Bio-Methan (SNG) dienen. Er kann ebenfalls zur Bildung von weiteren, langkettigen Kohlewasserstoffmolekülen dienen bis hin zum Biodiesel der 2. Generation wie weiter oben beschrieben. Jeder Syntheseschritt verbraucht aber wiederum Energie und macht die Herstellung weniger interessant, es sei denn, die Nutzung des neuen Synthesestoffes bürge eine sehr vorteilhafte, äußerst effiziente Kraftstoffnutzung, welche die verlorene Energie gegenüber anderen weniger effizienten Nutzungsverfahren irgendwie wettmachen könnte.

Bio-Wasserstoff gilt vielfach als regenerativer Kraftstoff der Zukunft. Er besitzt kein Kohlestoffatom und verbrennt demnach an Ort und Stelle seiner Nutzung quasi gänzlich emissions- und schadstofffrei. Er besitzt die weitaus größte Energiedichte pro Masse aller



Abb. 6: BMW 7er Hydrogen7

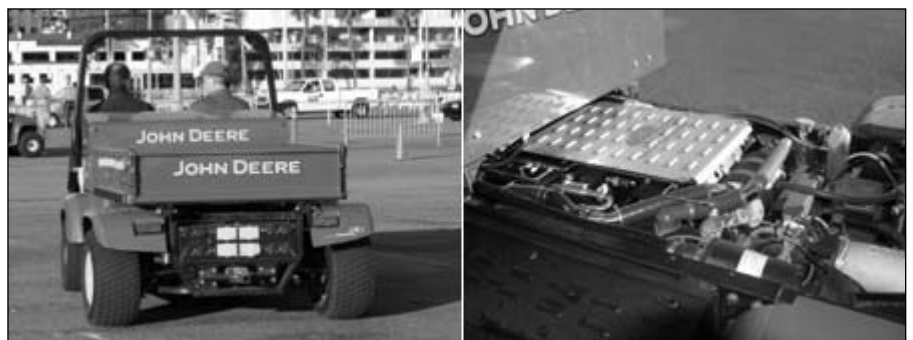


Abb. 7: John Deere: kommunales Arbeitsgerät mit Wasserstoff getriebener Brennstoffzelle

Kraftstoffe. Doch als kleinstes Molekül entflieht er allen herkömmlichen Lagergefäßen. Er verflüchtigt sich außerordentlich schnell, ist leicht entzündlich und wartet mit einer sehr hohen Oktanzahl von > 130 auf. Auf Wasserstoff optimierte Verbrennungsmotoren können Effizienzen von 45% erreichen, was der elektrischen Energieausbeute von mo-

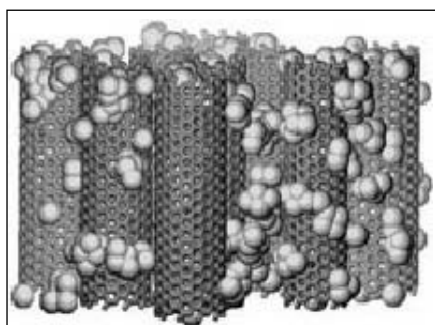


Abb.8: Wasserstoffspeicher aus Metallkäfig (stark vergrößert)

deren Niedertemperatur-Brennstoffzellen entspricht. BMW setzt daher mit seinem 7er Hydrogen7 auf Wasserstoff im Verbrennungsmotor (Abb. 6). MAN baut Busse mit Wasserstoffbetriebenen Verbrennungsmotoren, wovon die Stadt Luxemburg eine nicht aufgeladene Variante schon getestet hat.

Doch die Lagerung und Speicherung des Wasserstoffs kann nur unter sehr hohen Drücken und sehr niedrigen Temperaturen erfolgen. Wenn er über die Strasse transportiert werden muss, müsste er verflüssigt werden, um eine einigermaßen korrekte Energiemasse befördern zu können. An anderen Speichermöglichkeiten, wie das schwammartige Aufsaugen des Wasserstoffs in Eisen- oder Glaskristallen arbeiten u. a. Toyota und BMW (Abb. 8). Beide Automobilhersteller geben sich zumindest nach außen zuversichtlich. Die Dresdner Uni hat einen mobilen Transportcontainer für Wasserstoff entwickelt, speziell um mit kleinen Nutzungsmöglichkeiten in sog. Nischenapplikationen anfangen zu können.

Wasserstoff sollte aber in Zukunft hauptsächlich durch die bestehenden Erdgasnetze befördert werden können. Er kann anscheinend bis zu 15% Volumenanteilen mit dem Erdgas vermischt werden, ohne dass am Ort der Entnah-

me und Nutzung des Erdgas-Wasserstoffgemisches wesentliche Änderungen der Verbrennungsanlagen erfolgen müssten. Hier sei dieselbe Frage erlaubt, wie bei der Einspeisung des gereinigten Synthesegases: Darf, kann oder sollte das Erdgasnetz nicht auch anderen mehr oder weniger kompatiblen Gasen als Beförderung dienen können, um den Ressourcenraubenden und gefährlichen Transport über Strasse und Schiene zu minimieren?

U.a. haben Tetzlaff (Bio-Wasserstoff - Eine Strategie zur Befreiung aus der selbstverschuldeten Abhängigkeit vom Öl; ISBN 3-8334-2616-0) und Rifkin (*The Hydrogen Economy*; ISBN-10: 1585422541) engagierte Artikel und Bücher zur Bio-Wasserstoffwirtschaft geschrieben, worin sie mit unzähligen Beispielen und sehr profunden Berechnungen zu beweisen versuchen und größtenteils auch beweisen, dass Wasserstoff immense Potentiale für eine ausreichende, wirklich nachhaltige Energieversorgung der Menschheit beinhaltet. Doch dazu braucht es eines schnellen, klaren, weltweiten Paradigmenwechsels in der Politik und in der Wirtschaft sowie nicht zuletzt auch eines jeden einzelnen Verbrauchers und Nutznießers (siehe: www.bio-wasserstoff.de).

Die Entwicklung der Brennstoffzelle, welche vorrangig mit Wasserstoff betrieben werden soll, schreitet ebenfalls mit großen Schritten voran. Sie ermöglicht, am Ort ihres Einsatzes Strom und Wärme mit einer Energieumsetzungseffizienz von bis zu theoretischen 93% zu erzeugen (Abb. 7). Die Vorstellung ist, dass über das Erdgasnetz der Wasserstoff zu den Kunden kommt, um dann dort absolut bedarfsgerecht und

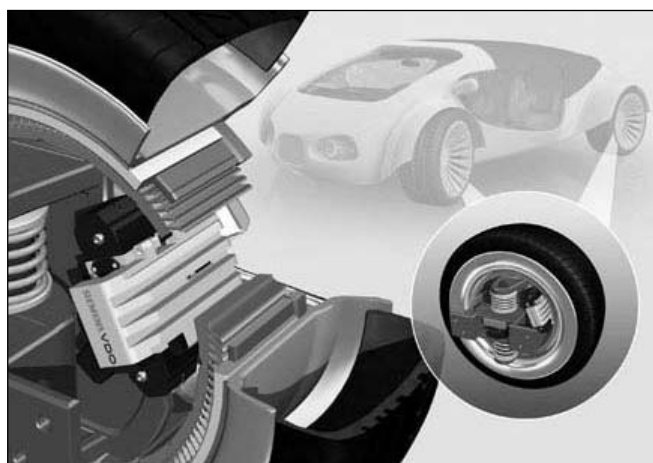
mit hohen Wirkungsgraden gleichzeitig in Strom und Wärme umgesetzt zu werden. Erste Pilotanlagen laufen in mehreren, nicht nur europäischen Städten. Auch für Transportaufgaben scheint die Brennstoffzelle geeignet, wie das europäische CUTE-Programm zeigte, an dem auch die Stadt Luxemburg mit drei mit Wasserstoff getriebenen Bussen sehr konstruktiv teilnahm (siehe; www.vdl.lu; www.hyweb.de; www.brennstoffzellen-initiative.de).

(Bio-)Strom als Antriebskraft

Das große Problem der Strombereitstellung für mobile Anwendungen besteht in der Schwierigkeit seiner Speicherung. Moderne Lithium-Ionen-Batterien können aber das Speichern und Abgeben der Elektrizität heute mit einem Wirkungsgrad von etwa 86% erledigen, d. h. es gehen zwischen Auf- und Entladen nur 14% Energie verloren. Ihre



Elektrischer Radnabenmotor von Honda



Elektroantrieb der Zukunft: Radnabenmotor, elektrische Bremse, elektronische Dämpfung sowie Kraftrückgewinnung beim Bremsen und durch die Dämpfung von SIEMENS VDO

Speicherkapazität in Relation zu Größe und Gewicht der Batterie hat sich im Vergleich zu herkömmlichen Batterien ebenfalls um ein vielfaches verbessert. So werden moderne, Raum- und Gewichtsparende Autokonzepte möglich. Erzeugt man nun den sekundären Energieträger Elektrizität mittels Erneuerbarer Energien, kann der elektrische Motor im vollelektrischen Auto sehr interessante, alltagstaugliche Lösungen hervorbringen. Je nach Wirkungsgrad und Herkunft der Stromerzeugung können wesentlich bessere Gesamteffizienzen je zurückgelegter km erreicht werden, als moderne Hybridautos oder zukünftige Brennstoffzellenautos aus heutiger Sicht dazu imstande sind. Der kalifornische Elektroautohersteller TESLA (siehe: www.teslamotors.com) will mit einem rassigen Sportwagen mit ausschließlichem Elektroantrieb dies beweisen, ja dass es sogar Sinn mache, wenn die Stromerzeugung aus fossilem Erdgas erfolgt (wie z. B. in der TGV-Anlage in Ehlerange).

Schlussbemerkung

Es wird sicherlich in den nächsten Jahren viele Entwicklungen und Lösungsansätze zu vermehrt effizienteren mobilen Kraftstoffanwendungen geben. Benzin, Diesel, Kerosin und Erdgas haben noch nicht ausgedient, müssen aber dringen ersetzt werden. Weder landwirtschaftliche Biomasse noch andere Erneuerbare Energiequellen werden den

jetzigen, noch den zu erwartenden, weltweiten Energiekonsum decken können, ohne dass wir alle zusammen den Primärenergiebedarf drastisch senken.

Dazu gibt es nicht viele Alternativen, mit Ausnahme der einen und die heißt Sparen, Sparen, Sparen: Sparen beim Heizen, Sparen beim Fahren und Sparen beim Essen. Dieses Sparen kann nur über zwei Wege erfolgen: Einfaches Unterlassen und/ oder wesentlich effizienteres Nutzen der Primärenergie.

Will die Landwirtschaft mit ihrem substantiellen Biomassepotential wirtschaftlichen Erfolg haben, dann muss sie sich gleichzeitig auch für sinnvolle, alternative Anwendungen bei der Energienutzung und den entsprechend zu schaffenden Infrastrukturen einsetzen. Dann erst entsteht die notwendige kritische Masse, ohne die eine nachhaltige Umsetzung unmöglich ist. Mehr dazu in weiteren Folgen.

Kälberhütten



Unsere Kälberhütten aus hochwertigem Polyethylen für Kälber sind ab Lager lieferbar für 1 bis 6 Kälber.

Alle Hütten können problemlos mit Gitter und patentierten Futtereinheiten ausgerüstet werden.



AGROTECHNIC

Z. a. Schlammeestee

L- 9175 Niederfeulen

Tel.: 81 27 31 Fax: 81 74 27

E-mail: agrotech@pt.lu

www.agrotechnic.lu

CONVIS-Beratung

=> **Düngeplanung: administrativ korrekt und fachlich optimiert**

=> **Hilfe zu Flächenanträgen und sonstigen Anträgen**

=> **QS-Bündeler**

Ihr CONVIS-Beratungsteam steht Ihnen gerne zur Verfügung (Tel.: 26 81 20-44)

=> **Unabhängige Schweineberatung zu Fütterung und Haltung**

Ihr CONVIS-Beratungsteam steht Ihnen gerne zur Verfügung (Tel.: 32 67 71-1)