

WISSEN

Bakterien rufen vor allem Abscheu hervor. Viele Zeitgenossen wünschen sich nichts sehnlicher, als diese Lebensform ein für alle Mal zu tilgen. Doch einige Wissenschaftler haben Großes mit den Einzellern vor: Sie wollen aus ihnen Mikromaschinen konstruieren, die – wieder mal – ungeahnte Möglichkeiten eröffnen sollen. Mehr noch, sie wollen das Leben noch einmal erfinden und es dabei gleich verbessern. Die Werkzeuge dazu soll das neue Forschungsgebiet der »synthetischen Biologie« liefern.

»Aufbauend auf bisherigen Arbeiten in der Gentechnik, versucht die synthetische Biologie, biotechnische Anwendungen im großen Maßstab zu erweitern und deren Design einfacher zu machen«, beschreibt Bioingenieur Drew Endy vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) den neuen Ansatz. »Es gibt derzeit eine ungeheure Begeisterung, voll funktionsfähige Zellen am Reißbrett zu entwerfen.« Auch für die Grundlagenforscher eröffnet die Disziplin ganz neue Welten. Bisher haben die Molekularbiologen die Zellen in ihre kleinsten Einzelteile zerlegt und aus dieser Deonstruktion Theorien über die Funktionsweise gewonnen. Mit ihren Rekonstruktionen können die Wissenschaftler testen, ob ihre Annahmen richtig waren. In der aktuellen Ausgabe des Fachblattes *Nature* beschreiben Bioingenieure, wie sie Regulationsnetzwerke von Darmbakterien perfekt simulierten. Eine Art zweite Schöpfung im Labor hat begonnen.

Die Grundlage für diese Entwicklungen legten James Watson und Francis Crick 1953, als sie die molekulare Struktur der DNS aufklärten. Schon der Terminus »Bauplan« für das Erbgut deutet darauf hin, dass die Biologie dazu überging, die Zelle in den Metaphern des Industriezeitalters zu beschreiben. Die zwischen einem und zehn Mikrometer großen Gebilde werden als winzige Fabriken gesehen. Aber da ist niemand, der die Moleküle in Bewegung setzt, um die Lebensprozesse der Zelle zu starten und am Laufen zu halten. Permanent werden im Zellkern Abschnitte des langen DNS-Moleküls kopiert. Die Kopien werden dann im Zellinneren verteilt. Ein kleiner Teil der Kopien, etwa fünf Prozent, wird in eiförmige Ribosomen gesteckt, in diesen werden aus herbeigeschafften Aminosäure-Molekülen die Eiweiße gefertigt. Die Eiweiße wiederum transportieren andere chemische Verbindungen, bereiten sie auf oder versorgen die Zelle mit Energie.

Wie diese ungeheure Aktivität im Detail abläuft, verstehen die Biologen zwar noch nicht. Aber seit die Biotechnik die Grundbausteine des genetischen Codes aufschlüsseln kann, wächst das Wissen, welche Genabschnitte welche Proteine codieren. Genau hier setzt die junge Zunft der synthetischen Biologen an. Dem Maschinenparadigma folgend, werden Proteine und Botenmoleküle als Bauteile begriffen, die der Mensch beliebig verändern oder einfügen kann.

Was man damit jenseits bisheriger Anwendungen in Lebensmitteltechnik oder Pharmazieutik machen könnte, haben kürzlich der Biophysiker Christopher Voigt von der Universität San Francisco und seine Kollegen an einem einfachen Beispiel demonstriert: Sie veränderten ein Kolibakterium so, dass es an seiner Hülle einen lichtempfindlichen Sensor ausbildet. »Der auf Licht reagierende Teil des

Sensors kommt in Kolibakterien natürlicherweise nicht vor«, sagt Voigt. Indem sie aber ins Bakteriengenom chemisch zwei kurze DNS-Stränge einfügten, lösten sie die Produktion zweier Proteine aus, die die lichtempfindliche Komponente in dem Sensormolekül bilden. Fällt darauf nun Licht, wird eine chemische Reaktionskette in Gang gesetzt, die eine schwarze Substanz erzeugt. Die belichtete Zelle färbt sich dunkel. Auf diese Weise verwandelt sich eine Kultur aus Hunderten von Millionen Kolibakterien in einen biologischen Film. Belichtet man diesen, verwandelt sich der Bakterienrasen in ein kontrastreiches Abbild des Objektes.

Nun braucht in Zeiten der Digitalfotografie niemand eine Neuerfindung des herkömmlichen Films. Darum geht es den Forschern auch nicht. Sie wollen vielmehr mit solchen Experimenten den Ansatz der synthetischen Biologie vorführen. »Die ist in einem Stadium, in dem sich der klassische Maschinenbau vor 150 Jahren oder die moderne Halbleiterelektronik vor 30 Jahren befand, als man anfing, Bauteile zu standardisieren«, sagt MIT-Forscher Drew Endy. Also hob die kleine Schar der neuen Zellingenieure im vergangenen Jahr das »MIT-Verzeichnis biologischer Standardteile« aus der Taufe. In ihm sind gegenwärtig 2109 Gensequenzen gespeichert. Diese Baupläne sind die genetischen Vorlagen für diverse Zellmaschinenteile. Die so genannten Bio-Bricks sollen die Zellen in Mikromaschinen verwandeln, die Informationen verarbeiten, Nanomaterialien herstellen oder medizinische Diagnosen vornehmen.

Während solche Konzepte Zellen nur als »Chassis«, wie Endy es nennt, nutzen, dessen eingebaute Maschinenteile verändert werden, gehen Forscher wie Craig Venter – der Mann, der die Sequenzierung des menschlichen Genoms in einen medientauglichen Wettkampf verwandelte – einen entscheidenden Schritt weiter. Sie sind bereits dabei, komplette künstliche Zellen zu konstruieren. Venter arbeitet an einem künstlichen Bakterium, das im Unterschied zu einem Virus größer und komplizierter aufgebaut ist. So enthält ein Kolibakterium rund 60 Millionen Biomoleküle. Weil Effizienz oberstes Gebot ist, wollen die selbst ernannten Schöpfer jedoch ein »Minimalgenom« erschaffen. Der künstliche Einzeller soll gerade so viele Gene haben, dass er am Leben bleibt. Ausgangspunkt ist das einfachste bekannte Bakterium, *Mycoplasma genitalium*, das mit 515 Genen auskommt. »Unsere Studien deuten darauf hin, dass etwa 100 Gene jeweils für sich genommen



Projekt Genesis

Biologen wiederholen die Schöpfung im Reagenzglas. Künstliche Zellen sollen Arzneimittel produzieren, Energie liefern und Forschern als Werkzeug dienen

VON NIELS BOEING

verzichtbar sind«, schreiben Craig Venter, Clyde Hutchinson und Hamilton Smith in der Januar-Ausgabe von *The Scientist*, »aber wir wissen noch nicht, ob eine Zelle lebensfähig ist, wenn wir alle 100 auf einmal entfernen.« Sobald das Minimalgenom erst einmal bekannt ist, wollen die drei Forscher versuchen, diesen Bauplan in Moleküle umzusetzen. Dann würde das Kunstgenom in einen Container aus Fettmolekülen gehüllt, die nötigen chemischen Grundstoffe würden hinzugegeben, und schon soll die künstliche Zelle ihr Leben starten – falls es so einfach ist.

Weniger radikal geht der Biologe Nediljko Budisa vom Max-Planck-Institut für Biochemie vor. »Wir manipulieren die Interpretation des genetischen Codes«, sagt er. Zu diesem Zweck fügt er nicht – wie in der Gentechnik im Moment üblich – neue Sequenzen ins Genom, sondern er zwingt Zellen dazu, den natürlichen Code anders als bisher zu übersetzen. In sämtlichen irdischen Lebensformen werden Eiweiße aus nur 20 verschiedenen Aminosäuren gebildet. Aber mit einem Trick kann Budisa ein Bakterium dazu bringen, auch eine andere Aminosäure einzubauen – etwa Aminotryptophan statt Tryptophan. Dazu wird chemisch ein Gen »ausgeknoct«, das für den Aufbauprozess von Tryptophan aus Atomen und kleineren Molekülen nötig ist. Die Zelle kann dann nur noch 19 der 20 üblichen Aminosäuren herstellen. Gibt man nun das chemisch sehr ähnliche Aminotryptophan in die Zellumgebung, wird es als Ersatz in der Proteinsynthese überall da eingesetzt, wo der Gencode eigentlich Tryptophan verlangen würde. »Wir setzen die Zelle einem Darwinischen Selektionsdruck aus«, sagt Budisa. Weil sie überleben will, greift sie auf den Ersatzstoff zurück. Es öffnete sich ein ganz neuer Weg zur biologischen Herstellung umweltfreundlicher, genetisch kodierbarer Materialien oder Medikamente, der viel billiger und schneller sei als bisher.

Aber es steckt auch Missbrauchspotenzial in der synthetischen Biologie. Im Prinzip sei es vorstellbar, hoch infektiöse Bakterien zu entwickeln, die etwa die Proteinfaltung von Menschen verändern und auf diese Weise tödlich wirken, warnt Budisa. Das Ergebnis wäre eine ganz neue Klasse biologischer Waffen. Auch seine amerikanischen Kollegen sind sich – bei aller Begeisterung – solcher Gefahren bewusst. »Aber die Diskussionen werden noch bruchstückhaft geführt«, räumt der Molekularbiologe George Church von der Harvard Medical School ein.

Steve Benner von der University of Florida glaubt dagegen an die Schutzwirkung der Evolution, die irdisches Leben in Millionen von Jahren gestählt habe: »Die dreißigjährige Erfahrung mit genetisch veränderten Organismen hat gezeigt, dass sie im Vergleich zu ihren natürlichen Gegenstücken in natürlichen Umgebungen weniger fit sind.« Aber die Biomashinenbauer wären keine guten Ingenieure, wenn sie diesen kleinen Konstruktionsfehler ihrer Geschöpfe nicht beseitigen wollten. Aus reiner Begeisterung natürlich.

Weitere Informationen im Internet: www.zeit.de/2006/08/biobricks

Lernt Türkisch!

Rund ein Drittel aller Schüler in Deutschland stammt aus Migrantenfamilien. Die Schule hat darauf kaum reagiert Seite 40

Hü, Hott, hü

Alle in Brüssel fördern die Forschung – jeder gegen jeden

Europa forscht. Es versucht zu ergründen, wie es mit der Forschung verfahren soll. Solche Recherchen können ganz schön verwirrend geraten, wie diese Tage und Wochen zeigen.

Erstes Beispiel: Die Staats- und Regierungschefs der 25 Mitgliedsstaaten einigten sich im Dezember mühsam auf einen Haushaltsrahmen bis zum Jahr 2013. Doch die Ausgaben für Forschung und Entwicklung drohen im Kompromiss unter die Räder zu kommen, entgegen aller Schwüre, wonach die Zukunft in der Wissenschaft liege. Erst das Europäische Parlament fuhr dem Roststift in die Parade. Derzeit wird nachverhandelt, um zu sehen, welche Streichungen rückgängig gemacht werden können. Im Übrigen versicherten sich die EU-Mitglieder, ihre nationalen Forschungsbudgets bis 2010 auf drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts anzuheben. Davon sind fast alle noch meilenweit entfernt.

Zweites Beispiel: Vom kommenden Jahr an soll ein neuer europäischer Wissenschaftsrat, der European Research Council (ERC), darüber wachen, dass EU-Mittel zukunfts-trächtig ausgegeben werden. Bloß, wie passt das löbliche Projekt zum jetzt diskutierten European Institute of Technology (EIT), einem europäischen Gegenstück und Konkurrenten zum amerikanischen Massachusetts Institute of Technology, dem legendären MIT?

EU-Kommissionspräsident José Manuel Barroso will dafür bis 2013 zwei Milliarden Euro zur Verfügung stellen. Das Geld soll aus nationalen Zuschüssen, von der Wirtschaft und aus dem EU-Budget kommen. Anders als in der Vergangenheit wird nicht mehr an einen festen Standort gedacht; die Rede war von Straßburg, das so für einen möglichen Standort gesprochen, also einem Netzwerk nebst einer Verwaltungsstelle in Brüssel. Auf das Geld für das EIT hätte freilich der Wissenschaftsrat ERC wohl keinen Zugriff mehr.

Was um Himmels willen soll will Europa eigentlich? Psychologen mögen bei solchem Hü und Hott um Forschungsbudget und Forschungsstrukturen schnell ein Double-bind-Verhalten diagnostizieren. Nach der Regel: Ich liebe dich, ich schlage dich. Damit freilich endet dieser Vergleich.

Denn bei den genannten Fallbeispielen, alle gewiss gut gemeint und europäisch gedacht, hat es der Beobachter weniger mit einem psychischen Leidensphänomen als schlicht mit politischer Unentschlossenheit zu tun. Diese entspringt der hilflosen Überzeugung, dass es mit der EU-Ausgabenpolitik zwar so – das meiste Geld strömt auf grüne Weiden und nicht in graue Zellen – nicht länger weitergehen kann, dass aber die agrarlastigen Verpflichtungen der Vergangenheit mitgeschleppt werden müssen.

Aus einem solchen Zwiespalt sprießt die Vielzahl von Einrichtungen und Projekten, die alle dasselbe wollen sollen – und sich gegenseitig die Luft nehmen. Einfach atemberaubend!

JOACHIM FRITZ-VANNAHME

Warum wir Geheimnisse brauchen

Haben Sie etwas zu verbergen? Dann müssen Sie mit Neugier und Misstrauen rechnen. Geheimnisse zu haben gilt weithin als schädlich oder unmoralisch. Aber längst nicht alle Geheimnisse sind destruktiv. Im Gegenteil: Oft schützen sie uns vor Zumutungen oder zu viel Nähe. Ohne Geheimnisse gäbe es keine Autonomie – und übrigens auch keine glückliche Partnerschaft.

- Gesundheit: Die neue Medizin der Achtsamkeit
- Wirtschaft: Wie lässt sich der Korruption vorbeugen?
- Gesellschaft: Das Zeitalter der großen Wut
- Schadenfreude: Warum sie so wichtig ist

Jetzt bei Ihrem Zeitschriftenhändler

► SONDERTEIL IN DIESEM HEFT

Memory Talk: Das Geheimnis der Erinnerung

Woran und wie weit zurück können wir uns erinnern? Warum sind die ersten Jahre des Lebens gar nicht »gespeichert«? Der Schlüssel zum Gedächtnis ist die Sprache: Erinnern ist das Ergebnis von Kommunikation.

PSYCHOLOGIE HEUTE erhalten Sie auch bequem im Abonnement:

BELTZ Medien-Service Postfach 10 05 65 69445 Weinheim
Telefon 0 62 01-60 07-330
Fax 0 62 01-60 07-331
E-Mail medienservice@beltz.de
www.psychologie-heute.de

BELTZ