



ENERGIE

Die Kraft der grünen Brühe

Gentechnisch veränderte Blau- und Grünalgen sollen den Öko-Treibstoff der Zukunft liefern. Biotechniker haben bereits Algen geschaffen, die Ethanol, Rohöl oder sogar Dieselmotorkraftstoff produzieren – die Einzeller benötigen lediglich Sonnenlicht, CO₂ und Meerwasser.

RICK FRIEDMAN / DER SPIEGEL

Die lebenden Tankstellen des Biochemikers Dan Robertson schimmern dunkelgrün wie Eichenlaub und sind klein wie Ehec-Bakterien. Ihr Erbgut ist von Menschenhand frisiert. Fällt Licht durch ihre Hülle, scheiden sie wenig später tröpfchenweise Treibstoff aus.

„Wir mussten die Organismen erst dazu überreden, das zu tun, was wir wollen“, sagt Robertson, Chefforscher der US-Biotech-Firma Joule Unlimited. Stolz schwenkt er eines der mit grüner Flüssig-

keit gefüllten Reagenzröhrchen. Der geschäftig wirkende Biochemiker arbeitet in einem schmucklosen Zweckbau am Life Sciences Square der Universitätsstadt Cambridge im US-Bundesstaat Massachusetts.

Sein Labor ist karg möbliert, die Decke brüchig. Und doch geschieht hier Wunderbares: Es geht um die Lösung des Weltenergieproblems. Robertson und seine Kollegen haben Blaualgen erschaffen, die Dieselmotorkraftstoff produzieren.

Fachleute schwärmen von einer neuen, grünen Revolution. Mit Gentechnik und raffinierten Zucht- und Ausleseverfahren peppen Biochemiker vor allem in den USA Blau- und Grünalgen zu Winz-Fabriken für Öl, Ethanol oder Diesel auf.

Grüner Algensud schwappt in Zuchtteichen und zirkuliert durch glänzende Bioreaktoren oder pralle Plastikschläuche. Schon tanken erste Autos, Schiffe und Flugzeuge testweise den Algensprit. Investoren wie die Rockefeller-Familie

und Microsoft-Gründer Bill Gates setzen Millionenbeträge auf die Kraft der grünen Brühe. „Die industrielle Produktion von Öl aus Algen ist die nächstliegende Möglichkeit, künftig das Erdöl zu ersetzen“, sagt Jason Pyle von der kalifornischen Firma Sapphire Energy, die mit Algenhilfe bereits Rohöl herstellt.

Auch die etablierte Ölindustrie ist in das Geschäft eingestiegen. „Kraftstoff aus Algen kann eine entscheidende neue Energiequelle werden“, sagt Emil Jacobs, Forschungsvorstand von Exxon Mobil. Der Ölkonzern investiert 600 Millionen Dollar in die Firma Synthetic Genomics des Erbgut-Entschlüsslers Craig Venter.

Die Verheißungen sind groß: Wer als Erster ökologisch nachhaltigen und klimaneutralen Biosprit zu konkurrenzfähigen Preisen anbieten kann, wird nicht nur Milliarden verdienen, sondern noch dazu Geschichte schreiben.

Mit altem Frittenfett zum Betrieb genügsamer Landmaschinen starteten Do-it-yourself-Dieselbarone vor Jahrzehnten das Biospritgeschäft. Inzwischen treibt aus Getreide gewonnenes Ethanol Hunderttausende Autos an. In den USA etwa enthalten mehr als 40 Prozent des Benzins Ethanol-Beimischungen. In Fermentern, so groß wie Zeppeline, entsteht der Stoff, wenn Maische aus Mais oder Roggen mit Hefe gärt.

Doch der Autoschnaps genießt keinen guten Ruf. Weniger als 4000 Liter Ethanol jährlich liefert ein Hektar Maisacker; und jeder Liter davon wird mit rund 8000 Liter Süßwasser erkaufte. Außerdem geht wert-

volles Ackerland für den Nahrungsmittelanbau verloren. In der vergangenen Saison ernteten die Bauern in den USA erstmals mehr Mais für die Ethanol-Produktion als für die Viehzucht. Der Biospritboom treibt die Lebensmittelpreise nach oben.

Viele Ökologen halten den Anbau von Energiepflanzen daher inzwischen für einen Irrweg. Algen dagegen verbrauchen kein Ackerland. Sonne, Salzwasser, etwas Dünger und Kohlendioxid reichen den genügsamen Winzlingen zum Leben. Weil sie bei der Photosynthese etwa so viel CO₂ verbrauchen, wie später beim Verbrennen ihres Öls wieder frei wird, ist Algen-sprit auch noch klimaneutral.

Verblüffend erscheint auch ihre Produktivität: Wer ein Hektar sonniger Wüste mit Algenbecken vollstellt, gewinnt aus ihrer Biomasse nach einem Jahr fast achtmal so viel Biosprit wie ein Bauer aus Energiemais (siehe Grafik).

Die Firma Sapphire gehört zu den Pionieren der Branche. Firmenchef Pyle hat die Vision, Wüste in fruchtbares Energieland zu verwandeln: „Dazu müssen wir Algen wie Reis anbauen, in flachen Wasserbecken, auf Tausenden Hektar.“ Nur so könne es gelingen, Algenöl in großen Mengen und zu wettbewerbsfähigen Preisen zu produzieren.

Ein Barrel grünes Rohöl von Sapphire soll künftig zwischen 70 und 100 Dollar kosten – und damit deutlich weniger als Erdöl. Ähnlich wie beim Getreideanbau sind dafür allerdings Hochleistungssorten nötig. Ertrag, Krankheitsresistenz und „Erntefähigkeit“ der verwendeten Grünalgen seien optimiert, berichtet Pyle. Schon erproben die Sapphire-Ingenieure ihre grünen Zauberwichtel in einer Kleinanlage in New Mexico. Zusammen mit dem Agrarkonzern Monsanto und dem CO₂-Produzenten Linde wollen

die Algenbastler auf 120 Hektar bald auch das kommerzielle Geschäft ausloten.

Doch die Sapphire-Algen können nur ein Anfang sein. Denn sie reichern das Öl lediglich in ihrem Innern an. Wer es gewinnen will, muss die Geschöpfe ernten und in einem teuren und aufwendigen Prozess gleichsam auspressen.

Andere Forscher züchten deshalb Algen, die gar nicht erst geerntet werden müssen: Sie schwitzen den Treibstoff der Zukunft gleichsam aus. Die Evolution habe nichts hervorgebracht, was in großem Stil Biosprit aus CO₂ produziere, erläutert Biologe Venter: „Deshalb müssen wir es eben bauen.“

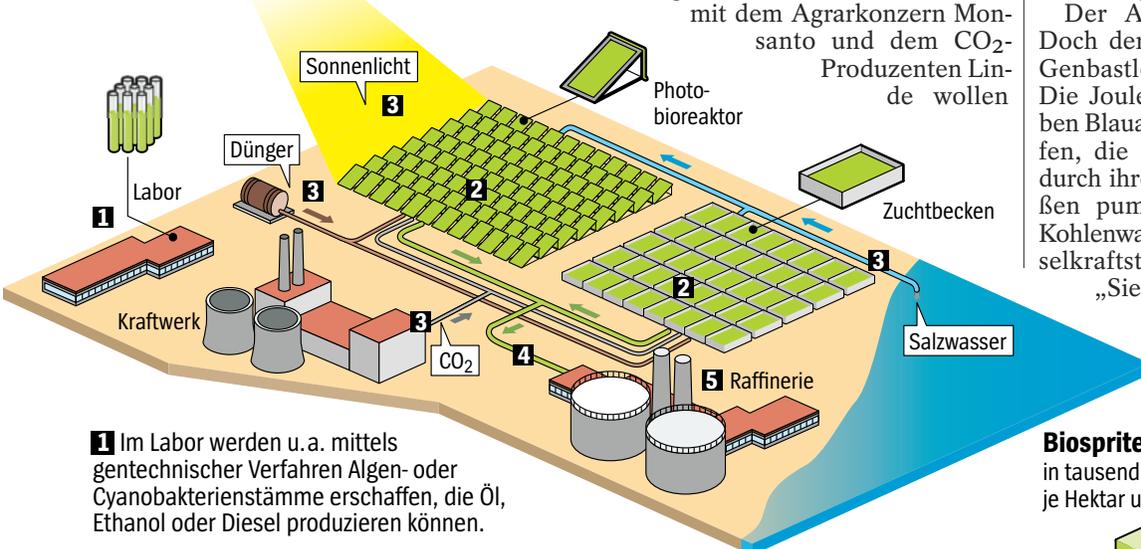
Im Labor der Firma Joule sind die ersten dieser Wunderorganismen schon zu bestaunen. Zu den Werkzeugen der Bioingenieure gehören Nährmedien, Brutschränke und vor allem Datenbanken, in denen die DNA-Sequenzen Tausender Mikroorganismen verzeichnet sind. In ihnen fahndet Robertson mit seinen Leuten nach vielversprechenden Genschnipseln, die sie anschließend isolieren und in das Erbgut von Blaualgen einschleusen.

Dutzende Varianten der auch Cyanobakterien genannten Winzlinge dümpeln bei Joule in bauchigen Glaskolben. Grüne Suppe füllt kleine Photobioreaktoren, in denen die Blaualgen unter verschiedenen Umweltbedingungen getestet werden. „Hier simulieren wir zum Beispiel den Tag-Nacht-Rhythmus von Texas“, erläutert Robertson einen der Versuche; in Texas steht eine Pilotanlage der Firma.

Der Aufwand ist enorm. Doch der Erfolg scheint den Genbastlern recht zu geben. Die Joule-Mikrobiologen haben Blaualgenstämme erschaffen, die sogenannte Alkane durch ihre Membran nach außen pumpen, energiereiche Kohlenwasserstoffe, die in Dieselkraftstoff enthalten sind. „Sie müssen die Zelle davon überzeugen,

Treibstoff aus der Wüste

Wie aus Algen Biosprit gewonnen wird



1 Im Labor werden u. a. mittels gentechnischer Verfahren Algen- oder Cyanobakterienstämme erschaffen, die Öl, Ethanol oder Diesel produzieren können.

2 Die Algen werden in offenen Becken oder Photobioreaktoren gezüchtet.

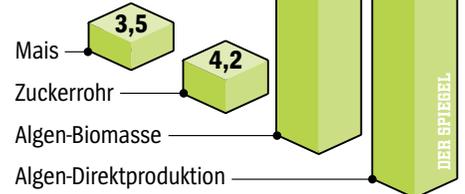
3 Zum Wachsen benötigen sie Sonnenlicht, Salzwasser, Dünger und Kohlendioxid (z. B. aus Kohlekraft- oder Zementwerken).

4 Die Algen werden geerntet, ihr Öl wird extrahiert. Bei anderen Verfahren scheiden die Algen direkt Öl oder Ethanol ab.

5 In einer Raffinerie wird das Algenprodukt zu Benzin oder Diesel veredelt.

Biospritertrag

in tausend Litern je Hektar und Jahr



Quellen: Joule Unlimited; John Benemann; USDA

das Wachstum ein- und stattdessen das gewünschte Produkt herzustellen“, erläutert der Forscher. Anders als bei Getreide komme am Ende kein minderwertiger Brennstoff, sondern hochreiner Kraftstoff ohne Schwefel und Benzol heraus. Robertson: „Sie können unser Produkt direkt in Ihr Auto tanken.“

In Hightech-Bioreaktoren verrichten die Laboralgen nun ihren Dienst. Stetig perlt Kohlendioxid durch die grün schimmernden Paneele, die an Sonnenkollektoren erinnern. Rund 140 000 Liter Biosprit jährlich will Robertson später einmal auf einem Hektar Land gewinnen – 40-mal so viel wie aus Energiemais. Etwa 500 Hektar Wüstenland in New Mexico hat sich Joule gesichert, um eine erste kommerzielle Anlage zu errichten.

Doch werden die Laborgeschöpfe auf dem freien Feld wirklich so gut funktionieren wie im Labor? Berechnungen zufolge dürften manche Algenanlagen mehr Dünger und Energie pro Hektar verbrauchen als der Getreideanbau. Und die Mikroalgen kommen mit dem Kohlendioxid der Luft nicht aus. Forscher schätzen, dass eine kommerzielle Algen-spritanlage etwa 10 000 Kubikmeter CO₂ pro Tag brauchte. Ob und wie das Gas in dieser Menge beispielsweise aus den Abgasen großer Kohlekraftwerke gewonnen und zu den Algenfarmen gebracht werden kann, ist unklar.

Zudem könnte der Landverbrauch enorm ausfallen. Im Fachblatt „Science“ rechneten Forscher der niederländischen Wageningen-Universität unlängst vor, dass theoretisch die Fläche Portugals voller Algenbecken gestellt werden müsste, um den heutigen Treibstoffbedarf Europas zu decken. Ein „Sprung in der Mikroalgen-Technologie“ sei notwendig, um die Produktivität mindestens zu verdreifachen, mahnten die Experten.

Pyle und Robertson versprechen diesen Fortschritt. Sie beharren darauf, dass sich mit Algentechnologie künftig ein signifikanter Teil des Energiebedarfs decken lasse. „Unfruchtbares Land mit hoher Sonneneinstrahlung gibt es zweifellos genug auf der Erde“, sagt Robertson. Einen großen Vorteil sieht er auch darin, dass Algensprit problemlos in die Pipelines und Raffinerien der Ölindustrie eingespeist werden könnte. Für Autos oder Flugzeuge würde sich nichts ändern.

Dass die Umstellung auf Algensprit aber noch eine Weile dauern wird, räumen selbst die Pioniere ein. Zuweilen sind es ganz profane Dinge, die der grünen Revolution noch im Wege stehen.

Den Züchtern der Firma Sapphire etwa spielen zehneinige Gourmets übel mit. „Shrimps finden, dass Algen gutes Futter sind“, erzählt Firmenchef Pyle, „wenn wir nicht aufpassen, verwandelt sich unsere Algenzucht ganz schnell in eine Shrimps-Farm.“

PHILIP BETHGE



Evangelische Kirche in Brandenburg: Leitkultur der Konfessionslosen

GESELLSCHAFT

Gottlose Trendsetter

Worin unterscheiden sich Ungläubige von Gläubigen? Atheisten sind gebildeter, toleranter und wissen mehr über den Gott, an den sie selbst nicht glauben.

Barry Kosmin ist ein Marktforscher der etwas anderen Art. Die von ihm untersuchten Kunden konsumieren bei Firmen, die Namen wie Lifechurch.tv oder World Overcomers Christian Church™ tragen. Der Soziologe analysiert die von US-Kirchen angebotenen Souvenirshops, Fernsehsendungen und Gottesdienstleistungen.

Vor allem aber erforscht Kosmin jene Gruppe von Kunden, die sich im Konsumstreik befinden und keine religiösen Produkte nachfragen: die Ungläubigen. „Die Konfessionslosen sind das am schnellsten wachsende Segment auf dem Markt der Weltanschauungen“, sagt Kosmin. „In den vergangenen 20 Jahren hat sich ihre Zahl in den USA auf 15 Prozent verdoppelt.“

Der Leiter des „Institute for the Study of Secularism in Society and Culture“ am Trinity College in Hartford, Connecticut, gehört zu den wenigen Wissenschaftlern, die sich dem Studium des Säkularismus verschrieben haben. Dazu gehören Gruppierungen wie Atheisten, Agnostiker, Humanisten und religiös Indifferente.

Weltweit kommen Religionslose mit einem Anteil von rund 15 Prozent (1 Milliarde) bereits an dritter Stelle nach Christen (rund 2,3 Milliarden) und Muslimen (etwa 1,6 Milliarden). Dennoch ist über die Gottlosen erstaunlich wenig bekannt: Wer sind sie, was glauben sie?

„Manchmal komme ich mir vor wie Christoph Kolumbus auf der Expedition zu einem unbekanntem Kontinent“, sagt Kosmin. „Viele meinen zum Beispiel, dass die Bevölkerung der USA immer religiöser wird; aber das ist eine optische Täuschung. Viele Evangelikale sind einfach politischer und lauter geworden.“

Und zwar wohl auch deshalb, weil der Religionsmarkt schrumpft. In den USA verlieren die Kirchen jedes Jahr bis zu eine Million Mitglieder. In Europa ist die Verweltlichung noch weiter fortgeschritten, in Frankreich liegt der Anteil der Religionslosen, die weder an Gott noch an eine

Ungläubiger Osten

