

Biotreibstoffe – eine Option mit beschränktem Potenzial

Konkurrierende Nutzungsmöglichkeiten und kontroverse Energiebilanzen

Ethanol und Diesel pflanzlichen Ursprungs gewinnen als Alternativen zu den fossilen Treibstoffen vermehrt an Bedeutung. Limitierte Anbauflächen und die anderweitige Nutzung der Rohstoffe setzen der Verwendung allerdings Grenzen.

Im Hinblick auf die Endlichkeit der Erdölreserven und die Tatsache, dass mit Wasserstoff betriebene Autos nicht in nächster Zukunft zur Serienreife gelangen werden, erscheinen Biotreibstoffe wie etwa Ethanol oder Biodiesel auf den ersten Blick als vielversprechende, umweltfreundliche Alternative zu Benzin und herkömmlichem Diesel. Sie stammen im Gegensatz zu diesen fossilen Kraftstoffen aus erneuerbaren pflanzlichen Rohstoffen, und ihre Verbrennung im Motor setzt nicht mehr vom Treibhausgas Kohlendioxid (CO₂) frei, als die verarbeiteten Pflanzen während ihres Wachstums zuvor gebunden hatten. Sie können daher einen Beitrag zur Reduktion der für die Klimaerwärmung verantwortlich gemachten Treibhausgase leisten. Aus diesen Gründen gewinnen biogene Treibstoffe zunehmend an Bedeutung. So hat sich in den letzten fünfzehn Jahren die weltweite Produktion von Bioethanol verdoppelt, jene von Biodiesel sogar verzehnfacht. Die EU hat in einer Richtlinie festgelegt, dass der Anteil an Biotreibstoffen im europäischen Raum bis 2010 5,75 Prozent des gesamten Benzin- und Dieserverbrauchs betragen soll. Doch Biotreibstoffe bieten laut Experten keine Patentlösung, und ihr Potenzial ist beschränkt.

Mischungen von Bioethanol und Benzin

Mit einem globalen Produktionsvolumen von gegenwärtig rund 30 Milliarden Litern pro Jahr ist flüssiges Ethanol der verbreitetste Biotreibstoff. Spitzenreiter bei der Herstellung dieses Alkohols sind Brasilien und die USA. In Europa sind die Bestände dagegen noch marginal, werden aber nach Einschätzungen von Experten in Zukunft deutlich steigen. Am einfachsten wird Bioethanol aus Zuckerrohr oder Zuckerrüben gewonnen, deren Glucose von Hefepilzen oder Bakterien direkt zu Alkohol vergärt wird. Die anschließende Destillation und Entwässerung erhöht dessen Gehalt auf fast 100 Prozent. Aufwendiger ist die Gewinnung des Ethanols aus stärkehaltigen Pflanzen wie Mais, Weizen oder anderen Getreiden. Hier müssen Enzyme die Stärke der Samen vor der Vergärung zuerst in Glucose umwandeln.

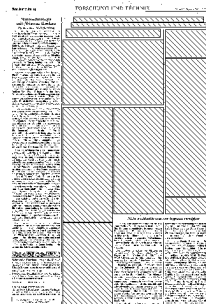
Dem herkömmlichen Benzin kann bis zu 10 Prozent Bioethanol zugemischt werden. Solche

Mischungen können ohne Anpassungen am Motor in benzinbetriebenen Autos eingesetzt und über das bestehende Tankstellennetz vertrieben werden, wie es etwa in Schweden und vereinzelt auch in der Schweiz gehandhabt wird. Brasilien dagegen praktiziert die Beimischung von bis zu 25 Prozent, was Modifikationen an den Motoren erfordert. Ausserdem kommen dort wie auch in den USA schon seit einigen Jahren sogenannte «flexible fuel vehicles» zum Einsatz, die unterschiedliche Mischverhältnisse des Treibstoffs mit bis zu 85 Prozent Ethanol tolerieren.

Debatte um Energiebilanzen

Doch gerade in Amerika herrscht Uneinigkeit über den ökologischen Sinn eines teilweisen Ersatzes von Benzin durch Bioethanol. Denn nach Berechnungen David Pimentels von der Cornell University in New York benötigt die Herstellung des Biotreibstoffes deutlich mehr fossile Energie, als durch dessen Einsatz eingespart wird. Ersetze man Benzin durch Ethanol, stiegen die CO₂-Emissionen daher sogar an, statt dass sie reduziert würden. Hosein Shapouri vom amerikanischen Energiedepartement und Michael Wang vom Argonne National Laboratory in Chicago sehen dies allerdings anders. In mehreren Studien sind sie zum Schluss gekommen, dass die vollständige Energiebilanz für Bioethanol, die alle Schritte vom Rohstoffanbau über die Herstellung des Treibstoffes bis zu dessen Verbrauch berücksichtigt, positiv ausfällt.

Die Internationale Energieagentur (IEA) betont in einem Bericht über Biotreibstoffe aus dem



Jahr 2004, dass in den Energiebilanzen je nach den Annahmen beträchtliche Unterschiede entstehen könnten. So ist bei der Bilanzierung zum Beispiel entscheidend, welche Wirkungsgrade und Energieformen dem Herstellungsprozess zugrunde gelegt werden oder wie viel Energie durch die Weiterverwendung anfallender Nebenprodukte zum Beispiel als Tierfutter indirekt eingespart wird. Trotzdem zeigen laut der IEA die meisten Studien der letzten zehn Jahre für Ethanol aus Getreide eine CO₂-Reduktion zwischen 20 und 40 Prozent; mit Zuckerrüben kann der Treibhausgasausstoss bis über 50 Prozent und mit Zuckerrohr sogar bis zu rund 90 Prozent gesenkt werden.

Auch Reinhard Madlener vom Centre for Energy Policy and Economics der ETH Zürich sieht eine zentrale Ursache für die differierenden Schlussfolgerungen der einzelnen Studien in der unterschiedlichen Berücksichtigung der Nebenprodukte. Seiner Ansicht nach spielen daneben aber ebenso der verwendete Rohstoff und der Einsatz von Kunstdünger eine wichtige Rolle. Für Samuel Stucki vom Paul-Scherrer-Institut ist überdies die geographische Herkunft der Biomasse, aus der das Ethanol gewonnen wird, für die Energiebilanz mitentscheidend. Aus neueren Studien gehe hervor, dass die CO₂-Reduktion auch je nach Ursprung des Pflanzenmaterials sehr gering bis respektabel ausfallen könne. Denn die klimatischen Bedingungen beeinflussten das Pflanzenwachstum und damit die Flächenerträge wesentlich, sagt er.

Ähnlich wie beim Bioethanol ist auch beim Biodiesel das ökologische Potenzial nicht einfach abzuschätzen und zum Teil umstritten. Bei der Herstellung von Biodiesel werden Pflanzenöle, gewonnen aus Raps, Soja oder Sonnenblumen, oder Tierfette und Altspeiseöle in einem chemischen Prozess unter Zugabe von Methanol und eines Katalysators zu Treibstoff verarbeitet. Mit einer Jahresproduktion von rund 2 Milliarden Litern ist er neben Bioethanol der zurzeit bedeutendste biogene Treibstoff. Den weitaus grössten Teil davon produziert und verbraucht Europa, allen voran Deutschland, Frankreich und Italien. Biodiesel wird dem konventionellen Diesel üblicherweise zu 5 bis 20 Prozent zugemischt. In Deutschland lässt er sich aber auch in Reinform tanken. Im Prinzip laufen herkömmliche Dieselmotoren problemlos mit dem alternativen Treibstoff; allenfalls nimmt der Automobilhersteller an seinen Fahrzeugen kleine Modifikationen vor. Pimentel kommt in seiner Studie allerdings zum Schluss, dass auch Biodiesel, gewonnen aus Soja- und Sonnenblumenöl, eine deutliche Erhöhung des CO₂-Ausstosses mit sich bringt. Wangs Untersuchungen ergaben wiederum das Gegenteil. Laut

der IEA reduziert Biodiesel auf Rapsölbasis die Emissionen um zirka 40 bis 60 Prozent.

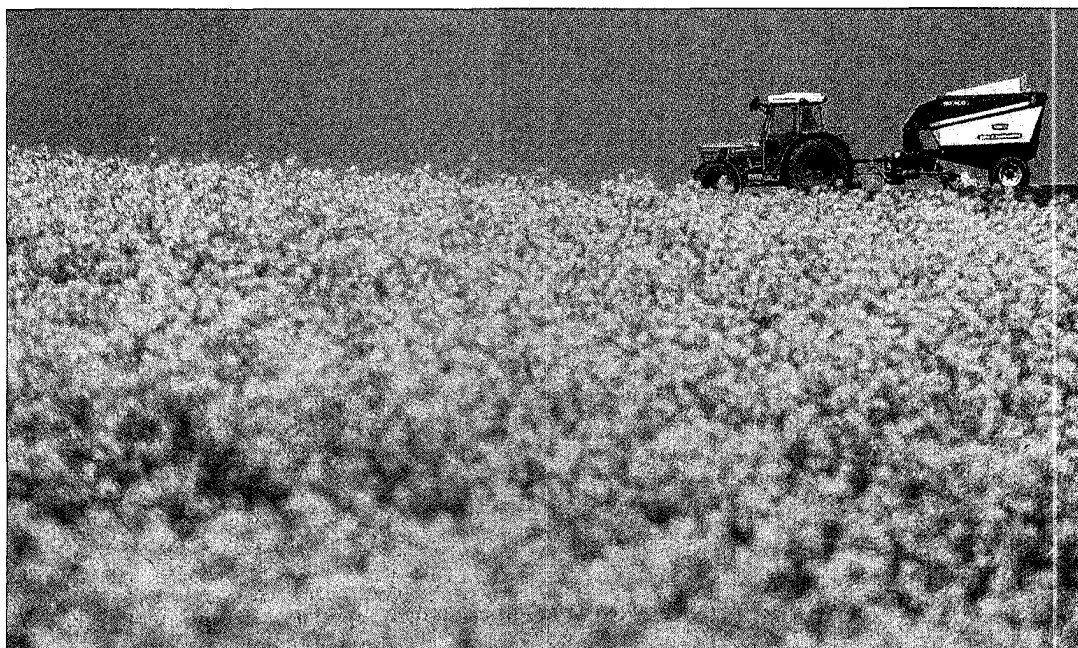
Vergasung von Biomasse

Mit Zucker, Stärke und Öl wird nur ein geringer Bestandteil der Pflanzen bei der Treibstoffproduktion genutzt. Die Zellulose, aus der sie zur Hauptsache bestehen, kann hingegen mit den gängigen Technologien nicht verwertet werden. Um auch dieses Potenzial zu erschliessen, arbeitet die Forschung an Verfahren zur Umwandlung von Zellulose über Zucker in Ethanol. Vor allem der erste Schritt stellt laut Experten allerdings noch eine Herausforderung dar. Wissenschaftler haben zwar bereits Systeme entwickelt, die mit Hilfe von Enzymen und Mikroorganismen Zellulose zu Ethanol umsetzen können. Aber die Technologie steckt noch weitgehend im Versuchsstadium. Mit der Erschliessung von Zellulose liessen sich die Erträge wesentlich steigern und die Energiebilanz stark verbessern. Nach Angaben der IEA könnte Ethanol auf Zellulosebasis den Ausstoss der Treibhausgase zwischen 70 und 90 Prozent reduzieren. Zudem stünde ein zusätzliches Rohstoffangebot zur Verfügung: land- und forstwirtschaftliche Abfälle wie Stroh oder Restholz, Abfälle aus der Papierherstellung oder speziell zur Zellulosegewinnung angebaute Pflanzen.

Ein anderer Ansatz zur effizienteren Nutzung des Pflanzenmaterials sind die sogenannten synthetischen Biotreibstoffe. Hier wird neben der Zellulose auch das in verholzten Pflanzen vorkommende Lignin verwertet. Vor allem die thermochemische Vergasung erscheint als Herstellungsverfahren erfolgversprechend: In einem Reaktor wird die aufbereitete Biomasse mit Sauerstoff versetzt und unter einem Druck von bis zu 50 Bar bei einer Temperatur von über 1000 Grad Celsius in Synthesegas umgewandelt. Dieses besteht hauptsächlich aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff und kann in einem zweiten Schritt – je nach Verfahren – zu einer Reihe unterschiedlicher Treibstoffe weiterverarbeitet werden.

So ergibt beispielsweise die bereits in den 1920er Jahren entwickelte Fischer-Tropsch-Synthese einen als FT-Diesel bezeichneten Kraftstoff, der wie fossiler Diesel einsetzbar ist. Schon während des Zweiten Weltkrieges wurde dieses Verfahren in Deutschland zur Herstellung flüssigen Treibstoffs aus Kohle verwendet. Es ist nicht zu verwechseln mit der Holzvergasung, die ebenfalls während des Krieges zur Produktion von Kraftstoff – allerdings in Form von Gas – eingesetzt wurde. FT-Diesel aus Biomasse ist jedoch bis heute der einzige synthetische Treibstoff, dessen Herstellung einigermaßen ausgereift ist und der in grösserem Stil produziert werden könnte. Auch

den synthetischen Kraftstoffen schreiben Fachleute bezüglich Treibhausgasen ein grosses Sparpotenzial zu. In gewissen Fällen seien gar Emissionsreduktionen von über 100 Prozent möglich, wenn die Biomasse nämlich nicht nur als Rohstoff diene, sondern gleichzeitig Energie für die Herstellung und weitere Anwendungen liefere.



Blühende Rapsfelder im Frühling wie hier in Deutschland könnten aufgrund einer gesteigerten Produktion von Biodiesel in unseren Breitengraden zukünftig ein noch häufigerer Anblick werden. (Bild key)

Nicht nachhaltig und nur begrenzt verfügbar

In puncto Luftschadstoffe schneiden die biogenen Treibstoffe meistens besser ab als ihre fossilen Pendanten. So emittierten sie generell weniger Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid und Feinstaub, schreibt die IEA. Erhöht sei hingegen beim Bioethanol unter anderem der Ausstoss flüchtiger organischer Verbindungen. Ausserdem könnten auch die Stickoxidemissionen – primär infolge des Düngereinsatzes beim Anbau der Pflanzen – gesamthaft wesentlich höher ausfallen.

Der zunehmende Anbau von Pflanzen zur Treibstoffherstellung wirft auch beim Naturschutz Fragen auf. So befürchtet Adrian Stiefel vom WWF Schweiz, dass bei einer verstärkten Nutzung von Biomasse die Naturräume noch mehr unter Druck geraten könnten. Speziell in Ländern mit Exportpotenzial für Rohstoffe wie etwa Brasilien oder Indonesien könne dies zulasten bestehender Ökosysteme wie etwa der Regenwälder gehen. Wissenschaftler der Washington State University, welche die ökologischen Auswirkungen der Ethanolproduktion Brasiliens und der USA untersucht haben, kommen in ihrer Studie zum Schluss, dass Bioethanol in den beiden Ländern weder eine nachhaltige noch eine umweltfreundliche Alternative zu fossilem Treibstoff ist. Vor allem die erhöhte Bodenerosion und der hohe Wasserverbrauch stellen laut den Autoren ein grosses Problem dar. Sie befürchten auch eine starke Ausdehnung von Monokulturen und als Konsequenz daraus einen weiteren Rückgang der Biodiversität.

Jenseits der ökologischen Auswirkungen setzen letztlich aber die nur limitiert verfügbaren Roh-

stoffmengen der Verwendung von Biotreibstoffen Grenzen. Nach Szenarien der IEA würden die USA 43 Prozent und die EU 38 Prozent ihres gesamten Landwirtschaftslandes zum Anbau von Pflanzen benötigen, um damit 10 Prozent ihrer fossilen Kraftstoffe durch Bioethanol und Biodiesel zu ersetzen.

Auch Guido Reinhardt vom Institut für Energie- und Umweltforschung in Heidelberg relativiert die zukünftige Bedeutung der Biotreibstoffe. Hochrechnungen des Instituts hätten zwar gezeigt, dass die gesamte Biomasse, die im europäischen Raum neben der Nahrungsmittelproduktion verfügbar sei, zirka 30 bis 50 Prozent des Kraftstoffbedarfs decken könnte. Doch daneben gäbe es für das pflanzliche Material verschiedene andere Nutzungsmöglichkeiten, die zur Treibstoffherstellung in Konkurrenz ständen. So könne aus Biomasse etwa auch Strom oder Wärme gewonnen werden, was aus der Sicht des Energiefachmanns sowieso sinnvoller wäre, weil dort die Ökobilanz fünf- bis zehnmals besser ausfalle. Zudem würden andere Nachhaltigkeitsziele wie etwa der Natur-, Gewässer- oder Erosionsschutz ebenfalls Landflächen beanspruchen. Diese Ziele, so Reinhardt, liessen sich nicht alle gleichzeitig erfüllen, so dass die EU-Vorgabe von 5,75 Prozent ohne Importe unter Umständen gar nicht realisierbar sei. Er betont, dass der Einsatz von Biotreibstoffen zwar in einem gewissen Rahmen durchaus sinnvoll sein könne, dass im Strassenverkehr aber vor allem andere Massnahmen nötig seien, die auch wesentlich mehr CO₂ einsparen würden: kleinere Fahrzeuge, sparsamere Motoren, Tempolimiten.

Andres Jordi