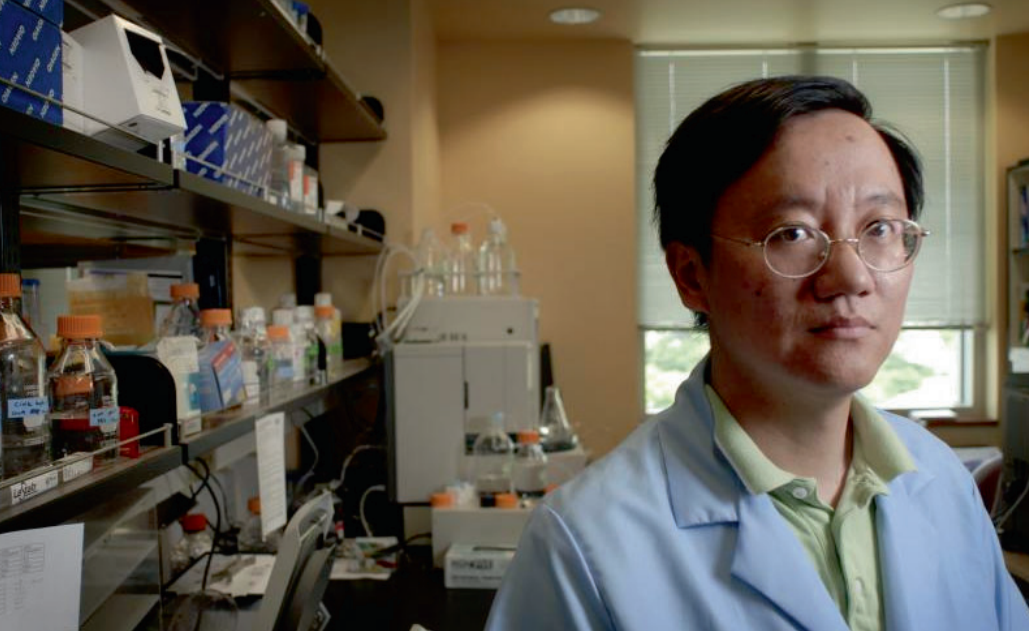




Biotechniker Zhang

Treibstoff für das Auto der Zukunft

BIOLOGIE

Kaninchen im Tank

Biologen nehmen Bausteine aus lebenden Zellen und stellen damit Maschinen her, die der Natur nicht eingefallen sind.
Erstes Ziel: die Verwandlung von Pflanzenabfällen in Wasserstoff.

Im Labor des Percival Zhang geht es offenbar nicht mit natürlichen Dingen zu: Der Forscher schüttet etwas Stärkepulver und Wasser in ein Gefäß, und nach einer Weile entweicht durch ein Röhrchen kostbarer Wasserstoff.

So leicht ist noch kaum jemand an das Gas gekommen, das als sauberer Energieträger der Zukunft gepriesen wird.

Die zauberische Verwandlung ist das Werk fleißiger Biomoleküle, sogenannter Enzyme. Sie hausen in Zhangs Versuchsreaktor, und das Verwandeln ist seit je ihre Bestimmung; in lebenden Zellen besorgen sie fast den gesamten Stoffwechsel. Der neuartige Weg von der Stärke zum Wasserstoff jedoch ist der Natur bislang nicht eingefallen – kein Lebewesen kann das.

Umso origineller die Gesellschaft, die der Biologe Zhang für diesen Zweck in seinem Reaktor versammelt hat: 13 verschiedene Enzyme teilen sich die Arbeit, und die

meisten sind einander denkbar fremd. Vier von ihnen entstammen den Muskeln eines Kaninchens, ein anderes wurde hitzeliebenden Mikroben entnommen, die bevorzugt in der Schwefelhölle unterseeischer Vulkanhänge köcheln. Ein weiteres wird aus Spinat gewonnen.

Ein gallischer Druide fände die Rezeptur auf Anhieb einleuchtend; er würde vielleicht noch eine Prise gedarrten Kröten-dreck empfehlen. Doch Percival Zhang ist so ziemlich das Gegenteil eines Hexenmeisters. Seit zwei Jahren forscht der gebürtige Chinese im US-Städtchen Blacksburg; er ist dort Dozent an der Technischen Universität von Virginia. Zhang versteht sich als eine Art Ingenieur des Lebens, als Pionier einer neuartigen Biologie.

Forscher seines Schlags betrachten Enzyme und das Erbgut als Bauteile, die man aus der Zelle herausklauben und neu zusammensetzen kann wie Legosteine. Da-

mit wollen sie molekulare Biomassen bauen, die es in der Natur nie gegeben hat.

Die Biologen nutzen dabei eine besondere Eigenschaft der Enzyme: Die meisten sind auf genau einen Stoff, etwa einen Zucker, spezialisiert. Diesen Stoff verwandeln sie in einen anderen, indem sie Moleküle zerschneiden, Elektronen umverteilen oder sonst wie in die Chemie eingreifen. Tausende solcher Enzyme sind inzwischen bekannt. Ein Tüftler, der seine molekularen Arbeitskräfte geschickt zusammenstellt, kann eine ganze Fabrikationskette aufbauen: Das eine Enzym stellt dann her, was das nächste als Rohstoff benötigt.

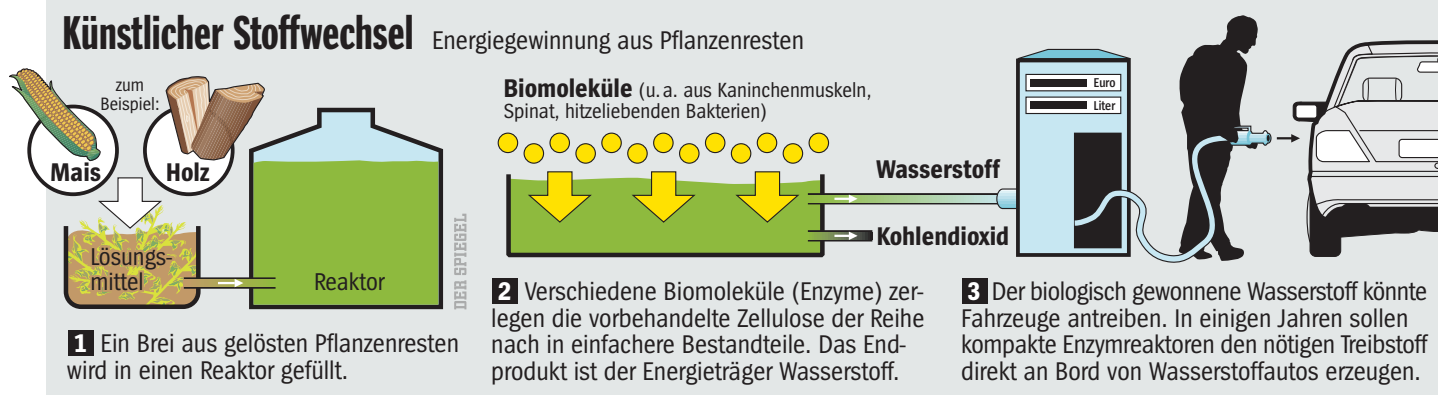
Am Ende ist, mit Glück, ein klimafreundlicher Kunststoff aus Sägemehl entstanden. Oder eben Wasserstoff als Erbförder für das schwindende Erdöl.

Ingenieur Zhang hat wenig Zweifel an der Tragweite seiner Entdeckung. „Mit einem solchen Bioreaktor“, sagt er, „wollen wir eines Tages ein Wasserstoffauto antreiben.“

Den Großteil der Enzyme für den Wasserstoffreaktor hat Zhangs Forschergruppe einfach gebrauchsfertig eingekauft. Es gibt dafür Spezialanbieter mit umfangreichem Sortiment. Die Suche nach den passenden Biomolekülen ist allerdings noch sehr beschwerlich; ohne langwieriges Wühlen in Datenbanken geht es kaum. Denn die Enzyme haben alle ihre speziellen Vorlieben. Das eine verträgt keine Hitze, das andere keine Kälte, das dritte bringt seine volle Leistung nur bei einem pH-Wert von 5,2.

Hinzu kommt, dass die emsigen Stoffwandler bei der Arbeit häufig Übergangsprodukte erzeugen, die den Mitmolekülen nicht unbedingt bekömmlich sind. „Wir müssen immer aufpassen, dass unsere Enzyme sich nicht gegenseitig ausschalten“, sagt Bärbel Friedrich, Biologin an der Berliner Humboldt-Universität.

Friedrich verfolgt ein ähnliches Ziel wie Zhang, doch auf anderem Weg: Ihre Enzyme beziehen die Energie nicht aus Speisestärke, sondern aus dem Sonnenlicht. Friedrich nutzt die Fähigkeit einiger Mikroorganismen zur Fotosynthese: Wie



Pflanzen erzeugen sie aus Licht und Kohlendioxid Zucker. Es fügt sich, dass nebenher auch Wasserstoff anfallen kann für den Eigenbedarf. Nur geben die Mikroben ihren Reichtum für gewöhnlich nicht her; sie verarbeiten ihn unverzüglich weiter.

Friedrichs Gruppe will nun den Mikroben das begehrte Gas entwinden. Die Forscher legen gerade den Stoffwechsel der eigensinnigen Geschöpfe Schritt für Schritt still. Am Ende soll nur noch der Syntheseparat selbstlos seine Arbeit tun. Er liefert dann die Energie für eine neuartige Biomasse, die aus Bestandteilen zweier Lebewesen zusammengesetzt ist: Den Wasserstoff setzt ein artfremdes Bauteil frei, ein Enzym, gewonnen aus einem Knallgasbakterium. Es steigert die Ausbeute um ein Vielfaches.

Die herkömmliche Biotechnik beschränkte sich bislang darauf, komplette Mikroorganismen in Dienst zu nehmen. Meist waren es Bakterien oder Pilze, die bereits ein eingespieltes Team von Enzymen mitbrachten. Dem Chemiekonzern BASF etwa gelang es, den winzigen Pilz *Ashbya gossypii* zu versklaven. Dieser Pilz hatte ein wildes Vorleben als Schädling; er fiel mit Vorliebe über Baumwollpflanzen her. Gezielte Manipulationen am Erbgut verwandelten den Marodeur mit der Zeit in einen Arbeiter von vorbildlichem Betragen. Nun gibt man ihm tonnenweise Sojaöl, und er macht daraus Vitamin B₂.

Zuvor musste das Vitamin in acht Schritten chemisch hergestellt werden; das geschah, wie in der Chemie üblich, unter großer Hitze und hohem Druck. Der Pilz dagegen schafft die Umwandlung auf einmal, und er spielt dabei die Vorzüge seiner eingebauten Enzyme aus: Von Natur aus arbeiten sie sehr effizient, und das schon bei Zimmertemperatur. Die Menge der Abfälle sank um 95 Prozent.

Die Zelle als Biomasse ist allerdings nicht für jeden Zweck gut. Auch die kleinsten Organismen haben Eigeninteressen, von denen sie nur mit Mühe abzubringen sind. Vor allem wollen sie wachsen und sich vermehren. Darum bringt ihr Stoffwechsel, neben dem gewünschten Produkt, vieles andere für den Eigenbedarf hervor; das schmälert die Ausbeute.

Diese Probleme umgeht, wer nur genau die benötigten Enzyme herauspräpariert und sie außerhalb der Zelle für sich arbeiten lässt. Eine solche Maschine tut – in der Theorie – genau das, was der Ingenieur von ihr will.

Percival Zhangs Reaktor zum Beispiel wandelt die Stärke vollständig in den erhofften Wasserstoff um. Das einzige Nebenprodukt ist das Treibhausgas Kohlendioxid; und davon wird höchstens so viel frei, wie die Pflanze, von der die Stärke stammt, zu Lebzeiten der Luft entnommen hat. Unterm Strich ist die Umwandlung also klimaneutral – und obenrein sehr ergiebig. „Ein Kilogramm Stär-

ke liefert fast so viel Energie wie anderthalb Liter Benzin“, verspricht Zhang.

Der Forscher sieht sich schon auf dem Weg ins vielbeschworene Wasserstoffzeitalter, das bislang nicht recht in Gang kommen wollte. Das famose Gas verbrennt im Motor zwar rückstandsfrei zu Wasser. Aber es ist, da entzündlich und hochflüchtig, schwer zu lagern und zu befördern.

Dagegen wirft Zhangs Stärkepolver keinerlei Sicherheitsprobleme auf. Bioreaktoren vor Ort, meint der Forscher, könnten den Wasserstoff je nach Bedarf produzieren. Und wenn es eines Tages gelingt, sie auf autogerechte Maße zu schrumpfen, reicht es fortan, einfach im Supermarkt ein Säckchen Stärke zu kaufen und als Futter für die Enzyme in den Tank zu schütten.



Mikrobiologin Friedrich: Wasserstoff aus Luft und Licht

Beim heutigen Stand der Technik müsste ein Autofahrer nach dem Tanken allerdings ein paar Monate warten, ehe er den Anlasser betätigt. Denn noch geht die Umwandlung viel zu gemächlich vonstatten. Doch mangelt es Zhang nicht an Ideen: Schon allein eine Erhöhung der Betriebstemperatur von jetzt 30 auf 60 oder 80 Grad Celsius werde das Tempo auf das Hundertfache beschleunigen, meint er. „Und im nächsten Schritt bauen wir uns dann bessere Enzyme.“

Das klingt verwegener, als es ist. „Enzyme werden heute schon routinemäßig verbessert“, sagt Sven Panke, Biotechniker an der ETH Zürich. Das gängigste Verfahren ist eine Art künstliche Evolution. Die Gene, aus denen die Enzyme hervorgehen, werden dafür einer Unzahl wahlloser Mutationen unterworfen. „Oft entstehen Tausende neuer Varianten“, sagt Panke. „Roboter sortieren dann die besten aus.“ Diese werden weiter mutiert, bis das Ergebnis zufriedenstellt.

In Pankes Labor sind derzeit elf Enzyme zu einer Zwangsgemeinschaft vereint. Zusammen bilden sie eine Biomasse, die einmal Grundstoffe für Arzneien herstellen soll. Aber anders als Zhang hat Panke sein molekulares Proletariat nicht einfach eingekauft: „Das ist viel zu teuer.“ Seine

Gruppe gewinnt ihre Bauteile selbst. Dafür lösen die Forscher Kolibakterien auf zu einer Suppe, in der es von hunderterlei Enzymen wimmelt. Diese werden dann so lange trickreich traktiert, bis alle außer den gewünschten ausgeschaltet sind.

Für die Wasserstoffpläne seines Kollegen Zhang kann Panke sich nicht so recht begeistern: „Der Ansatz, einfach Enzyme zusammenzurühren, ist spannend“, sagt er. „So lässt sich bestimmt auch Wasserstoff erzeugen – aber wohl nur, wenn man beliebig viel Geld für diese Biomoleküle ausgeben kann.“

Ein ähnliches Verfahren hatte der US-Biologe Jonathan Woodward schon im Jahr 2000 im Fachmagazin „Nature“ vorgestellt. Sein Ausgangsstoff war allerdings

teures Glukosephosphat. Zhang versichert, die Verwandlung von Stärke sei da schon erheblich billiger. Doch auch für ihn sind die zugekauften Enzyme auf Dauer zu kostspielig. Deshalb will er seine Biomasse, sobald sie befriedigend läuft, wieder zurückschleusen in einen Mikroorganismus. Eine lebende Zelle könnte dann genau den benötigten Apparat aus Enzymen so gut wie gratis herstellen. Dafür müsste es nur gelingen, in ihrem Erbgut die passende Bauanleitung zu verankern.

Und auch das, meint Zhang, könne nur ein Teil der Lösung sein. „Es ist nicht sinnvoll, Autos mit Maisstärke anzutreiben“, sagt er. „Den Mais sollten wir lieber essen.“ Besser wäre es, die schwerverdaulichen Pflanzenteile an die Bioreaktoren zu verfüttern: vom Mais die Blätter und Stangen, dazu Grasschnitt und Holzreste.

Allerdings ist diese Art von Biomasse selbst für Enzyme nicht ohne weiteres zu knacken. Allzu verfilzt sind die faserigen Zellulose-Moleküle der Zellwände. Da trifft es sich, dass Zhang mit der Frage schon länger beschäftigt ist; der Abbau von Zellulose ist sein Spezialgebiet. Er hat eine Methode patentiert, mit der sich die Fasern zu einem Brei auflösen lassen, der den Enzymen keinen nennenswerten Widerstand mehr leistet.

MANFRED DWORSCHAK