

Das Geheimnis der uralten Diamanten

Das Leben auf der Erde könnte nach Erkenntnissen von Münsteraner Forschern 725 Millionen Jahre eher entstanden sein als bislang angenommen. Bei der Untersuchung der ältesten Diamanten der Welt hätten Forscher Hinweise auf eine mögliche Existenz von Leben vor 4,25 Milliarden Jahren erhalten, erklärte die Universität Münster. Bislang sei man davon ausgegangen, dass die ersten winzigen, lebenden Zellen vor etwa 3,5 Milliarden Jahren entstanden.

Die Zusammensetzung verschiedener Kohlenstoffisotope sei ein Hinweis darauf, dass bereits vor 4,25 Milliarden Jahren Leben existiert haben könnte, erläuterte die Münsteraner Mineralogin Martina Menneken.

Ursache für den Befund könnten auch andere chemische Reaktionen sein. Sicher sei jedoch, dass es bereits sehr früh nach der Entstehung der Erde vor 4,56 Milliarden Jahren ein Kohlenstoffreservoir mit einem Kohlenstoffisotop mit einem niedrigen C-13-Anteil gegeben haben müsse. Dies sei typisch für Kohlenstoff aus organischem Material. Ein Beweis für die Existenz von einem früheren Leben seien die Daten jedoch nicht, schreiben die Forscher in „Nature“. Die uralten Diamanten fanden die Münsteraner Wissenschaftler vergangenes Jahr in Westaustralien. *epd*

Gesundheit Stretching für die Seele

Stress macht Menschen krank. Ärzte und Psychologen versuchen ihn in den Griff zu bekommen. Was wirklich hilft **Seite W2**

Raumfahrt Europa will mit zum Mars

Der deutsche Ex-Astronaut und Raumfahrtexperte Gerhard Thiele über die Zukunft der bemannten Raumfahrt **Seite W3**

Partnerschaft Sex mit Kumpels

Der „One Night Stand“ war gestern – jetzt kommt der „Casual Sex“. Über einen neuen Trend im Liebesleben **Seite W4**

Wissenschaft für Kinder Auch Blumen müssen schwitzen

Nicht nur Mensch und Tier perlt der Schweiß. Auch Pflanzen transpirieren, wenn ihnen zu heiß ist **Seite W4**

Buch der Woche Die Plancks

Er bereitete den Laser vor, den Mikrochip, die Kernspintomografie: Max Planck. Seine Erfindungen zeigte er zuerst seinem kleinen Sohn Erwin: „Heute habe ich eine Entdeckung gemacht“, das waren seine Worte. 100 Jahre ist das her. Das Buch „Die Plancks“ erzählt die Lebensgeschichte Erwins, und beleuchtet die innige Beziehung, zwischen Vater und Sohn. Die beiden liebten Musik. Max Planck hat sogar Operetten komponiert.

Anders als der erstgeborene Sohn Karl macht Erwin dem Vater auch schon früh durch eine militärische Laufbahn alle Ehre. Dann muss er im ersten Weltkrieg an die Front, und gerät in Gefangenschaft.

Die Familie schreibt ihm, anfangs euphorisch, später besorgt. Erwin kehrt aus dem Krieg zurück, aber sein Bruder Karl ist gefallen. Es folgen weitere schwere Jahre. Im gleichen Jahr in dem Max Planck den Nobelpreis für Physik gewinnt, stirbt die zweite seiner beiden Töchter im Kindbett. Umso mehr hängt er danach an Lieblingssohn Erwin, der in die Politik geht. Hitler ergreift die Macht: Max Planck stellt den Dienst an der Wissenschaft über alles. Er hardert mit sich, bleibt aber weitgehend tatenlos, als sein Freund Albert Einstein immer stärker von den Nazis bedroht wird. Erwin, der als 21-jähriger begeistert in den Krieg gezogen war, hat einen inneren Wandel vollzogen. Er schießt sich dem Widerstand an. Als das Attentat auf Hitler misslingt, wird er zum Tode verurteilt. Vergeblich reicht der Vater ein Gnadengesuch bei Hitler ein. Bei Erwins Hinrichtung ist Max Planck 87 Jahre alt und hat sein jüngstes Kind überlebt. Anhand der Figur Erwin Plancks erzählt das Buch viel Wissenswertes über deutsche Geschichte und die Psychologie einer Generation. *I.H.*

Astrid von Pufendorf, Propyläen Verlag, Berlin, 512 Seiten, 22 Euro

Wissenschaft:
Telefon: 030 - 25 91 - 7 36 36
Fax: 030 - 25 91 - 7 19 67
E-Mail: wissenschaft@welt.de
Internet: welt.de/wissenschaft

Warum Bioenergie selten grün ist

Von wegen klimafreundlich: Die meisten gängigen Biotreibstoffe sind schädlicher als herkömmliches Benzin. Aber es gibt Ausnahmen

Von Katrin Zöfel

Es könnte so einfach sein: Man baue eine Pflanze an, gewinne Kraftstoff aus ihr, verbrenne ihn, um damit zu heizen, Strom zu produzieren oder herumzufahren. Am Ende des Tages lege man sich mit gutem ökologischem Gewissen zur Ruhe. Eine saubere, weil klimaneutrale Sache.

Doch die Sache ist komplizierter. Immer mehr Stimmen sind zu hören, die Biokraftstoffe, egal ob aus Raps, Palmöl oder Zuckerrohr, nicht nur wirkungslos, sondern gar schädlich fürs Klima schimpfen. Ökologischer sei es, einfach weiter fossile Energie zu nutzen, sagen Kritiker. Wer sich daran macht herauszufinden, was an der Kritik dran ist, merkt schnell, es kommt ganz darauf an – auf den Rohstoff und seine Herkunft. Die meisten gängigen Biotreibstoffe sind schädlicher als herkömmliches Benzin. Aber es gibt Ausnahmen.

Beginnen wir mit einem Biokraftstoff, der schon ziemlich lange zur Energiegewinnung genutzt wird: brasilianisches Zuckerrohr, das vor allem in den weiten, savannenartigen Ebenen des Cerrados angebaut und gleich vor Ort in Ethanol umgewandelt wird. Der gewonnene Biosprit wird anschließend normalem Autobenzin beigemischt.

Mit Zuckerrohr lassen sich im tropischen warmen Brasilien pro Hektar relativ hohe Erträge erzielen. Der zuckerfreie, faserige Pressrückstand, die sogenannte Bagasse, landet zudem nicht im Abfall, sondern dient als Brennstoff für die Ethanoldestillation, sodass keine fossile Energie zusätzlich eingesetzt werden muss.

Die Brasilianer haben zudem beinahe drei Jahrzehnte Erfahrung mit der Ethanolgewinnung aus Zuckerrohr: Bereits Anfang der 1980er-Jahre begann die brasilianische Regierung mit der staatlichen Förderung dieses Energiezweiges. Oberstes Ziel war damals die Unabhängigkeit von teuren Erdölimporten. Jahrelange Erfahrung und ein gut funktionierender Binnenmarkt für den Treibstoff haben dazu geführt, dass die Technik weitgehend ausgereift ist. „Die haben ihre Prozesse im Griff“, urteilt die Expertin Karin Arnold vom Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie. Je Fläche und relativ zum Einsatz an Energie kann hier verhältnismäßig viel für den Klimaschutz getan werden.

Anders das Bild etwa in den USA. Dort wird Bioethanol derzeit vor allem aus Maisstärke gewonnen. Der Markt boomt, die Farmer haben ihre Maisanbauflächen in den letzten Jahren stark ausgeweitet, unter anderem dank massiver, staatlicher Unterstützung. Gegenwärtig stellen 100 große Fabriken vor allem im mittleren Westen Ethanol aus Mais her, mehr als 50 sind im Bau und weitere 150 in der Planung.

Um den Alkohol aus der Gärmasse zu destillieren, wird hier allerdings nach wie vor fossiler Brennstoff eingesetzt. Genau an der Stelle also, an der in Brasilien die nachwachsende, sogenannte Bagasse verwendet wird. Der positive Effekt fürs Klima, der sich mit Maisethanol erzielen lässt, ist daher deutlich geringer als beim Zuckerrohr. Dazu kommt: Beim Anbau von Mais als Kraftstoff entsteht Lachgas. Die Substanz ist als Treibhausgas 300-mal so wirksam wie Kohlendioxid.

Die amerikanischen Subventionen für den Anbau von Mais zur Ethanolproduktion haben aber noch einen ganz anderen, indirekten Effekt: Statt wie bisher reichlich Soja bauen amerikanische

Bauern nun verstärkt Mais an. Die Sojaexporte aus den USA sinken, der Sojapreis weltweit steigt.

Damit wächst auch der Anreiz für brasilianische Bauern, für neue Sojaanbauflächen Regenwald im Amazonas zu roden, mit negativen Konsequenzen fürs Klima ebenso wie für die Biodiversität. Die steigende Nachfrage nach Agrarenergieerzeugnissen generell hat denselben Effekt, wenn auch nicht so stark und schnell, wie die durch Subventionen angesprochenen Marktverschiebungen. Damit kommt ein ganz neuer Aspekt ins Spiel: Die Rodung bislang noch naturnaher Wälder, das Umbrechen von Grasland – welche Konsequenzen haben diese Veränderungen für das Klima? Die Frage ist zentral, denn soll weltweit mehr Energie aus Biomasse bereitgestellt und gleichzeitig die Menschheit ausreichend ernährt werden, braucht es vor allem eins: mehr Anbaufläche.

Amerikanische Wissenschaftler haben im Auftrag der weltgrößten Umweltschutzvereinigung The Nature Conservancy nun vorgerechnet, dass diese Entwicklung nicht nur dem Artenschutz zuwiderläuft. In Boden und Pflanzen intakter Ökosysteme ist global betrachtet rund 2,7-mal so viel Kohlenstoff gespeichert wie in der Erdatmosphäre. Im Boden als Humus, in den Pflanzen als Wurzel, Holz, Blatt und Stengel. Wird Regenwald nun abgeholzt

oder Grasland umgebrochen, kommt dieser gebundene Kohlenstoff durch Verbrennung oder mikrobielle Zersetzung als Kohlendioxid frei. Der Rohstoff, der zur Bioenergieproduktion auf neuen Flächen angebaut wird, beginnt seine Laufbahn für den Klimaschutz also sozusagen mit einer hohen Kohlenstoffschuld. Wie hoch die Schuld ist, hängt vom Ökosystem ab.

Studienleiter Joe Fargione schätzt, dass etwa Zuckerrohr, das für Ethanol auf frisch umgebrochener Savanne im Cerrado angebaut wird, 17 Jahre lang an seiner Kohlenstoffschuld zu zahlen hätte. Indonesisches Palmöl für Biodiesel dagegen, das auf Flächen angebaut würde, die zuvor mit kohlenstoffreichen Sumpfwäldern bedeckt waren, kann erst nach mehr als 800 Jahren eine positive Klimabilanz aufweisen. Mais, der in den USA auf ursprünglichen Prärieflächen angebaut würde, hätte gut 90 Jahre lang Klimaschulden abzutottern.

Zum klimaschädlichen Kohlendioxid, das frei wird, wenn Landschaften umgenutzt werden, kommt ein weiteres, klimawirksames Gas, das beim Anbau entsteht: Mit Stickstoff gedüngte Felder geben sukzessive Lachgas (Distickstoffoxid) frei. Das ist rund 300-mal so klimaschädlich wie Kohlendioxid. Einigen Studien zufolge könnten stark gedüngte Kulturen wie Mais und Canola für Bioenergie deshalb sogar abträglicher für das Klima sein, als wenn einfach wie bisher Erdgas und Erdöl verbrannt werden. Wenig Stickstoffdünger brauchen dagegen genügsame Kulturen wie Gras, Gras-Leguminosenmischungen oder Holzplantagen – Rohstoffe also, die ebenfalls zu Ethanol umgewandelt werden können.

Doch selbst diese Bilanz, die den Biokraftstoffen an sich schon ziemlich schlechte Zensuren ausstellt, ist manchen Wissenschaftlern noch zu eindimensional. Eine der ersten Studien, die der einfachen Treibhausgasbilanz eine Gesamtbilanz der ökologischen Schäden hinzufügt, war die Studie des Schweizer Materialforschungsinstituts EMPA.

Die Wissenschaftler um Rainer Zah entwickelten einen Faktor, in den sie sämtliche schädliche Wirkungen des jeweiligen Rohstoffs für Mensch und Umwelt hineinrechneten, also auch die Versauerung des genutzten Bodens, Erosion oder den Verlust von Biodiversität. Für jeden der Rohstoffe, die derzeit in der Schweiz genutzt werden, errechneten sie eine ökologische Gesamtnote.

Ihr Ergebnis ist frappierend. Schneidet bei der reinen Treibhausgasbilanz noch die Mehrheit der Biorohstoffe positiv ab – 21 von 26 sparen gegenüber Benzin mehr als ein Drittel der Treibhausgasemissionen ein –, sieht das Bild gleich ganz anders aus, sobald sämtliche Umweltauswirkungen mit einbezogen werden: Zwölf von 26 Biorohstoffen verursachen höhere Umweltschäden als herkömmliches Benzin, sagen die Schweizer Wissenschaftler. Unter den Negativbeispielen finden sich gerade jene, die derzeit ökonomisch am meisten ins Gewicht fallen: Ethanol aus brasilianischem Zuckerrohr, Biodiesel aus brasilianischem Soja, Ethanol aus US-amerikanischem Mais und Biodiesel aus malaysischem Palmöl.

Hauptfaktor ist generell die Art und Weise, wie Energiepflanzen angebaut werden. Dies gilt nicht nur für die Emissionen, sondern auch für die meisten anderen Umweltauswirkungen. Dabei betonen die Studienschreiber: wie weit der Weg ist, den der Biosprit vom Produzenten zum Verbraucher zurücklegt, fällt ökologisch gesehen kaum ins Gewicht.

Als positiv hingegen bewerten die Schweizer Forscher vor allem jene Bioenergien, die derzeit noch ein Nischendasein führen: Biogas aus Klärschlamm, Gülle oder Pflanzenmaterial, Biodiesel aus Altpflanzenöl oder Ethanol aus Gras und Holz. Eine staatliche Förderung von Biotreibstoffen, beispielsweise durch steuerliche Begünstigung gegenüber Diesel und Benzin, müsste deshalb differenziert erfolgen, so die EMPA-Forscher. „Die Vorsilbe ‚Bio‘ heißt nicht in jedem Fall auch umweltfreundlich“, sagt Zah.

Fürs Auto

■ Den einfachsten Weg, Pflanzen in Sprit zu verwandeln, bieten Ölpflanzen wie Raps, Ölpalmen oder Jatropha. Das Produkt ist Ölkraftstoff oder Biodiesel. Außerdem Stärke- und Zuckerpflanzen, wie Weizen, Mais, Zuckerrüben und Zuckerrohr, deren im Pflanzenkörper gespeicherte Energie zu Ethanol vergärt wird.

■ Die komplexeren Energiequellen gehören zu den Biokraftstoffen der zweiten Generation. Sie alle haben eine wesentlich bessere Klimabilanz, ihre Verfahren sind aber noch nicht so weit ausgereift, dass sie großtechnisch eingesetzt werden können.

■ Zur zweiten Generation gehört die Ethanolproduktion im sogenannten „Biomass to Liquid“-Verfahren – Ethanol, das durch Vergärung aus Holz und Pflanzenresten gewonnen wird – sowie Gas aus Pflanzenabfällen oder Klärschlamm; die Rohstoffe fallen ohnehin an, müssen nicht angebaut werden, beanspruchen also keine Äcker. *zf*

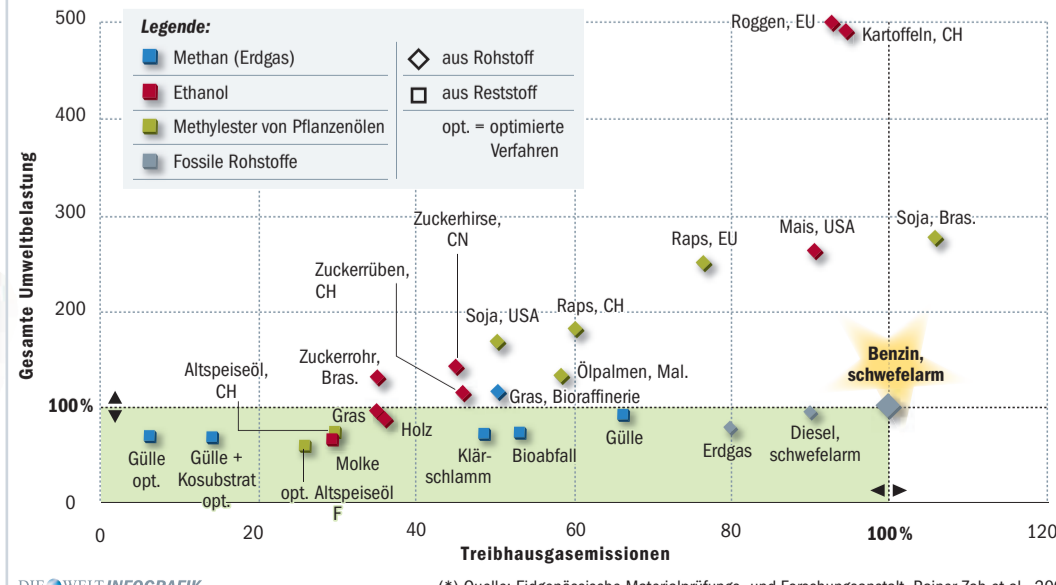
Fürs Heim

■ Forscher der Universität Hohenheim bei Stuttgart planen derzeit eine Biogas-Toilette für ein Dorf in Indonesien. Die Idee der Ingenieure: Die Fäkalien aller Dorfbewohner sollen gesammelt und zu Biogas umgewandelt werden. „Andere Abfälle, auch extra für die Vergärung angebaute Pflanzen, könnten gleich mit vergärt werden“, erklärt der deutsche Agrartechniker Joachim Müller. Müller ist Professor an der deutschen Universität Hohenheim. Das Biogas könnte schließlich zum Kochen verwendet werden, sagt Chefplaner Müller.

■ Bleibt noch Gas über, könnte das Dorf mit seiner Biogasanlage sogar eigenen Strom erzeugen – das bedeutet Unabhängigkeit von den schwankenden Energiepreisen des Weltmarkts. Bis zum nächsten Jahr könnten die ersten Biotoiletten startklar sein, sagt Müller. Die technischen Fragen sind weitgehend geklärt, die Forscher bemühen sich derzeit um Fördergelder des Bundes. *zf*

Nur im grünen Bereich ist Bioenergie umweltfreundlich

Die Grafik der EMPA (*) gibt an, wie umweltfreundlich die Erzeugung von Biotreibstoffen im Verhältnis zu schwefelarmem Benzin ist. Die untere Achse zeigt die entstehenden Treibhausgasemissionen, die linke Achse die gesamte Umweltbelastung der Produktion (z.B. Aufwand an nicht erneuerbarer Prozessenergie, Überdüngung von Umweltmedien, Ökotoxizität). Energieerzeugnisse im grünen Rechteck sind günstiger als Benzin. So sind zum Beispiel Treibstoffe aus Gülle oder Klärschlamm besonders umweltfreundlich. Bio-Diesel aus europäischem Raps verursacht zwar gut 20 Prozent weniger Treibhausgase als Benzin, scheidet aber in Bezug auf sonstige Belastungen weit schlechter ab.



Kraftstoff aus Mais: Beim Anbau entsteht Lachgas. Die Substanz ist als Treibhausgas 300-mal so wirksam wie Kohlendioxid

FOTO: INFOGRAPHIK W. REBER/THESTOCKPHOTO/AGENCE DE PRESSE/ORBIS