

QUANTENSPRUNG

Bärenndienst an der Wissenschaft

In der ersten Fernsehdebatte der beiden Kandidaten für das Präsidentenamt der USA hat John McCain angekündigt, aus seiner Sicht verschwendische Regierungsprogramme einzustellen, um verantwortlicher mit dem Geld des Steuerzahlers umzugehen. Das wird er auch dringend tun müssen, denn er plant, den selbstzerstörerischen Steuerkurs des jetzigen Präsidenten fortzuführen.

Ein geplanter Streichungsposten im Budget, den McCain als verschwendisch darstellte, ist ein Forschungsprogramm über die Genetik vom Aussterben bedrohter Bären in Montana. Dieses Projekt kostet den amerikanischen Steuerzahler lächerliche drei Millionen Dollar jährlich.

Um dies ins Verhältnis zur Krise im Finanzsektor zu setzen: Um die 700 Milliarden Dollar für das - inzwischen geplante - Rettungspaket der Regierung einzusparen, hätte man das Forschungsprojekt über die Grizzlies für die nächsten 233 000 Jahre stoppen müssen - Inflation der Forschungskosten und Zinsen auf das geliehene Geld nicht eingerechnet.



AXEL MEYER

Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

Aber ein tieferes Verständnis von Wirtschaft sagt man dem republikanischen Kandidaten ohnehin nicht nach. Übrigens, der geschieterte CEO der Investment-Bank Lehman Brothers, Richard Fuld, hatte ein Gehalt mit einem Stundenlohn von etwa 17 000 US-Dollar. Er müsste also für drei Millionen Dollar etwa einen Monat lang arbeiten.

John McCain scheint aber ohnehin kein besonderer Freund der Wissenschaft zu sein. Das Magazin „Nature“ stellte beiden Kandidaten kürzlich 18 Fragen zu ihrer zukünftigen Politik in Wissenschaft und Technologie. Barack Obama füllte den Fragebogen aus, John McCain hielt dies nicht für notwendig. „Nature“ versuchte deshalb, McCains Antworten aus dokumentierten Aussagen zusammenzustellen. Die Fragen und Antworten finden sich unter [www.nature.com](http://www.nature.com).

Die Regierung des jetzigen Präsidenten hat sich wie keine zuvor ideologisch in die Wissenschaft der USA eingemischt. Sie hat beispielsweise die staatlichen Klimaforscher nur selektiv reden lassen und deren Berichte zensiert. Auch wurde die Stammzellforschung aus religiösen Motiven nicht gefördert. Meine Kollegen klagen über den Mangel an Forschungsgeldern. Generell wurden Objektivität, Transparenz und Integrität negativ beeinflusst.

Man kann nur hoffen, dass Sarah Palin nie Präsidentin wird, denn ihre atemberaubende Naivität und Unerfahrenheit, gemischt mit religiösem Fundamentalismus, sind erschreckende Vorzeichen. Die Debatte heute Abend zwischen Joe Biden und ihr wird sicher interessant. Aber man sollte optimistisch bleiben, es kann wohl nur besser werden für die Wissenschaft in den USA - und hoffentlich auch für die Bären in Montana.

[wissenschaft@handelsblatt.com](mailto:wissenschaft@handelsblatt.com)

# Künstliche Bakterien als Chemiefabrik

Biotechnologen erschaffen Mikroben mit künstlich zusammengefügtm Erbgut. Solche Lebewesen könnten die chemische Industrie revolutionieren.

SUSANNE DONNER | DÜSSELDORF

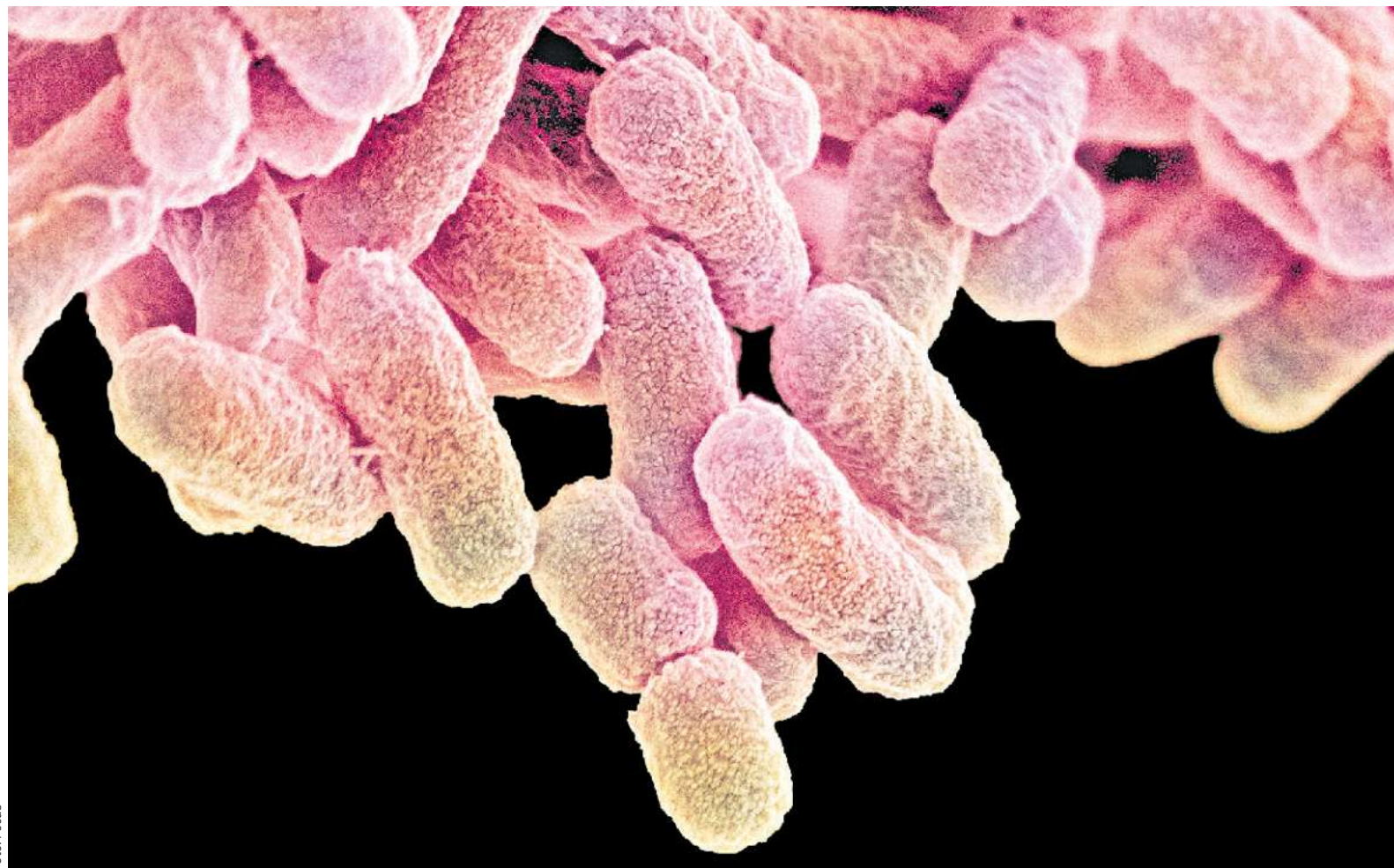
Ihre Fähigkeiten sieht man den Bakterien nicht an: Ein regloser grau-brauner Teppich auf gläsernem Grund. Doch die unscheinbaren Kleinstlebewesen sind eine lebendige Aids-Arznei-Fabrik. Ihr Schöpfer, der Biotechnologe Andreas Schmid, früher an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, heute an der Technischen Universität Dortmund forschend, steht mit den Designermikroben an vorderster Front der „weißen Biotechnologie“.

Der 42-Jährige hat mehrere Gene der Mikroben umgebaut und sie dadurch zur lebenden Produktionsstätte für den wichtigsten von drei Bausteinen des Medikaments „Indinavir“ umfunktioniert. Es hemmt die Vermehrung des HI-Virus.

Vormals begnügten sich Forscher mit dem, was die Natur anbot. Waschmittelzusätze stammten zum Beispiel von Bakterien aus Geysiren. Als bald optimierte man deren Erbgut für Schleudergang und Kochwäsche. Mittlerweile reicht das bloße Aufmöbeln nicht mehr. So wie Ingenieure aus verschiedenen Maschinen eine Fabrik erstellen, fügen die Biotechnologen Genomfragmente verschiedener Mikroorganismen in einem Lebewesen zusammen.

Das genetische Patchwork kann beliebige Ausmaße annehmen. Zwanzig- und mehrstufige Prozesse lassen sich von einem Produzentenorganismus bewältigen, wenn der neue Stoffwechsel eingerichtet wurde. Die neuen Kreaturen scheiden Substanzen aus, mit denen ihre natürlichen Vorläufer nie zu tun hatten. „Metabolic engineering“ ist das Zauberwort. Andere sprechen lieber von „synthetischer Biologie“.

Dass die Ingenieurskunst bei den Mikroben zu Erfolgen führt, beweist der Dupont-Konzern. In jahrelanger Arbeit modifizierten seine Forscher ein Koli-Bakterium in 36 Genen. Seit Ende 2006 füttert es auf dem Firmengelände in Loudon, Tennessee, Maisstärke und liefert dafür 45 000 Kubikmeter Propandiol im Jahr. Daraus entstehen Kunststoffe, die zu Badeanzügen oder Teppichen verwoben oder zu Airbag-Abdeckungen gegossen werden. Es ist bislang die einzige



Lebende Fabriken: Bakterien wie Escherichia coli lassen sich genetisch manipulieren und dazu bringen, Chemieprodukte herzustellen.

industriell genutzte Designermikrobe.

„Die haben uns gezeigt, wo es langgeht“, meint Schmid. BASF, Lonza, Evonik Degussa und die Firma Brain (Biotechnology Research And Information Network) tüfteln jetzt an Designermikroben. Angetrieben werden sie von dem Wunsch, sich vom knapp werdenden Rohöl zu lösen. Sie wollen nicht nur Spezialprodukte wie Farben und Vitamine biotechnologisch gewinnen, sondern auch die Rohstoffbasis für Massenchemikalien. Kunststoffe, Kraftstoffe, Butanol und Methanol - all das soll aus Mikroben sprudeln, denen man nur Zucker zum Futter reicht. Brain-Gründer Holger Zinke nennt das die „Biologisierung der chemischen Industrie“.

Schmid Designermikrobe stammt ursprünglich aus dem Wald hinter dem Institut für Mikrobiologie der Universität Stuttgart. In den neunziger Jahren grub ein Student das Bakterium aus. Es verfügt über besondere Enzyme, sogenannte Monooxygenasen, mit denen es die Zersetzung des Laubes einleitet. Dazu schleust es je ein Sauerstoffatom in die organischen Stoffe ein. Wohl dosiertes Einbringen von Sauerstoff ist auch bei der Produktion des wichtigsten Bestandteils für die HIV-Arznei Indinavir nötig.

Schmid Mitarbeiter Sven Panke fügte das Monooxygenase-Gen aus dem Waldbewohner in ein Koli-Bakterium, später auch in ein Pseudomonas-Bakterium ein. „Dieser Gentransfer war in ein paar Wochen erledigt“, erinnert sich Panke, der heute an der ETH Zürich forschet. Zeitraubend war es dagegen, die Mikrobe für den

industriellen Einsatz fit zu machen. Denn in der Natur werden Stoffe stark verdünnt hergestellt, sprich: wenig Produkt, lange Reaktionszeit. Erst nachdem vier Gene neu justiert waren, lieferte das Kleinstlebewesen ein Kilogramm des Arzneimittelbausteins in einem 30-Liter-Becherglas. Doch Schmid Minifabrik kam zu spät. Die Pharmafirma Merck hatte schon 100 Millionen Euro in die Entwicklung eines chemischen Verfahrens gesteckt. „Unser Verfahren landete in deren Schubladen, zumindest bis das Patent ausläuft“, bedauert Schmid. Die chemische Variante aber verläuft über mehrere Stufen, und das Produkt muss aufwendig gereinigt werden. Die biotechnische Route mit der Designermikrobe besteht aus nur einem einzigen sauberen Schritt.

Die Dortmunder Forscher sind den Designermikroben trotz der Niederlage treu geblieben. „Es gibt sehr viele chemische Prozesse, in denen man gezielt ein Sauerstoffatom in ein Molekül einführen muss. Die entstehenden Epoxide sind der heilige Gral der organischen Chemie“, so Schmid. Epoxide dienen als Basis für Arzneimittel und Agrochemikalien. Aus ihnen gehen auch Farbstoffe für Plasmabildschirme und Flüssigkristalle für Monitore hervor.

Das Ziel ist nun, den Stoffwechsel des Designerbakteriums komplett zu sanieren. Es soll nur noch essen und Energie erzeugen, um die Produktion abzuwickeln. Vermehrung - in der Natur das oberste Ziel - soll ihm weitgehend ausgetrieben werden. Aber zunächst muss der Stoffwechsel überhaupt verstanden werden.

„Es ist wie eine Fabrik, bei der man nicht begreift, wofür die Wand, die Elektrokabel und Abwasserleitungen da sind“, sagt Schmid. Als Beispiel nennt er die Suche nach einem Produzentenorganismus für Butanol, eine Aufgabe, an der weltweit fieberhaft gearbeitet wird. Butanol soll eines Tages herkömmlichen Biokraftstoff ersetzen. „Bioethanol hat große Nachteile: Die Oktanzahl stimmt nicht, die Energiedichte ist zu gering, da es nur zwei Kohlenstoffatome aufweist. Die Pump- und Lagerfähigkeit ist auch nicht optimal“, so Schmid. Butanol sei besser. Doch es ist für Mikroben giftig. Damit eine von ihnen Butanol in nennenswerten Mengen herstellt, muss ihr Stoffwechsel verstanden und umgestrickt werden.

Vor kurzem entdeckte eine von Schmid Doktorandinnen ein Pseudomonas-Bakterium, das achtmal mehr Butanol aushält als andere. Das Exemplar soll nun zur Biofabrik entwickelt werden. Dazu wurde der Stoffwechsel bereits von einer Lebensweise ohne Sauerstoff auf Sauerstoffverbrauch umgestellt, weil dabei weniger Nebenprodukte anfallen. Den Prototyp einer Produzentenmikrobe halten die Dortmunder damit schon in den Händen.

„Ich war hin- und hergerissen, ob ich das beim Kongress für Metabolic Engineering, der Anfang September in Mexiko stattfand, vorstellen sollte. Man muss immer abwägen, ob man der Konkurrenz seine heißesten Informationen preisgibt. Ich habe mich dafür entschieden“, sagt Schmid. Wie alle Forscher würde er gerne den entscheidenden Durchbruch verkünden. Das spricht für Schweigen. Doch Forschung lebt vom Austausch.

UNSERE THEMEN
MO ÖKONOMIE
DI ESSAY
MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
<b>DO NATURWISSENSCHAFTEN</b>
FR LITERATUR

## HIV entstand früher als bisher vermutet

Forscher rekonstruieren den Stammbaum des HI-Virus

**DÜSSELDORF.** In einer Gewebeprobe aus der Demokratischen Republik Kongo haben Wissenschaftler das zweitälteste bekannte HI-Virus gefunden. Die Probe stammt aus dem Jahr 1960, berichtet das Magazin „Nature“ in seiner aktuellen Ausgabe.

Ein amerikanisches Forscherteam hatte zahlreiche Gewebeprobe untersucht und dabei die alte Virus-DNA vom Typ HIV-1 entdeckt. HI-Viren werden in die Typen HIV-1 und HIV-2 unterteilt. Die älteste bekannte HIV-1-DNA stammt aus dem Jahr 1959. „Andere historisch dokumentierte Sequenzen - wichtige Kalibrierungspunkte, um die Evolution des Virus zurückzuverfolgen - fehlten jedoch bisher“, schreiben die Forscher um Michael Worobey von der Universität von Arizona in Tucson.

Mit dem neuen Fund konnten Worobey und seine Kollegen nun einen Stammbaum für HIV-1 rekonstruieren

und zeigen, dass der erste Vorfahre des Virus vermutlich nicht erst in den 30er-Jahren des 20. Jahrhunderts auftauchte, sondern bereits um die Jahrhundertwende.

Für die Konstruktion von Stammbäumen zählen Wissenschaftler die Unterschiede zwischen DNA-Sequenzen. Die Methode beruht auf der Annahme, dass solche Unterschiede sich im Lauf der Zeit anhäufen. Anhand einer solchen „molekularen Uhr“ kann man abschätzen, wann der letzte gemeinsame Vorfahre zweier Arten gelebt hat.

Die beiden ältesten HIV-Viren, die aus den Jahren 1959 und 1960 stammen, unterscheiden sich zum Beispiel so stark voneinander, dass es mehr als 40 Jahre gebraucht haben muss, um diese Zahl an Mutationen anzusammeln. Ihr letzter gemeinsamer Vorfahre, schätzen die Forscher, muss um das Jahr 1900 herum gelebt haben. *tlw*

## Mehr Erfolg in China.



## Grüne Wiesen in der Sahara

Deutsche Geologen zeichnen die Klimageschichte der Wüste nach

**DÜSSELDORF.** Die Sahara war in der Erdgeschichte mehrmals eine grüne Graslandschaft. Rund 120 000 Jahre haben die Geologen Rik Tjallingii (Uni Kiel) und Martin Claussen (Max-Planck-Institut für Meteorologie Hamburg) in die Erdgeschichte der Wüste zurückgeschaut. Ihre Studie veröffentlichten sie in der Fachzeitschrift „Nature Geoscience“.

Die neuen Daten erlauben auch Zukunftsmodelle: Die Wüste könnte schrumpfen, wenn sich das Klima kräftig erwärmt. „Ob die Sahara tatsächlich grüner wird als heute, können wir aber noch nicht mit Bestimmtheit sagen“, meint Claussen. „Noch haben wir nicht sämtliche Prozesse, die für die Dynamik des Sahels und der Sahara wichtig sind, im Klimamodell dargestellt.“

Um herauszufinden, wann während der vergangenen Jahrtausende

in der Sahara Feucht- oder Trockenperioden herrschten, haben Forscher des Bremer MARUM-Instituts und des Alfred-Wegener-Instituts in Bremerhaven Staubpartikel in einem Bohrkern vom Meeresboden vor Nordwest-Afrika untersucht. Aus dem Verhältnis der Zahl der Partikel, die vom Wind transportiert wurden, und der Partikel, die Flüsse ins Meer schwemmten, konnten die Forscher die Vegetationsdichte und Regenmengen abschätzen.

„Andere Forschergruppen haben nur die Zeit vor gut 10 000 bis 5 500 Jahren untersucht. Wir haben weiter zurückgeschaut und auch die Periode von vor 85 000 bis 120 000 Jahren betrachtet. Dabei konnten wir feststellen, dass es in dieser Zeit mehrmals Feuchtperioden gab, in denen sich die Wüste zurückzog“, erklärt Tjallingii. Die Feuchtperioden fallen mit Zei-

ten zusammen, in denen aufgrund der Kreiselbewegung der Erdachse die Sonneneinstrahlung in Äquatornähe besonders stark war. Aus dem Ozean verdampfte mehr Wasser, wodurch der Monsunregen stärker wurde. „In der Sahara reicht schon eine geringe Zunahme der Niederschlagsmenge, um das Pflanzenwachstum drastisch zu steigern“, so Tjallingii.

Die Kreiselbewegung der Erdachse schwankt in Intervallen von etwa 23 000 Jahren. Die Feuchtperioden waren aber seltener: In den letzten 120 000 Jahren begannen sie etwa vor 110 000 Jahren, 85 000 Jahren und 10 000 Jahren und dauerten je rund 5 000 Jahre. Während der letzten Eiszeit, die vor 75 000 Jahren einsetzte und vor 15 000 Jahren endete, fielen die Feuchtperioden aus, weil es weltweit zu kalt und trocken war. *fk*



Aus der neuen Reihe WirtschaftsWoche Global: das zweisprachige Sonderheft China 2008.

Ab 06.10. überall im Handel.

**WirtschaftsWoche**  
Global