



Biosprit II: Stroh statt Soja

Nahrungsmittelkonzerne, Naturschützer und viele Umweltexperten sind den heutigen Biokraftstoffen nicht grün. Wissenschaftler und Investoren setzen derweil auf die zweite Generation von Öko-Sprit.

259 KILOGRAMM WEIZEN reichen aus, um einen Menschen ein Jahr lang zu ernähren - oder um daraus 100 Liter Bioethanol zu gewinnen. 100 Liter, die im Tank nur rund 66 Litern herkömmlichen Benzins entsprechen. Da liegt die Befürchtung nahe, dass bei angekurbelter Biosprit-Produktion Grundnahrungsmittel teurer werden und die Zahl der Hungernden in den Entwicklungsländern steigt. Es sei „unverantwortlich und moralisch inakzeptabel, dass man enorme Subventionen zahlt, um aus Lebensmitteln Biotreibstoff zu machen“, schimpfte Peter Brabeck, kurz bevor er Anfang April 2008 die Konzernleitung des weltgrößten Nahrungsmittelkonzerns Nestle abgab. Und weiter: „Wenn man 20 Prozent des steigenden Erdölbedarfs mit Biotreibstoffen decken will, wie das geplant ist, dann gibt es nichts mehr zu essen.“

Auch von anderer Seite stehen die Biokraftstoffe unter Beschuss. Lange wurde die simple Botschaft verkündet, Biosprit sei gut für das Weltklima, weil er bei seiner Verbrennung nur so viel Kohlendioxid (CO₂) freisetze, wie die Pflanzen während ihres Wachstums aus der Luft aufgenommen haben. Doch nun zeichnen Fachleute ein komplizierteres Bild: Die Herstellung und das Ausbringen von Dünger und Pflanzenschutzmitteln verbrauchen Energie. Während die Pflanzen wachsen, bauen Mikroorganismen im Boden überschüssigen Dünger ab und produzieren Distickstoffoxid -ein Gas, das viel klimaschädlicher ist als CO₂. Danach erntet der Bauer die Pflanzen mit dem Traktor und mit Maschinen, die Treibstoff verbrennen und dabei CO₂ in die Luft pusten. Schließlich müssen die abgeernteten Pflanzenteile transportiert und weiterverarbeitet werden - auch dabei entstehen Treibhausgase.

All das verhagelt die schöne Klimabilanz erheblich. Wie sehr, ist schwer zu messen und stark von den lokalen Gegebenheiten abhängig. Die wissenschaftlichen Studien dazu sind umstritten. Eindeutig negativ ist das Ergebnis für den Agrotreibstoff, wenn für den Anbau der Energiepflanzen Regenwälder abgeholzt werden. Trotz allem stecken unter anderem der Ölkonzern BP und Risikokapitalgeber wie Vinod Koshla - vormals Gründer der Computerfirma

Sun Microsystems - scheinbar unbeirrt Hunderte von Millionen Dollar in junge amerikanische Start-up-Unternehmen und neue Institute, die Biokraftstoffe erforschen und herstellen. Man könnte meinen, ihr Motto sei: Der Biosprit ist tot, es lebe der Biosprit. Auch der Biochemiker Craig Venter, der einst mit dem Wettstreit um die Entschlüsselung des menschlichen Genoms von sich reden machte, will in dem Geschäft mitmischen. Nicht gerade bescheiden steht im Werbeprospekt seiner neuen Firma Synthetic Genomics: „Wir sind in der einzigartigen Lage, eine biologische industrielle Revolution zu entfachen. Und wir setzen uns voll dafür ein, mittels der Genomik die Tür zu einer sauberen Energiezukunft aufzustoßen.“

Was aber lässt Investoren und Wissenschaftler weiterhin auf Sprit vom Acker setzen? Es ist die Aussicht, dass die Öko- und Klimabilanz mit einer neuen Generation von Biokraftstoffen deutlich positiver als heute ausfällt. Die potenziellen Nachfolger des heutigen Biosprits werden hauptsächlich aus Pflanzenteilen oder aus Pflanzen hergestellt, aus denen sich keine Nahrungsmittel gewinnen lassen. Das heißt, die Rohstoffe sind Grünabfälle, Stroh oder Holz. Und es werden spezielle Gräser oder schnell wachsende Bäume kultiviert, die auch mit minderwertigen Böden zurechtkommen und weder Bewässerung noch Dünger benötigen. Schließlich werden ganze Pflanzen verwertet und nicht nur - wie heute - einzelne öl-, zucker- oder stärkehaltige Bestandteile. „Die Vorteile von Biokraftstoffen der zweiten Generation sind offensichtlich. Daher hoffe ich, dass sie sich trotz der momentanen emotional geführten Diskussion um den Biosprit durchsetzen können“, sagt Wolfgang Steiger, Leiter des Forschungsfelds Antriebe beim Automobilkonzern Volkswagen in Wolfsburg.

Der in Deutschland bekannteste Vertreter der zweiten Generation von Ökosprit ist der sogenannte BtL-Kraftstoff („Biomass to Liquid“). Derzeit fährt das Unternehmen Choren Industries aus Freiberg in Sachsen eine Anlage hoch, die davon rund 18 Millionen Liter im Jahr produzieren wird. Ausgangsmaterial ist Recycling- und Waldholz, das in einem mehrstufigen Prozess bei Temperaturen bis zu 1400 Grad Celsius zunächst in ein Gas und dann in flüssigen Treibstoff umgewandelt wird. Vermarktet unter dem Namen SunFuel oder SunDiesel lässt er sich in beliebiger Dosis herkömmlichem Diesel beimischen - oder auch pur tanken, ohne dass dafür der Motor umgebaut werden muss.

„Vor allem deshalb haben die Automobilhersteller bislang beim Thema Biosprit hauptsächlich auf BtL gesetzt“, ist Chemiker und Volkswirt Gunter Festel überzeugt. Seine Schweizer Beratungs- und Investmentfirma beschäftigt sich vor allem mit innovativen Umwelt- und Energietechnologien. Volkswagen-Experte Steiger weist darauf hin, dass in Europa vor allem Diesel knapp ist, während in den USA hauptsächlich Otto-Kraftstoffe gefragt sind - entsprechend einer unterschiedlichen Verbreitung von Diesel- und Benzinmotoren. „Nur Biokraftstoffe, die Diesel ersetzen können, helfen uns in Europa, unsere Abhängigkeit vom Erdöl zu reduzieren“, sagt Steiger. Volkswagen ist ebenso wie Daimler als Minderheitsgesellschafter an Choren beteiligt.

Die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, eine Organisation des Bundeslandwirtschaftsministeriums, schätzt, dass jährlich 4000 Liter BtL-Kraftstoff - das entspricht 3900 Litern herkömmlichen Diesels - aus einem Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche herausgeholt werden können. Heutiger Biodiesel hat einen Ertrag von nur rund 1500 Litern. Insofern ist BtL prinzipiell ein geeigneter Kandidat, um die Ökobilanz von Biokraftstoff zu verbessern.

Davon sind auch die Wissenschaftler um Eckhard Dinjus, Direktor am Institut für Technische Chemie des Forschungszentrums Karlsruhe (FZK), überzeugt. Gemeinsam mit der Frankfurter Lurgi AG errichten sie auf dem Gelände des FZK den Prototyp einer Anlage, die synthetischen Biokraftstoff in einem neuartigen zweistufigen Prozess gewinnen kann. Als Ausgangsmaterial für das sogenannte Bioliq-Verfahren verwenden auch die Karlsruher Forscher Reststoffe aus der Land- und Forstwirtschaft. In einem ersten Schritt werden Stroh, Heu, Holz, Rinde und Papier durch Pyrolyse - das Aufspalten chemischer Verbindungen mithilfe von Wärme - in „Slurry“ verwandelt: einen dickflüssigen Brei, in dem die chemische Energie der Ausgangsstoffe um das etwa 15-Fache konzentriert ist. Wegen seiner hohen Energiedichte lässt sich das Slurry mit relativ geringem Aufwand und vergleichsweise klimaschonend zu zentralen Großanlagen transportieren, wo daraus in einem weiteren Prozessschritt der Biosprit erzeugt wird.

Doch noch ist die Bioliq-Technologie des FZK ebenso wenig wie der BtL-Kraftstoff von Choren ein Heilsbringer. Das Biomass-to-Liquid-Werk in Freiberg - von Choren als weltweit erste kommerzielle Anlage für diese Art von Biosprit gefeiert - hat mit der geplanten Produktionsmenge von jährlich 18 Millionen Liter Kraftstoff lediglich Technikumsmaßstab. Es deckt bloß den Bedarf von 15 000 Pkw. Um die Produktionskosten für den BtL-Sprit auf die Stufe von herkömmlichem Biodiesel zu senken, müssen die Fabriken weit größer werden. Die Planungen von Choren sehen sogenannte Sigma-Anlagen mit einer Jahreskapazität von 270 Millionen Litern (200000 Tonnen) vor. Um sie ausreichend mit Biomasse zu versorgen, müsste ein Laster rund um die Uhr alle zehn Minuten Holz anliefern.

Dass dies die Klimabilanz des BtL-Sprits deutlich trüben kann, bestreitet Matthias Rudioff, Leiter Produktentwicklung bei Choren: „Wie unsere Analysen zeigen, schlägt der Kraftstoffverbrauch der Transportfahrzeuge weit weniger zu Buche, als gemeinhin angenommen wird.“ Trotzdem gilt: Die Transportwege sollten nicht zu lang werden. Rund um eine Sigma-Anlage müssen daher mindestens 500 Quadratkilometer Platz für Anpflanzungen von schnell wachsenden Bäumen sein - eine Fläche, größer als das Bundesland Bremen. „Große Zucker- oder Papierfabriken benötigen vergleichbare Mengen an Biomasse“, sagt Rudioff. Noch größere BtL-Fabriken zu füttern, sei dagegen logistisch schwierig. „Außerdem ist die Investition für Sigma-Anlagen noch aufzubringen, für größere Anlagen aber wird es schwierig“, ergänzt der Choren-Manager. Doch Experte Festel ist überzeugt, dass die Sigma-Fabriken zu klein gedacht sind: „Um kostenmäßig gut dazustehen, benötigt man Anlagen mit einer Jahreskapazität von einer Million Tonnen aufwärts.“

Allerdings sieht auch der Schweizer Umwelt- und Energieberater in der Versorgung mit Biomasse ein gewaltiges Problem. Laut Festel gehört die nähere Zukunft der Biokraftstoffe eher den kleinsten Lebewesen als den riesigen Fabriken. Festel hat sich mit dem Frankfurter Molekularbiologie-Professor Eckhard Boles zusammengetan, der Hefen genetisch so manipuliert, dass sie Pflanzenabfälle in Bioethanol oder Biobutanol umwandeln. Schon heute wird Kraftstoff-Ethanol mithilfe von Hefen produziert, doch die sind auf Haushaltszucker - Fachsprache: Saccharose - aus Zuckerrohr angewiesen oder vergären Traubenzucker. Der wird in einem vorgeschalteten Produktionsschritt aus Stärke gewonnen, die aus Getreide oder Mais stammt. In Brasilien, wo es riesige Zuckerrohrplantagen gibt und der vorgeschaltete Produktionsschritt - die Hydrolyse - entfallen kann, tanken Autos bereits fast genauso viel Bioethanol wie Kraftstoffe aus Erdöl. „Bioethanol ist allerdings ein Kraftstoff, der nur in Otto-Motoren einsetzbar ist“, betont der Volkswagen-Mann Steiger. Pflanzenreste oder anspruchslose Gräser besitzen nur wenig Stärke oder Saccharose, enthalten aber Lignocellulose. „Die kann

sozusagen verzuckert werden, wobei aber auch Zucker in Form von Xylose und Arabinose anfällt, den herkömmliche Hefen nicht vergären können", erklärt der Molekularbiologe Boles. Was das heißt, rechnet er vor: Normalerweise holen Hefen aus 1000 Kilogramm Stroh 200 Liter Ethanol heraus. Können sie aber Xylose und Arabinose vergären, produzieren sie rund 140 zusätzliche Liter.

Um Hefen zu Arabinose-Verwertern zu machen, versuchte das Team um Boles zunächst, Gene von bestimmten Bakterien zu übertragen, die genau dazu in der Lage sind. Doch der Versuch scheiterte. Daraufhin entwarfen die Frankfurter Forscher um Boles am Computer künstliche Gene. Vorbild blieben die bakteriellen Gene, doch die Wissenschaftler wandelten sie mit Rechnerhilfe so ab, dass sie optimal zu den Stoffwechseleigenschaften der Hefen passten. Die entworfenen Gene ließen die Forscher maschinell aus DNA-Bausteinen herstellen und bauten sie in Hefen ein. Mit Erfolg: Die veränderten Hefen wandeln die Arabinose vollständig in Ethanol um.

Die Methoden der synthetischen Biologie nutzt Eckhard Boles auch, um Hefen zu konstruieren, die aus den verschiedenen Zuckerarten Butanol machen. Der wichtigste Vorteil von Butanol gegenüber Ethanol ist sein höherer Energiegehalt. Außerdem ist es weniger korrosiv und absorbiert weniger Wasser. Und es ist weniger flüchtig, sodass es sich besser lagern, durch Pipelines transportieren und mit Benzin mischen lässt. Zusammen mit Gunter Festel hat Boles die Butalco GmbH gegründet, um seine Hefen reif für eine industrielle Biobutanol-Produktion zu machen und dann Lizenzen zu vergeben. Damit nimmt er einen Wettbewerb auf, der dem Kampf von David gegen Goliath gleicht - wobei Goliath auch noch zweiköpfig ist: Chemieriese DuPont und Ölmulti BP sind eine strategische Partnerschaft eingegangen und haben angekündigt, als erstes kommerzielles Produkt Biobutanol anzubieten. „Wir hoffen, die besseren Ideen zu haben, die schneller zum Ziel führen“, sagt Boles. Kompagnon Festel gewinnt der Konkurrenz sogar einen positiven Aspekt ab: „BP und DuPont öffnen uns möglicherweise den Markt, denn andere Unternehmen geraten unter Druck nachzuziehen - und wenden sich dann an uns.“

Doch auch Biobutanol muss noch nicht am Ende seiner Entwicklung stehen. Ziel der jungen kalifornischen Biotechnologiefirma LS9 ist es, Bakterien mithilfe der synthetischen Biologie dazu zu bringen, langkettige Kohlenwasserstoffe zu erzeugen. Um das zu erreichen, verändern Wissenschaftler des Unternehmens den bakteriellen Fettsäure-Stoffwechsel. Fettsäuren bestehen aus langen Kohlenwasserstoff-Ketten, an deren Ende eine Säuregruppe aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff sitzt. Entfernt man die Säuregruppe, bleiben Kohlenwasserstoffe übrig, die so etwas wie ein Bio-Rohöl bilden - nur ohne die störenden Schwefel-Verunreinigungen seines herkömmlichen fossilen Pendant. Letztlich könnte so synthetisches Benzin gewonnen werden, für das die Motorentechnik - ähnlich wie bei BtL-Kraftstoffen - nicht modifiziert werden müsste. „Ein interessanter Ansatz, aber ich bin ein bisschen skeptisch, ob sich dieses Verfahren jemals wirtschaftlich anwenden lässt“, urteilt Boles. Noch jedenfalls sind die Bakterien auf herkömmlichen Zucker als Nahrungsquelle angewiesen, von dem sie nur einen sehr kleinen Teil wie gewünscht umwandeln.

Einer der Gründer von LS9, der Pflanzengenetik-Professor Chris Somerville, ist zugleich Direktor des neuen Energy Biosciences Institute in der Nähe von San Francisco. Das Institut ist eine Stätte zur Erforschung der gesamten Entstehungskette von Biotreibstoffen. Es wird gemeinsam betrieben von der University of California und der University of Illinois, vom Lawrence Berkeley

National Laboratory und von BP. Der Ölkonzern wird in das Institut zehn Jahre lang mindestens 500 Millionen Dollar investieren - was die enormen Erwartungen an die Agrokraftstoffe der nächsten Generation zeigt.

Genom-Detektiv Craig Venter legt die Latte noch erheblich höher: Um an neue Biotreibstoffe zu kommen, will er nicht natürliche Bakterien und Hefen genetisch verändern, sondern er will entsprechende Mikroorganismen gleich von Grund auf neu schaffen. Das sei der effektivere Weg, sagt er. Boles kann ihm da nicht folgen: „Warum soll man das Rad neu erfinden?“ Venter hat jedenfalls im März 2008 angekündigt, binnen 18 Monaten einen künstlichen Mikroorganismus zu präsentieren, der „Biotreibstoff der vierten Generation“ produziert. Diese Mikroben sollen Kohlendioxid verwerten und es zum Beispiel in Methan umwandeln.

Ganz ernst nimmt solche Ankündigungen kaum ein Wissenschaftler. Volkswagen-Forscher Steiger ist überzeugt, dass sich mit Verfahren wie dem von LS9 oder von Venter vor dem Jahr 2020 keine nennenswerten Mengen Biokraftstoff produzieren lassen: „Der Weg von ersten Erfolgen im Labor bis hin zu einem effizienten großtechnischen Verfahren ist lang.“ Doch Boles und Festel sind wie Venter überzeugt: Künftig wird der Biosprit dezentral vor Ort in Tausenden von relativ kleinen Biotech-Anlagen produziert. Wann das soweit sein wird, muss man Craig Venter angesichts seiner mäßigen Glaubwürdigkeit bei Vorhersagen nicht fragen - aber Festel schon. Seine Antwort: „In 10 bis 15 Jahren.“

