

Sprit aus Biomachines

Neue gen- und biotechnische Verfahren sollen helfen, umweltfreundliche Kraftstoffe aus Pflanzenresten zu gewinnen

VON Niels Boeing | 16. Juli 2009 - 08:00 Uhr

Gestern bejubelt, heute geschmäht – so ergeht es derzeit den Biokraftstoffen. Noch vor zwei Jahren galten Biodiesel aus Raps oder Soja und Bioethanol aus Mais oder Zuckerrohr als nachhaltige Treibstoffe der Zukunft. Inzwischen ist klar: Würde man Biospritpflanzen im globalen Maßstab anbauen, müssten Regenwälder weichen, würden Nahrungsmittel teurer. Umweltschützer warnen daher vor dem »Agroenergie-Wahn«.

Doch schon wird an der nächsten Vision gearbeitet: an biotechnisch veränderten Bakterien und Pilzen, die höchst effizient Biokraftstoffe herstellen sollen, mit geringerem Energieeinsatz und ohne hässliche Nebenwirkungen für Umwelt und Ernährung. »Wenn die technischen Hürden, die es noch gibt, überwunden sind, können Biokraftstoffe in einigen Jahren aus Zellulose hergestellt werden«, prophezeit Eckhard Boles, Mikrobiologe an der Universität Frankfurt, und fügt hinzu: »Dann muss es das Problem mit der Nahrungsmittelkonkurrenz nicht mehr geben.«

Diese Aussicht ruft auch globale Player auf den Plan. Der Ölkonzern BP finanzierte im vergangenen Jahr mit 500 Millionen Dollar den Aufbau eines neuen Energy Biosciences Institute, an dem zwei US-Universitäten und das Lawrence Berkeley National Laboratory beteiligt sind. Dessen Exchef Stephen Chu, der den Deal einfädelt, ist jetzt Obamas neuer Energieminister – was der Entwicklung weiteren Schub geben dürfte.

Bioethanol lässt sich zwar schon mit jenen einfachen Hefepilzen herstellen, die Alkoholbrauer seit Jahrtausenden nutzen. Aber in ihrer natürlichen Form können die Mikroorganismen nur bestimmte Zuckermoleküle verarbeiten, viele andere wertvolle Stoffe wie Zellulose, Lignin und zuckerhaltige Riesenzuckermoleküle wie die Polysaccharide bleiben dabei ungenutzt. Um die Effizienz der Hefepilze zu steigern, setzen Forscher wie Eckhard Boles daher auf die sogenannte synthetische Biologie: Mithilfe der Gentechnik sollen die Einzeller zu winzigen Fabriken umprogrammiert und ihre Stoffwechselwege optimiert werden.

Beispielsweise rüstet Boles' Forschungsgruppe die gute alte Bierhefe *Saccharomyces cerevisiae* genetisch auf. Am Computer entworfene Gensequenzen liefern den Code für neue Enzyme, die Moleküle gezielt zerlegen können und zuvor unverdauliche Zuckerarten wie Xylose oder Arabinose – Bestandteile der reichlich vorhandenen Zellulose – in einen Biotreibstoff umwandeln. Mit seiner Firma Butalco will der Frankfurter noch weiter gehen und statt Ethanol den höherwertigen Biokraftstoff Butanol produzieren, der rund ein Drittel mehr Energie als Ethanol enthält.

Die dafür notwendigen Enzyme besitzt die Hefe bereits von Natur aus – was übrigens zum Leidwesen von Brauern zum Vergären alkoholischer Getränke führen kann. »Eine kleine Menge Butanol macht aus einem guten Tropfen den Fusel, von dem Sie Kopfschmerzen bekommen«, flachst Boles. Was Brauer allerdings tunlichst vermeiden, will Boles nun optimieren. Durch genetische Schalter blockiert er den Stoffwechselweg der Hefe zum Ethanol und sorgt so dafür, dass sie nur Butanol produziert. Die Effizienz bei der Vergärung von Biomasse werde damit um bis zu 40 Prozent gesteigert werden, sagt Boles.

Der Frankfurter Mikrobiologe ist mit seiner Firma Butalco nicht der Einzige, der auf einen künftigen Markt spekuliert. In den USA forscht – gefördert von der Regierung oder von Ölkonzernen – eine ganze Reihe von Start-ups wie LS9, Amyris, Gevo oder Cobalt Biofuels an neuen Biokraftstoffen. Wenn dabei die Rede von synthetischen Genen und Stoffwechseldesign ist, klingt das ein wenig nach biochemischem Lego, so, als ob man nur die richtigen Bausteine zusammenfügen müsste, um Mikroorganismen in effiziente Biomashines zu verwandeln. Dass die Sache aber nicht ganz so einfach ist, zeigt das Beispiel der Firma LS9, die nicht auf Hefen, sondern auf Kolibakterien setzt.

Beraten wird das kalifornische Unternehmen von dem Systembiologen Uwe Sauer von der ETH Zürich. Ihm ist es gelungen, Kolibakterien so zu verändern, dass sie mithilfe bestimmter Enzyme über eine »Esterreaktion« einen Biodiesel-ähnlichen Kraftstoff erzeugen. Allerdings räumt der Forscher ein: »Wenn man an einer Stelle im Genom etwas verändert, passiert meist auch etwas Unvorhergesehenes.« Das Wissen um die Vorgänge in den Einzellern sei noch immer recht oberflächlich. Ob etwa die neu gebildeten Enzyme effizient genug sind, lässt sich noch nicht exakt am Rechner modellieren – zu komplex ist die Struktur dieser riesigen Eiweißmoleküle.

Die Wissenschaftler setzen deshalb ihre veränderten Mikroorganismen einer künstlichen Evolution im Labor aus. Indem sie ihnen das Leben schwer machen, hoffen sie auf Mutationen, die nicht nur leistungsfähiger, sondern auch robuster sind. Denn für gewöhnlich können die Einzeller nur eine bestimmte Menge von Ethanol oder Butanol in ihrer Umgebung verkraften. In höherer Konzentration wirken diese Alkohole für die Kleinstlebewesen toxisch.

Angesichts solcher Schwierigkeiten wundert es nicht, dass es noch keine industriellen Bioreaktoren gibt. Die Firma LS9 etwa betreibt nur eine Pilotanlage mit einem kleinen 1000-Liter-Tank – für eine industrielle Produktion aber sind bis zu 100 Meter hohe Bioreaktoren mit der hunderttausendfachen Füllmenge üblich. Bis also Designermikroben in großem Stil Kraftstoffe herstellen können, dürften noch einige Jahre vergehen.

Verbesserte gentechnische Methoden helfen nicht nur bei der Produktion neuer Kraftstoffe. Sie sollen auch die Zerlegung von Biomasse in ihre Ausgangsstoffe, die Zuckermoleküle, erleichtern. Ein Beispiel dafür wäre der Pilz *Trichoderma reesei*. Erstmals auf sich aufmerksam machte der Schimmelpilz im Zweiten Weltkrieg auf den Salomon-Inseln im Südpazifik, als er die zellulosehaltigen Fasern in Militärkleidung und -zelten

anfaß. In den siebziger Jahren wurden die Enzyme des Pilzes dann erstmals gezielt zur Zellulosezersetzung genutzt.

Nun haben Christian Kubicek und sein Team an der TU Wien das Genom des Schimmelpilzes entschlüsselt und festgestellt, dass dort Gene fehlen für weitere Enzyme, die Zellulose in Zuckerbausteine auflösen. Daher will Kubicek die entsprechenden Gene aus Bakterien entnehmen und in das Trichoderma-Genom einschleusen; außerdem könnten genetische Veränderungen den Pilz wärmebeständiger machen. »Wenn Sie die Arbeitstemperatur um zehn Grad erhöhen, verdoppelt sich die Ausbeute an Enzymen«, sagt Kubicek. Mit etwas Glück, so hofft der Forscher, könnte ein neu entwickeltes Turbo-Trichoderma die Aufspaltung von Zellulose künftig deutlich verbilligen.

Einige Vertreter der synthetischen Biologie sinnen bereits über Supermikroben nach, die sowohl Biomasse zersetzen als auch Biosprit produzieren können. Und den ganz großen Wurf plant der Biologe Craig Venter, der schon das Rennen um die Entschlüsselung des Humangenoms antrieb. Er will ein vollständig synthetisches Bakterium entwerfen, dessen Genom auf die lebensnotwendige Mindestgröße reduziert ist. Dieses »Chassis« ließe sich dann um all jene Gene erweitern, die eine Kraftstoffproduktion in Gang setzen. Am Ende soll der künstliche Einzeller in der Lage sein, Sprit direkt aus CO₂ herzustellen – ganz ohne den Einsatz von Biomasse. »Ein solcher kraftstoffproduzierender Organismus wäre der erste Billionen-Dollar-Organismus«, schwärmte Venter vor einiger Zeit im Magazin Newsweek.

Um sein Ziel zu erreichen, hat sich der geschäftstüchtige Forscher mit anderen Gentechnik-Koryphäen zusammengetan und bereits drei Erfolge vermeldet. Als Erstes wurde ein theoretisches »Minimalgenom« für ein Mycoplasma-Bakterium identifiziert und zum Patent angemeldet. Dann gelang es den Forschern, das Genom eines Wirtsorganismus gegen ein anderes auszutauschen. Und sie haben ein komplettes Genom synthetisch hergestellt. Der nächste Schritt wäre die Verpflanzung eines Designergenoms in eine Zelle und damit die Schaffung einer künstlichen Lebensform. Dann erst würde die eigentliche Arbeit der Bioprogrammierung beginnen.

Dass das heutige Know-how dafür ausreicht, bezweifeln viele Biologen. Eckhard Boles zum Beispiel hält einen Umbau existierender Bakterien und Hefen für die einfachere Variante. »Wieso soll man das Rad noch einmal neu erfinden?« Kritik kommt auch von Umweltorganisationen, allerdings aus anderen Gründen: Sie befürchten, dass Venters Vorhaben, aber auch andere Pläne für neue Designerorganismen, unkalkulierbare Risiken mit sich bringen könnten. Wenn die gentechnisch veränderten Mikroorganismen mutieren, so die Angst, könnten sie ganze Ökosysteme gefährden.

Der ETH-Forscher Uwe Sauer hält dieses Risiko jedoch für extrem gering: »Diese Organismen sind Krüppel.« Aufgrund ihrer gentechnischen Veränderungen seien die

umgebauten Mikroben in freier Natur gar nicht überlebensfähig – und damit auch nicht gefährlich.

COPYRIGHT: DIE ZEIT, 16.07.2009 Nr. 30

ADRESSE: <http://www.zeit.de/2009/30/N-Mikrobensprit>