

Anfangs als Wunderwaffe gegen den Klimawandel hochgelobt, wird Bioenergie inzwischen von vielen Kritikern als ökologisch bedenklich und sozial unverträglich verurteilt – eine allzu einseitige Sichtweise. Denn die Energie aus Holz und Pflanzen ist auf dem Weg zu einer verlässlichen, bezahlbaren und umweltverträglichen Energieversorgung kaum noch wegzudenken: Mit ausgeklügelten Verarbeitungsmethoden und gentechnischen Tricks lassen sich Grünabfälle immer effizienter in Strom und Wärme umwandeln, Holzreste zu Biokraftstoff veredeln und sogar Algen zu einem vielversprechenden Energielieferanten umfunktionieren.



Biologischer Zündstoff

Pflanzen als Energiequelle sind umstritten. Vor allem Biosprit lehnen viele Ökologen ab. Sinnvoll hergestellt, kann der grüne Kraftstoff jedoch lukrativ und umweltschonend sein

VON NIELS BOEING

Die moderne Zivilisation auf einen nachhaltigen Weg zu bringen gleicht mehr und mehr dem Versuch, einen Deich zu halten, gegen den die Flut drückt. Hat man gerade noch mit bloßen Händen den einen Riss gestopft, tun sich daneben schon die nächsten auf. Der jüngste Fall: Pflanzen als Energiequelle der Zukunft. Vor zwei Jahren noch gepriesen, vergeht nun kaum ein Monat, in dem nicht Umwelt- und Entwicklungsorganisationen

vor dramatischen Konsequenzen für Klima, Umwelt und Ernährungssicherheit warnen.

Die Idee klingt bestechend: Anstatt fossile Energieträger zu verbrennen und damit zusätzliches Kohlendioxid in die Atmosphäre zu blasen, könnte man Energie und Kraftstoffe aus Pflanzen gewinnen. Die Lösung wäre klimaneutral, weil dabei nur das CO₂ freigesetzt wird, das die Pflanzen für ihr Wachstum zuvor der Atmosphäre entnommen haben.

Anders als das endliche Erdöl wachsen Pflanzen nach. Und aus Bauern könnten „Energiewirte“ werden, die eine neue Einkommensquelle erschließen. Eine Super-win-win-Situation – für Umwelt, Verkehr, Wirtschaft und Arbeit.

Um die Entwicklung voranzutreiben, gaben sich die USA und die EU ehrgeizige Ziele vor. Bis 2020 sollte allein in Europa der Anteil der Biokraftstoffe am Verbrauch auf 20 Prozent wachsen. Die Bundesregierung etwa setzte im Januar



2007 Quoten für Biosprit fest, die Diesel und Benzin beigemischt werden müssen und über die Jahre steigen sollten. Wo zuvor regionale Anbieter den Markt dominiert hatten, zeichnete sich plötzlich ein Weltmarkt ab. Denn klar war: Für die nun nötigen Mengen würde die heimische Produktion nicht reichen.

Der erste Imageschaden kam mit der „Tortilla-Krise“. Weil die USA für ihre ehrgeizigen \nearrow Bioethanol-Pläne (siehe Glossar S. 63) mehr Mais benötigten, als sie selbst produzieren konnten, wurde in Mexiko dazugekauft – woraufhin dort die Preise anzogen und Tortillas aus Maismehl, die Grundlage der mexikanischen Küche, in kurzer Zeit immer teurer wurden (siehe Kasten S. 64). Aus Biokraftstoffen wurden „Agro-Kraftstoffe“, landwirtschaftliche Erzeugnisse,

die eigentlich auf den Teller gehören, aber im Tank landen. Dazu kamen Berichte, in Malaysia oder Brasilien – das schon seit Jahrzehnten im großen Stil Bioethanol aus Zuckerrohr herstellt – weiche der Regenwald neuen Monokulturen aus Energiepflanzen. „Biokraftstoffe sind ein Angriff auf die Biodiversität“, wettete die Umweltkoryphäe Ernst Ulrich von Weizsäcker. Die Umweltorganisation Friends of the Earth berichtete kürzlich gar von Kinderarbeit auf Zuckerrohrplantagen in El Salvador, die Zulieferer für die Produktion von Bioethanol seien.

Für einen weiteren Kratzer im Lack sorgte Ende 2007 die Wissenschaft. Der deutsche Chemie-Nobelpreisträger Paul Crutzen hatte mit Kollegen die Emissionen von Lachgas (N_2O) untersucht, die

durch den Einsatz von Kunstdünger auf Biospritzfeldern entstehen. Lachgas ist fast 300-mal treibhauswirksamer als CO_2 . Ergebnis: Die Treibhauswirksamkeit von \nearrow Biodiesel aus Raps sei 70 Prozent größer als die von fossilem Diesel, bei Mais seien es 50 Prozent. Nur Zuckerrohr schneide besser ab. Die Studie ist zwar umstritten; Kritiker werfen Crutzen vor, von veralteten Düngemethoden und Rapsorten ausgegangen zu sein. Doch im Sommer befand auch eine OECD-Studie, die USA, Kanada und die EU könnten ihre verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen bis 2015 mittels Biosprit nur um 0,8 Prozent senken.

Bei solchen Hiobsbotschaften scheint die Losung „Stoppt den Agroenergie-Wahn!“ der Organisationen Grain und Rettet den Regenwald plausibel. Oder



Holz im Tank: Die BTL-Anlage des sächsischen Biosprit-Herstellers Choren soll pro Jahr rund 65 000 Tonnen trockene Holzmasse in 14 500 Tonnen synthetischen Dieselmotorkraftstoff umwandeln

doch nicht? „Die Kritik hat einen wahren Kern, aber sie ist so überzeichnet, dass sie schon wieder falsch wird“, sagt Jürgen Maier vom Forum Umwelt & Entwicklung. Anders, als das vorherrschende Schwarz-Weiß-Bild vermuten lässt, kann die Verwandlung von Biomasse in Kraftstoffe durchaus sinnvoll sein. In einigen Fällen wird man auf sie kaum verzichten können. Die energetische Nutzung von Biomasse schließlich geht in der „Tank oder Teller“-Debatte fast unter.

Bumerang-Effekt

Als die Bundesregierung die Beimischungsquote für Biodiesel und Bioethanol einführte, schien das auf den ersten Blick vernünftig. Für Hans-Josef Fell, Bundestagsabgeordneter der Grünen, war die Quote jedoch „ganz klar eine falsche Weichenstellung“. Denn zusammen mit der Beimischungspflicht wurde auch eine gestaffelt ansteigende Besteuerung von reinen Biokraftstoffen bis 2012 beschlossen. Beides, Quote und Besteuerung, schwächte einen dezentralen Markt aus rund 600 Ölmühlen, Verarbeitern und Betrieben zur Umrüstung von Motoren, der sich in den Jahren zuvor entwickelt hatte. Weil die Quote den Bedarf – vor allem beim in Europa wichtigeren Biodiesel – schlagartig auf Millionen Liter hochschraubt, sind Importe unumgänglich. Die aber brin-

gen die Mineralölkonzerne zurück ins Spiel, weil diese den Vertrieb fossiler Kraftstoffe und mithin auch den von Mischprodukten kontrollieren.

Dabei wird auch sogenanntes B99, also 99-prozentiger Biodiesel, aus den USA eingeführt. Weil ein US-Gesetz jedes Prozent Biosprit-Beimischung mit einem Cent fördert, puren Biokraftstoff aber nicht, versetzen Hersteller dort reinen Biodiesel gewöhnlich mit einem Prozent fossilem Diesel. Die Folge: Der Produzent erhält pro Liter 99 Cent Subventio-

nen und kann seinen Biodiesel am Rotterdammer Spotmarkt zu einem Preis anbieten, bei dem regionale Anbieter nicht mithalten können. Der Verband der Deutschen Biokraftstoffindustrie schätzt den B99-Anteil am deutschen Biodiesel-Markt auf eine Million Tonnen, ein knappes Drittel.

Ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen wird der Einsatz von reinem Pflanzenöl, derzeit im Wesentlichen aus Raps hergestellt. „Reine Pflanzenöle sind sehr effektiv“, sagt Grünen-Experte Fell. Allerdings müssen herkömmliche Mo-

toren umgerüstet werden, weil Pflanzenöle etwas zähflüssiger sind und einen höheren Flammpunkt haben. Für die Autoindustrie ein uninteressanter Markt. Da passte es gut, als eine von Daimler und VW geförderte Studie zeigte, dass Pflanzenöle mehr krebserregende Stoffe erzeugen als andere Kraftstoffe. Eine Studie der Uni Rostock kam dagegen zu einem gegenteiligen Ergebnis – allerdings ohne Wirkung: Die Pflanzenöl-Besteuerung wurde trotzdem beschlossen.

Natürlich sind Biodiesel oder Pflanzenöle nicht die ultimative Lösung, dafür mangelt es schon an passender Fläche. Auch wird Raps nicht immer nachhaltig angebaut, weil die Bauern die bodenverträgliche Fruchtfolge häufig nicht einhalten

und zu viele Pestizide einsetzen. „Aber die Landwirtschaft könnte sich mit Biokraftstoffen komplett selbst versorgen“, sagt Michel Matke, Pflanzenöl-Experte der Grünen Liga, der größten Umweltorganisation in Ostdeutschland.

Das Institut für ökologischen Landbau in Schleswig-Holstein hat im Sommer gezeigt, dass dies im Prinzip auch nachhaltig möglich ist. So wirft Leindotter in einem Mischanbau mit Erbsen, Lupinen oder

Weizen ausreichend

Pflanzenöl für den Betrieb der Landmaschinen ab. Die benötigen pro Hektar zwischen 80 und 150 Liter

Sprit. Dieses Ergebnis ist umso wichtiger,

als selbst Biokraftstoff-Gegner einräumen, dass Traktoren und andere Nutzfahrzeuge auf absehbare Zeit nicht auf die von ihnen favorisierten Elektroantriebe umgestellt werden können.

„Wir brauchen eine Diversifizierung des Kraftstoffmarktes“, sagt Michel Matke, „was wir jetzt haben, ist eine Behinderung.“ Hans-Josef Fell von den Grünen befürchtet gar, dass wegen der





heftigen Kritik an Bio-kraftstoffen letztlich wieder mehr Erdöl nachgefragt wird. Die Vorwürfe haben in Berlin nämlich Wirkung gezeigt: Ende Oktober beschloss die Bundesregierung, die Beimischungsquote im kommenden Jahr nur auf 5,25 Prozent zu erhöhen und von 2010 bis 2014 dann bei 6,25 Prozent zu belassen. Ursprünglich sollte sie auf zehn Prozent ansteigen. Biodiesel aus Soja- und Palmöl soll zudem nicht importiert werden, solange deren Produktion nicht mit einem internationalen Nachhaltigkeitszertifikat versehen ist. Ein solches wird zurzeit vom „Roundtable for Sustainable Biofuels“ in Lausanne erarbeitet. „Wo aber gibt es zertifiziertes Erdöl?“, wundert sich Fell.

Fragwürdige Rechnung

Um die Widersinnigkeit von Pflanzenenergie zu demonstrieren, werden häufig globale Abschätzungen gemacht, wie

viel Fläche überhaupt zur Verfügung steht. Zieht man von den 51 Milliarden Hektar großen Landgebieten der Erde Wüsten, Savannen, Gebirge, Regenwälder und Siedlungen ab, bleiben nur 2,1 Milliarden Hektar Grasland übrig, von denen 700 Millionen Hektar nicht genutzt werden. Berücksichtigt man die rasante Ausbreitung der Stadtgebiete, würden 2030 im besten Fall 295 Millionen Hektar für Energiepflanzen zur Verfügung stehen, hat der schwedische Forstwirtschaftler Sten Nilsson berechnet. Das entspricht der Fläche Argentiniens. Damit ließe sich 2030 nur ein Zehntel des Weltenergiebedarfs decken. Obendrein schätzt Nilsson, dass davon 200 Millionen Hektar gebraucht werden, um die bis dahin zusätzlichen zwei Milliarden Menschen zu ernähren. Weitere 25 Millionen Hektar würden durch die wachsende Forstwirtschaft beansprucht. Das klingt nicht gut.

Aber auch hier lohnt es sich, genauer hinzuschauen. Denn Energieproduktion und Lebensmittelerzeugung lassen sich auf denselben Flächen in einem erheblichen Ausmaß kombinieren, wie Agrarwissenschaftler von der Universität für Bodenkultur Wien für die österreichische Landwirtschaft herausgefunden haben – und zwar „ohne die herkömmlichen ökologischen Folgeschäden“, wie das Forscherteam um Thomas Amon in einer aktuellen Publikation schreibt.

In Österreich gibt es rund 1,38 Millionen Hektar Ackerland. Bislang ging man dort davon aus, dass die Fläche für den ausschließlichen Anbau von Energiepflanzen auf ein Fünftel, also 276 000 Hektar, begrenzt sei. Produziert man daraus mittels Vergärung \nearrow Biogas, ließe sich eine Energiemenge von 1,7 Millionen Tonnen Rohöleinheiten gewinnen.

Besser aber wäre es, die gesamte Agrarfläche mit einer „integrierten Fruchtfolge“ aus Energie- und Nahrungspflanzen zu nutzen, argumentiert die Forschergruppe. Zur Biogaserzeugung würde sämtliche Biomasse ver-

Glossar

Biodiesel

Aus pflanzlichen Ölen gewonnener Dieselkraftstoff. Chemisch handelt es sich um einen Fettsäuremethylester. Energieinhalt: 1 Liter Biodiesel ersetzt 0,9 Liter Diesel. Biodiesel-Beimischungen bis fünf Prozent können ohne Anpassung des Motors verwendet werden.

Bioerdgas

Bioerdgas ist Biogas, aus dem Kohlendioxid, Wasserdampf und Schwefelwasserstoff weitgehend abgeschieden wurden. Methangehalt: mindestens 96 Prozent. Energieinhalt: 1 Kilogramm Bioerdgas ersetzt 1,4 Liter Benzin. Bioerdgas kann ohne Anpassung in Erdgasfahrzeugen verwendet werden.

Bioethanol

Ein aus stärkehaltigen Pflanzen gewonnener Kraftstoff, der mit Benzin gemischt werden kann. Chemisch handelt es sich um eine Alkoholverbindung. Energieinhalt: 1 Liter Bioethanol ersetzt 0,66 Liter Benzin. Bioethanol-Beimischungen bis fünf Prozent können ohne Anpassung des Motors verwendet werden.

Biogas

Ein durch Vergärung oder Vergasung von Biomasse erzeugtes Gemisch aus 50 bis 65 Prozent Methan, 25 bis 45 Prozent Kohlendioxid sowie Wasserdampf, Stickstoff, Ammoniak, Sauerstoff, Wasserstoff und Schwefelwasserstoff.

Fischer-Tropsch-Synthese

Von Franz Fischer und Hans Tropsch 1925 entwickelt, erzeugt das Verfahren aus den Komponenten eines Synthesegases – einer Mischung aus Kohlenmonoxid und Wasserstoff-Molekülen – verschiedene Kohlenwasserstoff-Moleküle. Dazu werden metallische Katalysatoren verwendet. Der Prozess läuft meist bei Atmosphärendruck und einer Temperatur zwischen 160 und 200 Grad ab.

Thermodruckhydrolyse

Eine unter hohem Druck und hoher Temperatur beschleunigte Hydrolyse: Organische Verbindungen aus Biomasse werden durch Reaktion mit Wasser in kleinere Moleküle aufgespalten, die sich dann leichter vergären lassen.



Kein Freund des grünen Kraftstoffs: Der Biologieprofessor und Umweltforscher Ernst Ulrich von Weizsäcker ist überzeugt, dass der Umstieg auf Biosprit die Artenvielfalt bedroht

wendet, die nicht in die Lebensmittelproduktion geht – neben den Energiepflanzen aus der Fruchtfolge auch gemähtes Gras, Reste von Nahrungspflanzen, Mist, Gülle und anderer Biomüll. Fährt man noch die Milchproduktion zurück, sodass es keine Überschüsse mehr gibt, könnte man in Österreich Biogas mit einer Energiemenge von 5,3 Millionen Tonnen Rohöleinheiten produzieren. Das entspräche zwei Drittel des dortigen Bedarfs an Erdgas.

Das vom Kohlendioxid gereinigte Biogas ließe sich zwar auch ins Erdgasnetz einspeisen, um Strom und Wärme zu erzeugen. Inzwischen mehren sich aber Stimmen, \nearrow Biomethan besser als

Kraftstoff zu nutzen. Denn für den Verkehr sei es besonders interessant, weil es je nach Herkunft eine bessere CO_2 -Bilanz als Erdöl habe, sagt Uwe Fritsche, Energie-Experte am Darmstädter Öko-Institut. Der Energiegehalt ist ebenfalls vorteilhaft: Ein Kilo Biomethan ersetzt 1,4 Liter Benzin, während 1 Liter Bioethanol nur 0,66 Liter Benzin aufwiegt.

Laut den Wiener Agrarforschern könnte in ihrem Szenario mithilfe integrierter Bioraffinerien neben Biogas auch eine gewisse Menge Bioethanol erzeugt werden. Behandelt man außerdem den Rohstoff Stroh durch die sogenannte \nearrow Thermodruckhydrolyse vor, würde die Ausbeute noch steigen. Die ganz

große Rechnung: Aus den 93 Millionen Hektar Anbauflächen in der EU ließen sich insgesamt 302 Millionen Tonnen Rohöleinheiten gewinnen. „Das heißt: Es können bis zu 92 Prozent des gesamten Energiebedarfs des europäischen Straßenverkehrs durch ökologisch nachhaltige und sozial verträgliche Fruchtfolgesysteme erzeugt werden“, schreiben Amon und seine Kollegen. Der Nachteil: Um Biomethan als Kraftstoff zu verwenden, wäre eine ganz neue Infrastruktur aus Tankstellen und Motoren nötig.

Flugzeuge auf dem Holzweg

Die heutige Infrastruktur und gleichzeitig die gesamte Vielfalt an Biomasse zu nutzen, soll mit einem anderen Verfahren gelingen: mit „Biomass to Liquid“ (BTL). Dabei wird die Biomasse zunächst bei hoher Temperatur in ein „Synthesegas“ umgewandelt. Mithilfe der seit Jahrzehnten bekannten \nearrow Fischer-Tropsch-Synthese werden die Gas-moleküle dann in die Moleküle des gewünschten Kraftstoffs umgewandelt. So entsteht etwa synthetischer Diesel, der dieselben Eigenschaften wie Diesel aus Erdöl hat – und heutige Motoren ohne Umrüstung zum Laufen bringt.

Weil anders als bei Biodiesel oder Pflanzenöl keine Nahrungspflanzen benötigt werden, spricht man von „Biotkraftstoffen der zweiten Generation“. BTL verwertet vor allem Holz, Stroh und andere Biomasse. Die „Tank oder Teller“-Debatte wäre damit hinfällig, er-

Nahrung als Spekulationsobjekt

Seit einem Jahr wird erbittert darüber gestritten, wie viel Biokraftstoffe zu einem Preisanstieg von wichtigen Grundnahrungsmitteln wie Mais, Soja oder Getreide beigetragen haben. Während die US-Regierung den Beitrag auf nur drei Prozent beziffert, geht die britische Hilfsorganisation Oxfam von etwa 30 Prozent aus. Die Weltbank schätzt ihn sogar für verschiedene Pflanzen auf bis zu 75 Prozent. Unbestreitbar ist, dass sich wichtige Nahrungspflanzen verteuert haben: Der Weltmarktpreis für Mais hat sich von Januar 2005 bis Juni 2008 fast verdreifacht; für Weizen stieg er um 127 Prozent, für Reis um 170 Prozent, für Sojabohnen um 192 Prozent. Neben der Verknappung durch die erhöhte Biokraftstoff-Produktion nennt die Weltbank

als Gründe den bis vor Kurzem sinkenden Dollarkurs und die Verteuerung der landwirtschaftlichen Produktion durch den bis zum Sommer drastisch nach oben schnellenden Ölpreis. „Es gibt allerdings wenig quantitative Abschätzungen, wie stark diese Preistreiber wirken“, heißt es in einem Weltbank-Papier. Ein weiterer Faktor sind die Warenterminbörsen, an denen seit jeher auch Nahrungsmittel gehandelt werden. So haben große Fonds plötzlich etwa mit Soja-Kontrakten spekuliert, weil Soja als Rohstoff für Biokraftstoffe interessant wurde – und wegen der größeren Nachfrage den Preis nach oben getrieben. Diese Hausse war damit eine indirekte Folge der zunehmenden Biokraftstoff-Produktion.



hofft sich die Biokraftstoffindustrie. Ausgestattet mit über 100 Millionen Euro Startkapital, unter anderem von Shell, Daimler und VW, positioniert sich die sächsische Firma Choren als ihr kommandierender Großhersteller. In Freiberg betreibt Choren eine Anlage, die pro Jahr 65 000 Tonnen Trockenmasse Holz in etwa 14 500 Tonnen „SynDiesel“ umwandeln kann. Die Nachfolgeanlage, die ab 2012 im brandenburgischen Schwedt laufen soll, ist für einen jährlichen Output von rund 225 000 Tonnen ausgelegt.

Diese Skalierung hat aber ihren Preis: „Anfangs werden wir mit Importholz arbeiten müssen“, räumt Choren-Sprecherin Ines Bilas ein. Denn die Pflanzungen mit schnell wachsendem „Kurzum-

triebsholz“ wie Pappeln – in Brandenburg und Polen geplant – werden frühestens nach drei Jahren Holz abwerfen. Bei Kurzumtriebsholz-BTL fallen 40 bis 60 Prozent weniger Treibhausgase an als bei fossilem Diesel, ergab eine Studie der Schweizer Umweltberatung ESU-services. Choren geht von bis zu 91 Prozent aus – doch die werden laut ESU auch bei Waldrestholz, dem Rohstoff mit der besten Bilanz, noch um 25 Prozentpunkte verfehlt.

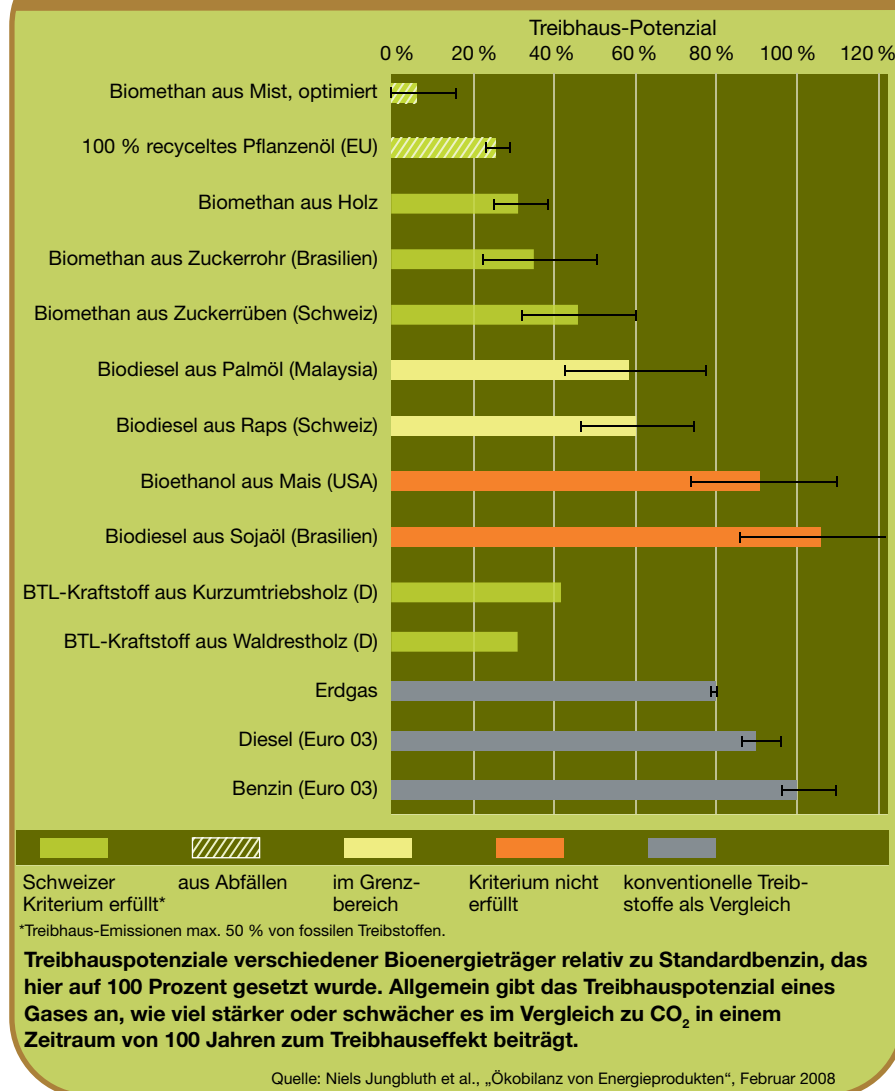
Voreilig abschreiben sollte man BTL-Kraftstoff jedoch nicht. Denn in der Luftfahrt komme man mangels alterna-

tiver Antriebe wohl nicht an einem Kerosinersatz aus Biomasse vorbei, warnt Uwe Fritsche vom Öko-Institut. Die schwereren Biokraftstoffe der ersten Generation sind in Flughöhen mit Temperaturen um minus 50 Grad ungeeignet – sie werden zu zähflüssig. BTL-Verfahren ermöglichen indes auch synthetisches Kerosin. Um damit den weltweiten Flugverkehr im heutigen Umfang aufrechtzuerhalten, wäre allerdings eine Fläche von 120 Millionen Hektar nötig, dreimal größer als Deutschland. Der Flugzeughersteller Boeing hofft daher auf Kerosin aus Algen. Doch selbst dann bräuchte man noch Algenkulturen von der Größe Irlands (siehe Artikel S. 70).

Klar ist: Eine Patentrechtliche Lösung für Bioenergie aus Pflanzen gibt es nicht. Was in Europa ökologisch machbar ist, kann sich anderswo als fatal erweisen. Wenn etwa in Afrika Energiepflanzen für den Export in großen Monokulturen angebaut werden sollen, verknappt dies weiter das Trinkwasser auf einem ohnehin trockenen Kontinent. Sogar eine genügsame und nicht essbare Pflanze wie die *Jatropha* (Purgierruss), die seit Kurzem als Energiepflanze für südliche Breiten Schlagzeilen macht, wird zum Problem, wenn internationale Konzerne sie plötzlich im großen Stil auf fruchtbarem Ackerland anbauen wollen. „Wenn man *Jatropha* aber richtig nutzt, ist sie entwicklungspolitisch gut“, sagt Andreas Renner von der britischen Entwicklungsberatung GEXSI. Als regionaler Energielieferant könnte sie in armen Staaten die Abhängigkeit von Ölimporten lindern. Und in ausgelaugten Böden verbessert sie nach einigen Jahren den Wasserhaushalt.

Eine dezentrale, ökologische und sozial verträgliche Energieversorgung ist eine entscheidende Voraussetzung auf dem langen Weg zur Nachhaltigkeit. Bioenergie und damit auch Biokraftstoffe können ein Baustein dafür sein – wenn man sie vernünftig einsetzt. „Diese Differenzierung wollen viele nicht machen“, bedauert der Grünen-Abgeordnete Hans-Josef Fell.

Klimaretter oder Klimakiller?



DPA PICTURE-ALLIANCE/CHROMORAN, INFOGRAFIK: BIRTE SCHLUND