

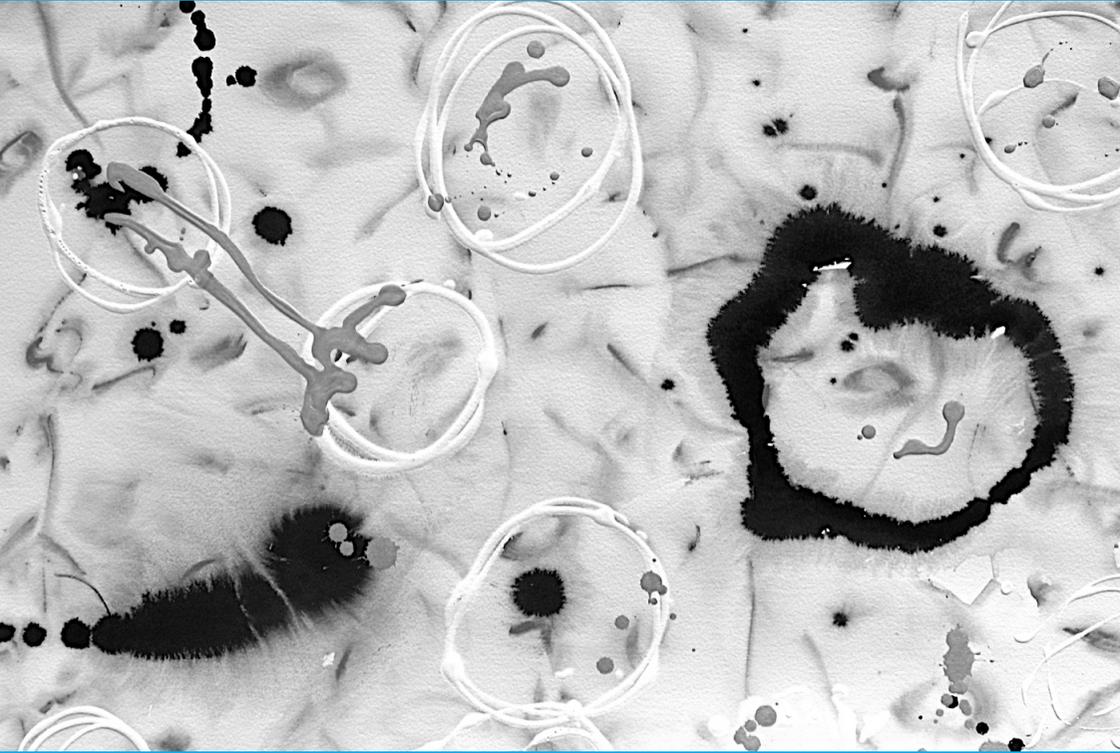
Gen-ethischer Informationsdienst

Dezember 2010

6,50 Euro

GID

Spezial Nr. 10



SYNTHETISCHE BIOLOGIE

Dieses Heft wurde erstellt mit freundlicher Unterstützung der



sag schweizerische arbeitsgruppe
gentechnologie

Inhalt

- 3 Synthetische Biologie**
Einführung
GID-Redaktion
- 8 Vom *Homo faber* zum *Homo creator* - oder doch nicht?**
Einige ethische Gedanken zur Synthetischen Biologie
Florianne Koechlin
- 14 Kommen Sie, lassen Sie uns Synthetische Biologie betreiben!**
Unsere Eltern vertrieben sich ihren Feierabend mit dem Basteln an Modelleisenbahnen. Werden unsere Kinder wie selbstverständlich an der Weiterentwicklung der Evolution beteiligt sein?
Benno Vogel
- 23 Was ist biologische Integrität?**
Plädoyer für eine strikte Regulierung der Synthetischen Biologie
Christoph Then
- 37 Unredliche Versprechen**
Neue „Energiepflanzen“
Birgit Peuker
- 41 Synthetische Biologie ...**
... vom technischen zum sozialen Konstruieren
Huib de Vrient im Gespräch mit Christof Potthof

kurz informiert:

Was ist ... **Systembiologie** ... (Seite 24) ... **metabolic engineering** ... (Seite 25) ... **eine Protozelle** ... (Seite 26) ... **ein biobrick** ... (Seite 28) ... **orthogonal chromosomes** ... (Seite 29) ... **ein Minimal-Genom** ... (Seite 30) ... **Artemisinsäure** (Seite 31) ... **GeneArt** ... (Seite 32)

Synthetische Biologie

GID-Redaktion

Das die Entwicklung der Molekularbiologie einfach stehen bleibt, damit war und ist nicht zu rechnen. Übergänge in neue Kapitel der Geschichte der Biologie sind da zwangsläufig der nächste Schritt. Ob wir uns derzeit in einer solchen Übergangsphase befinden oder bei der so genannten Synthetischen Biologie bereits angekommen sind, wird mit letzter Sicherheit vermutlich erst in ein paar Jahrzehnten festgestellt werden können. Eins ist jedoch schon sicher: Die Synthetische Biologie ist in aller Munde.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat sich - gemeinsam mit der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina als Nationale Akademie der Wissenschaften und acatech als Deutsche Akademie der Technikwissenschaften - 2009 mit einer Stellungnahme zur synthetischen Biologie zu Wort gemeldet.(1) Der Deutsche Ethikrat veranstaltete eines seiner Foren zur Bioethik (Februar 2010) zu diesem Thema, auf der Titelseite des Spiegel war sie auch schon. Die synthetische Biologie steht für 2011 und 2012 auf der Liste der neuen Projekte des Büros für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB).

Auch in den Nachbarländern sind diverse Berichte zum Thema verfasst worden, sei es in wissenschaftlichen beziehungsweise technischen Akademien wie in Großbritannien (2) oder in Ethikkommissionen, zum Beispiel in der Schweiz.(3) Unter dem Dach der Europäischen Union gab es bereits verschiedene Versuche, die Potenziale der synthetischen Biologie auszuloten. Genannt sei hier das Projekt TESSY (= Towards a European Strategy for Synthetic Biology), das in den Jahren 2007 und 2008 für die EU einen ersten Überblick der laufenden Aktivitäten im Bereich der synthetischen Biologie in Europa erstellte. Ein Teilprojekt von TESSY evaluierte auch Sicherheitsaspekte und ethische Fragen der synthetischen Biologie.(4)

Versuch einer Definition

In Versuchen, die synthetische Biologie zu definieren, fallen zunächst in der Regel die Begriffe „Gentechnik“ und „Molekularbiologie“, „synthetisierte DNA“ und „Ingenieurwissenschaften“. Nicht viel später wird häu-

fig die Systembiologie ins Spiel gebracht. Die Definition von DFG. Leopoldina und acatec entspricht diesem Schema:

„Wissenschaftler der unterschiedlichsten Fachrichtungen kommen zusammen, um biologische Systeme mit neuen, definierten Eigenschaften zu konzipieren. Dabei sollen die Systeme vornehmlich künstlich hergestellt bzw. nachgebaut werden, mit dem Ziel, neue biologische Komponenten sowie neuartige lebende Organismen, die in der Natur in dieser Form nicht bekannt sind, zu gewinnen. Geleitet von ingenieurwissenschaftlichen Prinzipien, werden dabei fortgeschrittene Methoden der Molekularbiologie, der rekombinanten Genetik [= Gentechnik - d. Red.] und der chemischen Synthese von biologischen Bausteinen vereint.“(15)

Manchmal wird das angezielte bessere Verständnis der Prozesse des Lebens stärker betont. So zum Beispiel in der Definition des EU-Projekts TESSY:

„The final definition applied within the project was Synthetic Biology aims to engineer and study biological systems that do not exist as such in nature, and use this approach for
- achieving better understanding of life processes,
- generating and assembling functional modular components,
- developing novel applications or processes.“(26)

Auch in einem Ausblick des TAB auf die geplante Folgenabschätzung wird der mögliche Wissenszuwachs betont. Es bestehe weitgehend Konsens darin, heißt es, dass „die Synthetische Biologie wesentlich zum Erkenntnisgewinn in der Grundlagenforschung beitragen“ könne. Genauere Definitionen sind kaum zu erwarten, weil die Abgrenzung zur bekannten Gentechnik nicht trennscharf ist.

Mit Blick auf die Neuheit der so genannten Synthetischen Biologie hält sich das TAB im Vorfeld seines Projektes mit einer Bewertung hierzu zurück und verweist stattdessen darauf, dass die Frage „[o]b es sich bei den verfolgten Strategien und angestrebten Resultaten eher um graduelle Unterschiede zur Gentechnik [handele] oder ob von einem qualitativen Sprung in der Biotechnologie gesprochen werden“ könne, „Gegenstand aktueller Diskussionen in Forschung und Wissenschaft“ sei. Bezeichnen derweise kommt eine im Rahmen von TESSY erstellte „kleine, persönliche Umfrage“ zu dem Schluss, dass „die meisten Menschen, die Synthetische Biologie im weiteren Sinne betreiben, davon bisher selbst noch nichts wissen“.(37)

Der erste synthetische Organismus?

So begann die Mitteilung im Mai diesen Jahres, mit der selbst ernannten Synthetischen Biologen um den Biohasardeur Craig Venter ihren ersten Erfolg verkündeten: „Wir berichten in diesem Artikel über das Design, die Synthese und die Zusammenführung des 1,08 Megabasen großen *Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0'-Genoms beginnend mit einer digitalisierten Genomsequenz-Information und seiner Transplantation in eine *M. capricolum* Rezipientenzelle, um so neue *M. mycoides* Zellen zu kreieren, die ausschließlich von einem synthetischen Chromosom kontrolliert werden.“ (Daniel G. Gibson et al. (2010): „Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome“. Science Express, 20.05.10, www.sciencemag.org)

Was heißt das? Ist die vermeintliche Sensation „Der Mensch erschuf 2010 erstmals künstliches Leben“ perfekt? Mitnichten.

„JCVI“ steht für das *J. Craig Venter Institute*. Dort haben Venters MitarbeiterInnen in 15 Jahre währender Arbeit eine 1,08 Millionen Basenpaare lange Basensequenz am Computer nach dem Vorbild des natürlich vorkommenden Bakteriums *Mycoplasma mycoides* zusammengestellt, anschließend chemisch synthetisiert und in eine Genom-lose Bakterienzelle eingesetzt. Und siehe: Das Bakterium lebte und vermehrte sich! Damit sei bewiesen, so Venter, dass die synthetische Biologie prinzipiell funktioniert (*proof of principle*).

Was die MitarbeiterInnen von Venters Forschungsinstitut aber *nicht* gemacht haben und was in der medialen Aufregung untergegangen ist, ist: Sie haben *keinen* Organismus neu geschaffen. Sie haben nicht mal eine einzige einzelne Zelle aus dem Nichts neu erschaffen. Sie haben „lediglich“ eine Bakterien-DNA künstlich mit ihren Maschinen synthetisiert. Die Basenabfolge haben sie bei einem anderen Bakterium, bei *Mycoplasma mycoides*, abgeschaut, diese haben sie mit einer Art genomischem Wasserzeichen versehen und „*Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0“ genannt. Dieses Genom haben sie dann in eine, zuvor von der eigenen DNA befreiten Zelle des Bakteriums *Mycoplasma capricolum* eingepflanzt.

Was ist also an diesem Organismus „synthetisch“? Synthetisch ist vor allem die biotechnologische Einschreibung, das „Wasserzeichen“, die besagt: Dieser Organismus ist neu! Er ist patentierbar und steht unseren kommerziellen Verwertungsabsichten zur Verfügung.

Eine andere Möglichkeit, zu einer Definition zu kommen, ist zu bestimmen, was synthetische Biologie alles *nicht* ist. Dazu zählen zum Beispiel: künstlich geschaffene höhere Lebewesen - also neuartige Pflanzen oder Tiere aus dem Labor, jedenfalls nach Einschätzung der genannten drei deutschen Wissenschaftsorganisationen DFG, Leopoldina und acatech. Diese schreiben: „Es ist weder Ziel noch ein für absehbare Zeit realistisch erscheinendes Ergebnis der Synthetischen Biologie, durch Synthese oder Manipulation neuartige höhere Lebewesen zu schaffen.“ (Herv.

d. Autors) Das liest sich wie eine Beruhigung für all diejenigen, die wieder einmal Frankensteins Monster aus der Petrischale steigen sehen, und lenkt davon ab, dass sehr wohl Ziel ist, synthetisch niedere Lebewesen herzustellen. Es geht letztlich sehr wohl darum, künstliches „Leben“ zu schaffen.

Über die Frage „Was ist Leben?“ haben sich diverse Mitmenschen heute und gestern Gedanken gemacht. Eine der sich an den biologischen Minimalanforderungen orientierende und in der Biologie allgemein anerkannte Definition versammelt drei Eigenschaften: die Aufrechterhaltung des Stoffwechsels, die Fähigkeit zur evolutionären Veränderung und die Fähigkeit zur Reproduktion. Nach den heutigen - allerdings nicht völlig unwidersprochenen - Erkenntnissen beziehungsweise Vorstellungen ist alles Leben, das die Erde bevölkert, mit der „Ursuppe“ und dem darin entstandenen ersten Leben oder dessen Vorläufern in direkter Linie verbunden. Leben entsteht aus Leben. Sollten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Ingenieure und Ingenieurinnen mit der synthetischen Biologie erfolgreich sein, wäre diese Definition nicht mehr ausreichend. Denn dann wird es schon bald - früher oder später - Leben geben, das *eben nicht* aus Leben hervorgegangen ist.

Die Versuche nähern sich derzeit bei einzelligen Organismen beziehungsweise Protozellen von zwei Seiten an einen kritischen Punkt. Der Prozess verläuft ähnlich dem in der Reproduktionsmedizin, mit deren Techniken wir vielleicht schon bald dazu in der Lage sein werden, ein Kind vollständig außerhalb der Gebärmutter zu entwickeln. Näher und näher kommen sich der Endpunkt des längstmöglichen Verbleibes der befruchteten Eizelle in einer Nährlösung im Labor und der frühestmögliche Zeitpunkt, an dem ein Embryo geholt oder geboren und durchgebracht werden kann. Analog dazu entwickeln manche WissenschaftlerInnen der synthetischen Biologie aus Bakterien gerade noch lebensfähige Minimalzellen auf der einen Seite, künstliche Zellbestandteile wie synthetisches Erbgut und biochemisch erzeugte Zellwände auf der anderen Seite. Je ausgefeilter die einzelnen Teilwege sich entwickeln, desto näher rückt der besagte Punkt, an dem es gelingen kann, neues Leben zu schaffen. Die Fähigkeit zur Synthese von Erbgut (DNA) und einer Zellhülle, die nicht durch Teilung und Wachstum entstanden sind, sondern aus ihren Bausteinen chemisch zusammengefügt wurden, und die wachsenden Erfahrungen mit dem Gemisch aus Nährstoffen, Proteinen und anderen Zellbestandteilen gelten als erste Voraussetzungen dafür, künstliche Organismen herzustellen.

Dieses künstliche *Leben* wird nicht in den nächsten zwei oder drei Jahren gebaut werden können. Nichtsdestotrotz gibt es gute Gründe zu glauben,

dass erst in einer solchen Zelle die synthetische Biologie wirklich zu sich selbst finden wird. Frei nach dem Motto, das viele der Beteiligten vor sich hertragen wie einen Schutzschild, dass wir nur das wirklich verstehen, was wir nicht nur auseinandergelassen, sondern auch (wieder) zusammengesetzt haben, hätte die Synthetische Biologie sich erst realisiert, wenn solches *Leben*, das nicht aus Leben hervorgegangen ist, sondern aus Chemie, also aus nicht belebter Materie, das Licht der Welt erblickt.

Die Richtung für den Umgang mit der Technologie ist vorgezeichnet, die Debatten um ethische Aspekte bleiben oft genug beschränkt. Huib de Vriente, Berater für Gen- und Biotechnologien in den Niederlanden, formuliert es wie folgt: „What I usually see is an analysis stating that we live in a pluralistic society, ending up in the neo-liberal conclusion that everybody should have the right to exercise her/his choice for moral reasons, which allows the technology developers to continue doing their business as usual.“

Die Frage „Was ist Leben?“ berührt unser Verhältnis zur Natur ebenso wie unser Selbstbild, insbesondere wenn wir uns als Teil eines Ganzen verstehen, das nicht zuletzt durch die Verbindungslinien des heutigen Lebens zu der Ursuppe zu diesem Ganzen geworden ist.

Vielleicht ist mit *Ehrfurcht* passend beschrieben, was in diesen Debatten keinen Platz hat, aber zum Beispiel in Diskussionsrunden zur so genannten Synthetischen Biologie oft im Raum steht. Das Unbehagen, das an diesem Punkt zu spüren ist, kann nicht automatisch oder reflexartig mit dem Imperativ von Forschung, Innovation und dem Lösen der großen Probleme der Menschheit hinweggewischt werden. Die großen Forschungsinstitutionen wollen die Synthetische Biologie vorantreiben. Aber die Frage „Was ist Leben?“ lässt sich nicht rein verwaltungstechnisch abarbeiten.

Fußnoten:

- (1) DFG, Leopoldina und acatech (2009): Synthetische Biologie. Stellungnahme und Standpunkte.
- (2) The Royal Academy of Engineering (2009): Synthetic Biology - scope, applications and implications.
- (3) EKAH (2010): Synthetische Biologie - Ethische Überlegungen. Bericht der Eidgenössischen Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich.
- (4) SYNBIOSAFE, im Netz unter: www.synbiosafe.eu. Siehe auch: Markus Schmidt, Alexander Kelle, Agomoni Ganguli-Mitra und Huib de Vriente (Herausgeber, 2009): Synthetic Biology. The technoscience and its societal consequences. Springer-Verlag.
- (5) DFG, Leopoldina und acatech (2009): Synthetische Biologie. Stellungnahme und Standpunkte.
- (6) TESSY (2008): Achievements and Future Perspectives in Synthetic Biology. TESSY Final Report. Im Netz unter: www.tessy-europe.eu. Herv. durch Autor hinzugefügt.
- (7) TESSY (2008): Achievements and Future Perspectives in Synthetic Biology. TESSY Final Report. Im Netz unter: www.tessy-europe.eu.

Vom Homo faber zum Homo creator - oder doch nicht?

Einige ethische Gedanken zur Synthetischen Biologie

Florianne Koechlin

Im Mai 2010 geriet Craig Venter wieder einmal in die Schlagzeilen. „Und der Mensch erschuf Leben“ kommentierte der Economist Venters Versuch, mit seinem Team ein künstliches Bakterium zu erzeugen. Nach Ansicht des Economist hätten sie damit erneut den Rubikon überschritten.

„Leben zu erzeugen, ist das Privileg der Götter. Tief in der menschlichen Psyche, was auch immer die rationalen Plädoyers von Physik und Chemie sein mögen, existiert eine Empfindung, dass Biologie anders ist, mehr als nur die Summe von Atomen, die sich herumbewegen und miteinander reagieren, dass Leben irgendwie durchdrungen ist von einem heiligen Funken, einer vitalen Essenz. Es kann ein Schock sein, dass gewöhnliche Sterbliche nun künstliches Leben hergestellt haben.“⁽¹⁾

Wir müssten uns darauf einstellen, dass in Zukunft neue Tiere und

Pflanzen am Computer entworfen würden. Das Experiment sei bedeutender als die „Zündung der ersten Atombombe“. Die Herrschaft des Menschen über die Natur habe eine neue Stufe erreicht.

Extreme Gentechnik

Venters Team synthetisierte Chromosomen des Bakteriums *Mycoplasma mycoides*. Dabei handelt es sich um das Bakterium mit dem bis dato kleinsten bekannten Erbgut. Die Wissenschaftler kauften von einer Firma tausende DNA-Basensequenzen. Diese deckten das gesamte Genom von *Mycoplasma mycoides* ab. Venter und seine Kollegen setzten die Einzelbausteine korrekt zusammen und transferierten dieses neu zusammengebaute Genom in ein anderes Bakterium, das *Mycoplasma capricolum*, dessen Genom sie zuvor entfernt hatten.

Doch hat Venters Team damit wirklich ein Lebewesen hergestellt? Das wurde von vielen bezweifelt, unter anderem von Martin Fussenegger, Professor für Synthetische Biologie an der ETH Zürich. In einem Brief an die Zeitschrift Nature, „Kein künstliches Leben“, vertritt er die Ansicht, dass das Team um Venter eine technische Meisterleistung vollbracht habe. Sie hätten aber eigentlich nur etablierte Technologien verwendet, indem sie all diese DNA-Sequenzen - die es auch in der Natur gibt - in der richtigen Reihenfolge zusammensetzten und in ein anderes Bakterium übertrugen. „Weil beim Venter-Papier konzeptionell nichts neu ist, geht es vor allem um eine ungeheure Fleißarbeit. Eigentlich ist es wie Stricken, jeder weiß wie es geht und jeder kann es auch, Venter hat nur einen Pullover in XXL-Grösse ohne Maschenfehler gestrickt. Das ist interessant. (...) Was man mit dem XXL-Pullover anfangen kann, ist bis jetzt nicht klar.“(2)

Es handelt sich also um eine Art „extremer Gentechnik“. Bereits vor Jahren hatte die kanadische Nichtregierungsorganisation ETC-Group das, was heute vielfach unter dem Label „Synthetische Biologie“ verhandelt wird, so bezeichnet.(3)

Was ist Synthetische Biologie?

Wie damals die Gentechnik wird auch die Synthetische Biologie mit großen Versprechen beworben. Für die nähere Zukunft könnten wir bessere Arzneimittel, weniger durstige Kulturpflanzen oder Öko-Benzin erwarten. Ganz zu Anfang der Debatte wurde mit Synthetischer Biologie die Schaffung von Leben verbunden: Mit Gentechnik werde Leben manipuliert. Mit Synthetischer Biologie werde Leben kreiert. Synthetische

Biologie beinhalte den Übergang vom *Homo faber* zum *Homo creator*.(4) Heute sind die Exponenten der Synthetischen Biologie vorsichtiger. Sven Panke von der ETH Zürich definiert die Synthetische Biologie zum Beispiel als die Vereinigung von Ingenieurwissen mit gentechnischem Wissen. Es gehe vor allem um Standardisierung und Automatisierung in der Herstellung ‚biologischer Systeme‘. Von ‚Lebewesen‘ ist bei ihm nicht mehr die Rede. Und doch schwingt immer noch mit, dass Leben letztendlich vollständig beschreibbar - und irgendwann auch synthetisierbar sein wird.

Es werden im Wesentlichen drei Ansätze der Synthetischen Biologie unterschieden: das Chassis-Modell, das Lego-Modell und die Synthese von DNA-Sequenzen. Beim *Chassis-Modell* (oder *Top-down-Ansatz*) wird das Genom eines bestehenden Lebewesens auf ein Minimum reduziert, so dass es unter Laborbedingungen gerade noch überleben kann. In das reduzierte Genom werden dann gezielt synthetische Module eingebaut (wie in ein Autochassis), so dass das Lebewesen die gewünschten neuen Funktionen erfüllt. Das aber ist ‚extreme Gentechnik‘, wie auch Venters Experiment; da wird kein Lebewesen synthetisiert.

Beim *Lego-Modell* (oder *Bottom-up-Ansatz*) werden wie bei einem Legobaukasten so genannte Biobricks zusammengesetzt, um neue Arten von Lebewesen zu erzeugen. Zuerst erfolgte die Zusammensetzung von DNA-Abschnitten, anschließend kämen schrittweise chemische Systeme dazu, bis ein vollständiges Lebewesen entsteht. Das wäre ‚Synthetische Biologie‘ - aber davon sind wir meilenweit entfernt. Die *Synthese von DNA-Sequenzen*, sowohl bekannter als auch neu entworfener, wird in der Gentechnik schon eine ganze Weile praktiziert. Heute ist das voll automatisiert. Es geht immer schneller und wird immer billiger.

Im Wortlaut „Synthetische Biologie“ klingt der Anspruch mit, neue Lebewesen zu synthetisieren (herzustellen). Was genau meinen diese Begriffe? Meint „synthetisieren“ (produzieren, kreieren) von Lebewesen, dass diese von Grund auf hergestellt werden? Dass also ein Lebewesen als Produkt synthetisiert werden kann? Ist es damit vergleichbar, wie ich im 3. Semester des Chemiestudiums im Fach „synthetische anorganische Chemie“ aus Ausgangsstoffen eine komplizierte chemische Substanz synthetisieren musste? Oder bedeutet „synthetisieren“ lediglich, dass mit der Technik der Synthetischen Biologie die notwendigen Bedingungen für Leben bereitgestellt werden? Das aber sei eine Verwechslung des Ergebnisses mit der Genese, schreibt der Basler Philosoph Andreas Brenner in seinem lesenswerten Buch „Leben. Eine philosophische Untersuchung“(5). Die Entstehung eines Lebewesens könne mit dem Vorliegen der sie ermöglichenden Merkmale nicht erklärt werden. Es

erinnere an die ordinäre Redeweise mancher Paare, ein Kind „gemacht“ zu haben. Auch hier finde eine Verwechslung des Ergebnisses mit seiner Genese statt.

Meint „neu“, dass die Produkte *ex nihilo*, das heißt aus dem *Nichts* erschaffen wurden? Oder eher, dass sie „neuartig“ sind? Doch auch mit der Gentechnik werden neuartige Lebewesen geschaffen: Es gab in der Natur noch nie eine Maispflanze, die dank bakterieller Gene das Gift des Bakteriums *Bacillus thuringiensis*, das Bt-Toxin produziert.

Die wohl schwierigste Frage ist aber: Was ist ein Lebewesen? Ist ein Lebewesen eine Form materiellen Seins, das sich nur durch seine Komplexität von anderem materiellen Sein unterscheidet? Ist Leben wirklich nur „eine spezielle Art von Chemie“, wie das Steven A. Benner in einem Artikel im *Nature* 2003 beschrieb?(6) Oder ist es so, dass Lebewesen nicht ausschließlich erklärbar sind in Bezug auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften? Gehört mehr dazu? Gibt es prinzipiell unbekannte Eigenschaften, die zum Leben gehören? Dann wäre es nicht möglich, Lebewesen in kontrollierbarer und berechenbarer Art und Weise herzustellen.

Leben ist mehr als die Summe der Gene

Diese Auffassung wird von vielen Lebens-Konzeptionen des zwanzigsten Jahrhunderts gestützt. Ein wichtiger Bezugspunkt ist dabei die Theorie der Autopoiesis, die in den sechziger Jahren von Humberto Maturana entwickelt wurde. „Auto“ heißt „selbst“, und „poiein“ bedeutet „machen“: Leben macht sich selbst, so Maturana. Leben hat die Kompetenz, sich selbst zu organisieren und zu entwerfen. Voraussetzung ist eine permanente Interaktion mit der Umgebung. Leben ist ein Prozess aus Kommunikation und Kognition. Laut der Theorie der Autopoiesis hat ein lebendiges System ein Selbst. Es kann nicht hergestellt werden, weil es sich selbst herstellt. Was Leben ist, versperrt sich einer Analyse „von außen“.

Dazu kommt: Lebewesen werden nicht durch ihre Gene determiniert. Gene sind zwar wichtig, doch weder Gene noch epigenetische Regelkreise determinieren das Geschehen. Zellen und Lebewesen sind komplexe, dynamische, sich entwickelnde und selbstorganisierende Systeme. Die Gene stehen im Dienst dieses größeren Ganzen.

Die Frage nach dem Wesen des Lebens ist eine der ältesten und wichtigsten Fragen sowohl in den Naturwissenschaften wie in der Philosophie. In einer Gesamtschau aller bisherigen Lebenstheorien erkennt Andreas Brenner zwei Hauptstränge. Auf der einen Seite finden sich mechani-

stisch-funktionale Modelle. Dabei erscheint Leben als eine Art Maschine, deren Wesen grundsätzlich verstanden werden kann, wenn erst einmal die wissenschaftlichen Instrumente zur exakten Untersuchung vorhanden sind. Descartes' Materialismus, die Anfänge der Gentechnik oder die Synthetische Biologie sind Beispiele dafür. Auf der anderen Seite stehen holistische Lebenstheorien, die davon ausgehen, dass allem Leben im Kern ein nicht erklärbares „Geheimnis“ innewohnt, was heute vielleicht als seine „ungeklärte Emergenz“ übersetzt werden kann. Dazu gehören die Autopoiesis, die Emergenztheorie, die Biosemiotik und die Kybernetik.(7)

Und wieder das Gendogma

Gegenüber diesen Theorien ist die Synthetische Biologie ein Riesenschritt zurück in die achtziger Jahre, als das simple Gendogma seinen Siegeszug feierte. Wir dachten, wir seien über diese reduktionistische Sichtweise hinweggekommen. Doch die Synthetische Biologie führt uns wieder mitten in sie hinein - mit allen Konsequenzen.

Synthetische Biologie scheint vor allem eine große PR-Offensive zu sein, ein unordentliches Konzept, das etwas radikal Neues suggeriert - ohne dies einzulösen. Es werden Milliarden in die ‚Synthetische Biologie‘ investiert, zuvorderst von den großen Öl- und Agrarkonzernen. Die Risiken für Mensch und Umwelt sind wohl größer als die von der Gentechnik bisher bekannten, vor allem, wenn manipulierte Mikroorganismen freigesetzt werden sollen. Auch zeichnet sich jetzt schon ab, dass einige wenige Große das Geschäft beherrschen werden; der Sturm auf Patente hat längst eingesetzt.

In der Öffentlichkeit kaum diskutiert sind die ethischen Auswirkungen. Synthetische Biologie impliziert eine instrumentelle Sicht auf Leben, die von Wissenschaft und Industrie starken Rückenwind erhält. Diese Grundhaltung beeinflusst unsere Wahrnehmung anderer Lebewesen, unsere Haltung und Beziehung ihnen gegenüber und generell zum Leben. Sie verändert letztlich auch das Selbstbild des Menschen. Die Reflexion des Lebensbegriffes ist eine ethische Herausforderung, die wir keinesfalls Venter & Co. überlassen sollten.

Und vor allem sollten wir nicht in das gleiche Horn blasen. Wir sollten nicht vor den Schrecken „neu kreierter Superorganismen“ warnen, oder davor, dass nun der Mensch zum *Homo creator* mutiert sei. Damit stolpern wir doch selber in die Falle einer Gen-zentrierten und reduktionistischen Sicht auf das Leben!

In den achtziger Jahren hatte die Frauenbewegung eine breite ethische

Diskussion um Machbarkeitsphantasien und Herrschaftsansprüche der damals noch jungen Gen- und Reproduktionstechnologien in Gang gebracht und das dahinter stehende Lebensbild in Frage gestellt. Es ist wieder einmal Zeit einzugreifen. Die Diskussion um die Synthetische Biologie sollte uns Anlass sein, die Auseinandersetzung darüber zu beginnen, was ein Lebewesen ist und ob ein solches hergestellt, kontrolliert und patentiert werden kann. Schließlich gilt auch in diesem Fall das Thomas-Theorem: Was die Wissenschaft als wirklich definiert, ist wirklich in seinen Konsequenzen.

***Florianne Koechlin** ist Biologin und Chemikerin. Sie ist Mitglied der Eidgenössischen Ethikkommission für Biotechnologie im Außerhumanbereich (EKAH), die sich drei Jahre lang mit der Synthetischen Biologie beschäftigt hat. Die Ergebnisse wurden im Mai 2010 in einem Bericht veröffentlicht, auf den sich die vorstehenden Ausführungen teilweise stützen.*

EAKH (2010): Synthetische Biologie - Ethische Überlegungen. Der Bericht ist erhältlich über www.ekah.admin.ch (auf Deutsch, Französisch, Englisch und Italienisch).

Fußnoten:

- (1) Vgl. „And man made life“, Economist, 20.05.10.
- (2) Vgl. www.ethlife.ethz.ch/archive_articles/100526_venter_kuenstl_genmom_per/index (27.5.10).
- (3) ETC-Group (2007): Extreme Genetic Engineering: An Introduction to Synthetic Biology, News Release, 16.01.07, www.etcgroup.org/en/node/602 (01.12.10).
- (4) Homo faber zum homo creator: Der Mensch als Techniker wird zum schöpferischen Hersteller des Lebens.
- (5) Band 3, hg. v. EKAH, Bern 2007. Das Buch ist im Internet zum Herunterladen frei verfügbar.
- (6) Benner, Steven A. (2003): Synthetic biology: Act natural, Nature 421, 118 (9 January 2003), doi:10.1038/421118a.
- (7) Vgl. Fn. 5.

Kommen Sie, lassen Sie uns Synthetische Biologie betreiben!

**Unsere Eltern vertrieben sich ihren Feierabend
mit dem Basteln an Modelleisenbahnen.
Werden unsere Kinder wie selbstverständlich an der
Weiterentwicklung der Evolution beteiligt sein?**

Benno Vogel

Die Biologie ist das beste Produktionswerkzeug, das wir je in den Händen hatten“, sagt Tito Jankowski. Er ist gelernter Softwareprogrammierer, arbeitet tagsüber bei einer Firma für Unternehmensberatung und frönt in seiner Freizeit der Do-it-yourself Biologie. Einer der Orte, wo er seinem Hobby nachgeht, ist eine Garage im Silicon Valley nahe von San Francisco. Dort hat er zusammen mit Freunden ein Labor eingerichtet, wohin er alle Interessierten dazu einlädt, gemeinsam zu experimentieren. Die Garage trägt den Namen BioCurious, eingedeutscht „bioneugierig“, und ist ein Gemeinschaftslabor für Biotechnologie. Geld und Geräte für dessen Einrichtung haben sich Tito und seine Freunde hauptsächlich im Internet beschafft. Sie haben sich zuerst bei kickstarter.com, einer online-Bühne für Kleinspender, eingeloggt und dort unter der Parole „Schließen Sie sich der Biotech-Revolution an“ Menschen gesucht, die Geld für die Einrichtung eines „Labors für Synthetische Biologie“ spenden. Mit dem Geld - 239 Gönner gaben ihnen insgesamt 35.000 Euro - sind sie dann auf online-Marktplätzen wie Ebay einkaufen gegangen. Was sich dort in gebrauchter Form alles finden ließ, steht jetzt in der Garage herum: Mikroskope, Autoklaven, Zentrifugen und dergleichen. Eines der wenigen neuen Geräte ist eine Maschine zur DNA-Vermehrung. Die hat Jankowski selbst gebastelt.

Knopfdruck-Biologie

Jankowski, der sich selber als DNA-Hacker bezeichnet, gehört zur wachsenden Schar der Menschen, die in ihrer Freizeit Do-it-yourself-Biologie betreiben. Sein Gemeinschaftslabor ist denn auch nur einer der in den letzten beiden Jahren eröffneten Räume, in denen sich die neue Bewegung trifft, um gemeinsam zu experimentieren. In Boston zum Beispiel gibt es das BOSSlab, in New York den Genspace, in Kopenhagen die Biologiegaragen und in Paris haben sie jüngst das BioHackLab gegründet. An allen diesen Orten spielt die Synthetische Biologie eine wichtige Rolle - vorerst noch ausschließlich in den Gesprächen, die dort geführt werden, doch schon bald soll sie auch beim gemeinsamen Experimentieren wichtig werden. Dass sich die Bewegung der Do-it-yourself Bioingenieure gleichzeitig mit dem Aufkommen der Synthetischen Biologie zu formieren beginnt, ist kein Zufall. Weshalb nicht, zeigt ein Besuch bei Andrew Hessel, der unweit von Jankowskis Garagenlabor Vorlesungen hält.

„Synthetische Biologie ist Informationstechnik. Sie wird unser Leben genauso verändern wie die Computertechnik“, sagt Hessel. Er ist einer der Vordenker - manche nennen ihn auch Prediger - der Synthetischen Biologie. Zu hören sind seine Zukunftsbilder an der Singularity Universität, einer 2009 mit Unterstützung von Google und der US-amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA eröffneten Sommerschule im Silicon Valley. Dort führt Hessel die Führungskräfte der Welt in das neuste Gebiet der Lebenswissenschaften ein.

Die bisherige Gentechnik ist für ihn lediglich Kochkunst, kompliziert zwar, aber undurchdacht und unreif. Die Synthetische Biologie hingegen lobt er als Ingenieurkunst. „Der Paradigmenwechsel ist der DNA-



„Safety is our highest priority“, sagt der junge Mann im Werbespot für iGinkgoBioworks. Zu sehen ist der Spot auf Youtube unter www.youtube.com/watch?v=q7fpwmQWCKA



„Tomorrows kitchen is the Lab“, sagt die junge Frau mit dem Glas in der Hand im Werbespot für GingkoBioworks. Zu sehen ist der Spot auf Youtube unter www.youtube.com/watch?v=q7fpwmQWCKA

Drucker“, sagt Hessel, wenn er in den Vorlesungen von den neusten Erfolgen der DNA-Synthese-Techniken berichtet und damit von den Fortschritten, welche die Synthetische Biologie überhaupt erst ermöglichen. Da die technischen Entwicklungen die Synthese von Genen fortlaufend schneller, genauer und günstiger machen, sollen sie schon bald das erlauben, was Hessel „Knopfdruck-Biologie“ nennt. Was er damit meint, verdeutlicht er, indem er Softwareprogrammierer von Microsoft zitiert: „Der ultimative Traum ist, diese Systeme auf einer hohen Abstraktionsebene mit Ingenieurswerkzeugen und Programmiersprachen zu entwerfen, dann auf einen Knopf zu drücken, um den Entwurf als DNA-Sequenz zu erhalten, die in lebenden Zellen zum Arbeiten gebracht werden.“ Übersetzt heißt das: Sie sitzen zu Hause vor dem Computer, entwerfen sich dort einen neuen Organismus, drücken dann auf den Knopf und aus dem Drucker flupst ihr synthetisches Lebewesen.

Ökosystem war gestern, heute ist Internet

Noch existiert der DNA-Heimdrucker erst im Kopf von Hessel. Doch seine Utopie zeigt, wie Softwareprogrammierer und Computeringenieure, die unlängst in die Synthetische Biologie gewechselt sind, das neue Forschungsfeld der Biologie beeinflussen. Ein Einfluss, der nicht nur bei den Visionen und den technischen Herangehensweise Spuren hinterlässt, sondern auch bei der Sprache und der Herausbildung jener Subkultur, in der Menschen wie Tito Jankowski außerhalb des akademischen und industriellen Komplexes Wissen und Technik produzieren wollen.

Der sprachliche Einfluss hört sich bei Hessel so an: Bakterien sind für ihn keine Lebewesen, sondern Informationspakete, in deren Innern Rechnungsprozesse ablaufen, weshalb denn auch aus gentechnischen Veränderungen Neuverdrahtungen werden. Wenn Hessel neue Bakterien

macht, kreiert er sie nicht, sondern er fährt sie hoch wie einen Computer. Was er in Bakterien einfügt, sind nicht mehr Gene, sondern Oszillatoren, Flip-Flop-Schalter oder Signalwege. Geht es um das Zusammenspiel der Proteine, spricht er nicht von Stoffwechselwegen sondern von sozialen Netzwerken „wie bei Facebook“. Und wenn Hessel in die freie Natur geht, sieht er dort kein Ökosystem, sondern ein „Internet der Lebewesen“.

Der kulturelle Einfluss wiederum spiegelt sich bei Hessel in einer der Fragen, die er gerne an sein Publikum stellt: „Wenn ich Ihnen sagen würde, dass Amateur-Biologen, die in Garagen arbeiten, bei der Heilung von Brustkrebs eine so große Rolle spielen könnten wie die Multimilliarden-Dollar großen Pharmakonzerne, würden Sie mir glauben?“ Hessel glaubt daran. Er ist nicht nur ein Vordenker der Synthetischen Biologie, sondern auch ein - in seinen Worten - „Aktivator“ der Do-it-yourself-Biologie. Als solcher will er in die Synthetische Biologie einbringen, was im subkulturellen Bereich der Informationstechniken schon länger existiert: den Hacker, der mit seinen geistigen und handwerklichen Fähigkeiten in der Garage am Leben rumbastelt; die Einrichtung von Gemeinschaftsräumen, in denen sich die Hacker treffen können, um gemeinsam zu experimentieren; das Selbstverständnis der open-source-Bewegung und somit das öffentliche Teilen von Materialien, Daten und Wissen; und schließlich die Überzeugung, dass sich mit Idealismus und Pioniergeist fernab der Labors der Universitäten und der Industrie Neues schaffen lässt.

Offener Quellcode für die Biologie

Einer der bisherigen Höhepunkte von Hessels Wirken ist die Mitgründung von Pink Army, der ersten Do-it-yourself-Pharmafirma der Welt. „Das ist ein Container, in dem sich Menschen, die ein Interesse an der Heilung von Krebs haben, treffen und ihre Leidenschaft, Fähigkeiten und andere Ressourcen fokussieren können“, sagt Hessel. Seine Aufgaben bei Pink Army bestehen darin, „Geschichten zu teilen und Kontakte zu knüpfen“. Erfüllen tut er diese Aufgaben unter anderem am Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston, wo er als Botschafter bei iGEM amtiert.

iGEM steht für *international genetically engineered machine* und ist der Name für eines der wichtigen jährlichen Ereignisse der Synthetischen Biologie: ein Wettbewerb, in dem Studenten aus aller Welt darum eifern, neue und möglichst attraktive biologische Systeme zu fertigen. Als einer der iGEM-Botschafter, die den neuen Teams jeweils als Helfer zur Seite stehen, erlebt Hessel in Boston nicht nur, wie der Wettbewerb jährlich

wächst - 2010 nahmen 128 Teams aus 25 Ländern teil, darunter auch fünf Studentencrews aus Deutschland; Hessel kann dort auch den Kontakt mit Tom Knight und Drew Endy pflegen, zwei der prominentesten Akteure der Synthetischen Biologie.

Knight und Endy kommen beide aus der Informationstechnik und gehören zu den ersten Forschenden, denen es gelungen ist, ein Virus mit synthetischem Erbgut herzustellen. Ihr Ziel, das sie oft in gemeinsamen Projekten verfolgen, lautet: Mit Hilfe der Synthetischen Biologie das Konstruieren von Lebewesen einfacher machen. Sie haben dazu nicht nur iGEM ins Leben gerufen, sondern auch das BioBrick-Register lanciert. In diesem Register sammeln und katalogisieren Forschende des MIT standardisierte Biobausteine - das sind genetische Grundelemente oder in den Worten von Hessel „die Legobausteine“, aus denen sich Leben zusammenfügen lassen soll. Mehr als 2.000 Biobricks finden sich bereits im webbasierten Katalog und Knight und Endy sorgen dafür, dass sie weder geheim gehalten noch patentiert werden, sondern offen zugänglich sind für alle. Die Idee dahinter ähnelt Linux: So wie eine weltweite Entwickler- und Nutzergemeinde das freie Computerbetriebssystem erstellt, soll die weltweite Gemeinde der Do-it-yourself-Biologen den offenen „Quellcode“ des BioBrick-Registers nutzen können, um jenseits hierarchisch strukturierter und kontrollierter Arbeitsverfahren umwälzende Innovationen zu schaffen.

Biopunk-Manifest

Ein weiterer Ort, an dem Hessel seinen Aufgaben nachgeht, befindet sich im Internet und trägt den Namen OpenWetWare. Die online Seitensammlung wirkt wie eine Art offenes Labortagebuch, wo die Elite Einblick in ihr Handwerk gibt und die Do-it-yourself-Biologen den Profis somit abschauen können, wie das geht mit der Synthetischen Biologie. Hessel kann hier nicht nur den Kontakt mit Knight und Endy vertiefen, sondern auch Menschen kennen lernen, die der Biopunk-Bewegung angehören - so zum Beispiel Meredith Patterson.

Patterson ist Softwareentwicklerin, Science-Fiction-Autorin und eine begeisterte Anhängerin der Do-it-yourself-Bewegung. Bekannt geworden ist sie in der Szene mit ihrem Projekt Melaminometer. Mit Hilfe der Gentechnik versucht sie dabei, Joghurt-Bakterien so zu verändern, dass sie zu leuchten beginnen, wenn sie mit dem Gift Melamin in Kontakt kommen. Das Ziel: ein günstiger Sensor zur Aufspürung des Giftes, an dem 2008 mehrere Babys in China gestorben sind, weil Milchpulver verunreinigt war.

Dass Patterson die Versuche nicht immer gelingen, nimmt sie gelassen. „In der Wissenschaft ist es normal, erst oft zu scheitern, bevor der Erfolg eintritt“, sagt sie. Nicht normal findet sie hingegen die Vorstellung, dass Wissenschaft nur in den Labors der Universitäten und Konzerne gemacht wird. Um das zu ändern, hat sie das Biopunk-Manifest verfasst. „Wir, die Biopunks, sind dazu bestimmt, die Werkzeuge der wissenschaftlichen Erforschung in die Hände jedermanns zu geben, der die Werkzeuge will“, schreibt Patterson im Manifest. Das Ziel, das sie erreichen will, ist, „die Welt zu einem Ort machen, den alle verstehen können“. Ihr Motto dazu lautet: „Komm, lass uns zusammen forschen.“

Das FBI guckt zu

Biopunks, Biohacker und Do-it-yourself-Biologen - die Bewegung ist derzeit sehr lebendig. Sie plant ihre eigene Zeitschrift, organisiert sich ihre eigenen Konferenzen und sie tummelt sich im Internet, wo sie sich nicht nur via Crowdfunding das Geld für ihre Projekte besorgt, sondern auch bloggt, twittert, podcastet und sich auf Facebook der Welt vorstellt. Einer der online-Treffpunkte, der momentan in der Szene besonders angesagt ist, ist diybio.org. 2008 in Cambridge, Massachusetts, gegründet verzeichnet die Seite bereits mehr als 2000 Mitglieder. Künstler, Bastler, ForscherInnen und Geschäftsleute treffen sich hier, um ihre Projekte vorzustellen, Tipps auszutauschen und Kontakte zu knüpfen. Online mit dabei dürften ab und zu auch Piers Millett und Edward You sein. Beide sind von Berufs wegen damit beschäftigt, für einen sicheren Umgang mit Organismen zu sorgen, und verfolgen deshalb aufmerksam, wie sich die neue Bewegung der Do-it-yourself-Biologen entwickelt. You ist Agent der US-amerikanischen Bundespolizei FBI und überwacht die



Szenen aus dem Spot über das Gemeinschaftslabor BioCurious in San Francisco. Zu sehen ist der Spot auf Youtube unter: www.youtube.com/watch?v=TSXFB1j1u1c

Garagenlabors in Deutschland?

Wissen Hobby-Gentechnologen, wie sie Bakterien und Chemikalien sachgerecht handhaben müssen? Kennen sie die Maßnahmen, mit denen sie ein Entweichen von gentechnisch veränderten Bakterien in die Umwelt verhindern können? Wenden sie diese Maßnahmen auch an? Und haben sie Notfallpläne, falls im Labor ein Unfall passiert? Das sind einige der Fragen, die sich Biosicherheitsbeamte stellen, wenn sie sich vorstellen, wie hunderte von enthusiastischen Biohackern in ihren Garagenlabors und damit außerhalb kontrollierter Bedingungen gentechnische Experimente durchführen. Wie stark dabei die Alarmglocken der Beamten läuten, hängt von der Sicherheitskultur ab, die in den Gesetzgebungen ihrer Länder vorgegeben ist. Längst nicht in allen Ländern ist es den Bürgern so wie in den USA erlaubt, einfache gentechnische Experimente zu Hause durchzuführen.

Dass es in Deutschland bisher noch keine Garagen- und öffentliche Gemeinschaftslabors von Do-it-Yourself-Gentechnikern gibt, dürfte unter anderem daran liegen, dass hierzulande die Sicherheitskultur der Vorsorge herrscht und gentechnische Experimente an Bakterien gewissenhaft reguliert sind. Festgehalten sind die Regeln in der EU-Richtlinie 2009/41, dem Gentechnikgesetz (GenTG) sowie der Gentechnik-Sicherheitsverordnung (GenTSV). Sie sorgen dafür, dass bei gentechnischen Versuchen Einschließungsmaßnahmen angewendet werden müssen, um die Bevölkerung und die Umwelt vor dem Kontakt mit gentechnisch veränderten Bakterien ausreichend zu schützen. Wer in Deutschland zum Beispiel in einem Garagen- oder öffentlichen Gemeinschaftslabor leuchtende *Escherichia coli*-Bakterien herstellen möchte, müsste den zuständigen Behörden den Ort der Versuche melden, dabei die Experimente genau beschreiben, eine Risikoabschätzung einreichen und den Nachweis erbringen, dass eine sachkundige Person für Biologische Sicherheit vor Ort ist, die unter anderem für die Einhaltung der vorgeschriebenen technischen und personellen Sicherheitsmaßnahmen sorgt.

Das Szenario, dass aus hiesigen Küchen, Kellern oder Garagen selbstgemachte Bakterien entweichen, die die Nachbarn oder die Umwelt gefährden, ist in Deutschland nur möglich, wenn sich Biohackers und Biopunks in der Illegalität bewegen.

Szene nicht nur online, sondern geht auch vor Ort und besucht die Studenten am iGEM und die Biohackers in ihren Gemeinschaftslabors. „Unsere Anliegen ist, dass keiner von Ihnen einem Risiko ausgesetzt ist und keine Ihrer wunderbaren Arbeiten für falsche Zwecke missbraucht wird“, erklärt You seine Aufgabe. Er preist seine Behörde als Wissensquelle an, aus der die Szene schöpfen soll, um ihre Freizeitaktivitäten sicher zu gestalten. Ähnlich klingt es bei Millet, der beim Büro zur Implementierung der Biowaffenkonvention der Vereinten Nationen arbeitet. Seine Botschaft an die Do-it-yourself-Bewegung ist: „Die Sicherung der Synthetischen Biologie ist nicht mein Job, sondern Euer Job. Mein Job ist es, Euch die Werkzeuge zur Sicherung zu geben.“ Millet schlägt den Amateur-Biologen einen Verhaltenskodex vor, „für bessere Sicherheit, die mehr Spaß erlaubt“.

Abiturienten-Biologie

„Ich bin wirklich erfreut darüber, Ihnen heute erzählen zu können, dass wir zusammen mit dem Woodrow Wilson Center damit begonnen haben, Sicherheitsnormen für die Amateure zu entwickeln“, sagt Jason Bobe im September 2010, als er an einem Treffen der Bioethikkommission von US-Präsident Obama die Anwesenden in die Welt der Do-it-yourself einführt. Bobe ist Biohacker, einer der Gründer von diybio.org und arbeitet daran, den Vorschlag von Millet umzusetzen. Bobe weiß, wie notwendig dies ist: „Noch gibt es keine gemeinsame Meinung, was die Belange der Bioethik und Biosicherheit betrifft. Und in gewissen Teilen der Szene dürfte das Bewusstsein für diese Belange sehr klein sein.“ Als Kenner der Szene weiß Bobe jedoch auch, dass die Do-it-yourself-Biologen derzeit kaum die Mittel dazu haben, in ihren Garagen-, Küchen- oder Kellerlabors etwas wirklich Gefährliches zu fabrizieren. Denn noch liegt die Synthetische Biologie außerhalb der Reichweite der Biohacker und auch, wenn es um gentechnische Experimente geht, stehen die Amateure in einem - wie es Bobe sagt - „sehr, sehr frühen Stadium“. Wie früh das Stadium ist, zeigt ein Blick zurück nach San Francisco ins Garagenlabor von Tito Jankowski. Einer der Versuche, die Jankowski dort mit seinen Freunden schon durchgeführt hat, ist: nur mit Hilfe von Küchenutensilien die DNA von Erdbeeren isolieren. In einem anderen Versuch haben sie Gentechnik betrieben und dabei Bakterien so verändert, dass sie fluoreszieren. Den Werkzeugkasten dazu haben sie sich im Internet beschafft - von einem Hersteller, der den Kasten normalerweise an Lehrer verkauft, die Abiturienten Biologie unterrichten.

Bürgerlabor statt Bürgerinitiative

Auch wenn sich die Bewegung der Do-it-yourself-Biologen erst zu formieren beginnt, in den USA hat sie bereits Anerkennung von oberster Stelle erhalten. „Die nutzbringende Natur der Forschung im Bereich der Lebenswissenschaften spiegelt sich in der verbreiteten Art wider, in der sie stattfindet: von den innovativen akademischen Instituten über die Forschungszentren der Industrie bis hin zu den privaten Labors in Kellern und Garagen“, steht in einem Strategiepapier des Weißen Hauses geschrieben.

Noch ist unklar, ob die Do-it-yourself-Biologen etwas Nützliches hervorbringen werden. Klar ist nur, dass die Synthetische Biologie dabei ist, eine Bewegung hervorzubringen, der es ums Mitmachen geht. Biohacker und Biopunks - sie wollen nicht mitreden oder mitentscheiden, was mit welchen Techniken für welche Zwecke in den Labors der Universitäten und der Industrie getan wird, sie wollen BigBio im Kleinen machen, gemeinsam mit Freunden. An die Stelle der Bürgerinitiative stellen sie das Bürgerlabor. Und indem sie die Biotechnologie „domestizieren“, wollen sie „der Gesellschaft dabei helfen, ihr natürliches Misstrauen gegenüber der Synthetischen Biologie zu mildern“.

Die Welt der Do-it-yourself-Biologen ist eine Welt der Technik-Enthusiasten, wie sie Andrew Hessel verkörpert. Wenn er seinem Publikum von iGEM, BioBricks, Melaminometer und seiner Knopfdruck-Biologie erzählt, muss er ziemlich oft sagen: „Hey, ist das cool.“

Benno Vogel ist Wissenschaftsautor mit besonderem fachlichen Schwerpunkt in den Themenfeldern Gen- und Biotechnologie (www.benno-vogel.ch).

Artikel:

Bonetta, L. (2009). *New citizens for the life sciences*. *Cell* 138: 1043 – 1045.
 Karberg, S (2009). *Genbastler allein zu Hause*. *Technologie Review* 11.
 Mooallem, J. (2010). *Do-it-yourself genetic engineering*. *The New York Times*.
 Nature Editorial (2010). *Garage biology*. *Nature* 467: 634.

Diybio im Web:

<http://diybio.org/>; www.diybiosea.org/; www.biopunk.org/

Gemeinschaftslabors:

BOSSLab Boston, <http://bosslab.org/>; Biocurious San Francisco; www.biocurious.org

Biopunk Manifest

<http://maradydd.livejournal.com/496085.html>

Diybio auf Youtube:

Open PCR-Projekt, www.youtube.com/watch?v=zrejvnVFZJE;
 DIYBio meet-up, www.youtube.com/watch?v=HcZtnT8mbaA

Was ist biologische Integrität?

Christoph Then

Mit der Synthetischen Biologie erreicht die biotechnologische Gestaltung des Lebens eine neue Dimension: Nimmt man den Anspruch ihrer Protagonisten ernst, so können in naher Zukunft künstliche Lebensformen geschaffen werden, deren Ausgangspunkt nicht die vorhandene biologische Vielfalt des Planeten ist, sondern deren Eigenschaften im Labor komplett neu entworfen werden. Dabei sollen zum Beispiel so genannte Biobricks wie Legosteine neu miteinander kombiniert werden, und der ‚genetische Code‘ soll um Elemente erweitert werden, für die es in der Natur keine Vorbilder gibt.

Testbiotech hat 2010 unter anderem in Zusammenarbeit mit dem Genethischen Netzwerk einen Aufruf gestartet, in dem neue vorbeugende Schutzkonzepte gefordert werden, um Mensch und Umwelt vor den Risiken der neuen Lebensformen zu schützen (siehe Kasten). Dabei stützt sich Testbiotech auf das Konzept der biologischen Integrität, verstanden als Evolutionsfähigkeit der biologischen Vielfalt. In dem Appell zur Synthetischen Biologie heißt es: „Es müssen gesetzliche Kontrollmechanismen etabliert werden, um die Eigendynamik und Evolutionsfähigkeit der biologischen Vielfalt zu schützen. Dem Eintrag von synthetisch hergestellten Organismen und Genen in die Umwelt muss wirksam vorgebeugt werden.“ Dieses Verständnis der biologischen Integrität wurde im Vorfeld mit verschiedenen Wissenschaftlern - zum Teil kontrovers - diskutiert. Dieser Text fasst einige Kernpunkte der bisherigen Diskussion zusammen.

Vorstellungen von Integrität in der Biologie

Der Begriff der Integrität wird in der Biologie auf unterschiedlichen Ebenen diskutiert. Zum Beispiel prüft Michael Hauskeller in seinem Buch „Biotechnologie und die Integrität des Lebens“, inwieweit sich aus diesem Begriff ein allgemeiner Vorbehalt gegen einen Eingriff in das Genom von Tieren ableiten lässt.(1) Hauskeller erkundet hierbei die Verbindung von Integrität und Würde. Er fragt nach dem Eigenwert leidensfähiger Tiere im Vergleich zu den Nutzungsinteressen des Menschen. Ein derartiger Ansatz kann wohl kaum herangezogen werden, um Schutzkonzepte auf einer abstrakteren Ebene der Biologie, der Evolutionsfähigkeit, zu begründen. Eine „Würde der Evolution“ oder der „Eigenwert der Biologie“ ist sprachlich und logisch nicht zu fassen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) diskutiert in ihrer Stellungnahme zur Synthetischen Biologie das Konzept der Integrität auf einer allgemeineren Ebene.(2) Sie fragt danach, ob der Mensch grundsätzlich berechtigt ist, in Lebensvorgänge einzugreifen, und kommt zu dem Ergebnis, dass Forderungen nach einem Schutz der Integrität nicht geeignet sein können, um grundsätzliche Vorbehalte gegen technische Eingriffe zu formulieren. Einwände, dass die Synthetische Biologie „durch die Herstellung neuartiger Lebewesen die Integrität der Natur zerstöre beziehungsweise die Ordnung der Lebewesen und Arten beschädige“, müssten zurückgewiesen werden:

„Auch Argumente, denen zufolge es ethisch problematisch ist, neuartige, also in der bisherigen Natur nicht vorkommende Lebewesen herzustellen, können in dieser Grundsätzlichkeit nicht überzeugen. So lässt sich

Was ist ... Systembiologie?

Arbeiteten die Molekularbiologen in der Vergangenheit vor allem an isolierten Teilen von Zellen soll in der Systembiologie das System Zelle in seiner Gesamtheit mehr in den Blick genommen werden. Im Moment ist die Systembiologie, wie auch die Synthetische Biologie, ein bunter Strauß von Methoden.

Was ist ... metabolic engineering?

Unter metabolic engineering (etwa: Metabolismus-Manipulation) wird die gentechnische Veränderung von Organismen verstanden, bei der in komplexerer Art und Weise in den Stoffwechsel (Metabolismus) von Organismen eingegriffen wird, als dies bei der Gentechnik der Fall ist. Ziel der Veränderungen sind die Einrichtung neuer Stoffwechselwege. Anders als zum Beispiel bei heute bekannten gentechnisch veränderten Pflanzen, denen oft nur ein Gen für ein bestimmtes Protein eingesetzt wird, werden beim metabolic engineering mehrere Gene eingesetzt. So sollen in dem GVO kompliziertere Stoffe hergestellt werden, für deren Produktion mehrere Schritte - und eben auch mehrer Gene - notwendig sind.

die Vorstellung von einer an sich integren Natur, die lediglich durch den Menschen gestört wird, kaum mit elementaren Erfahrungen von Selbstzerstörung der Natur, natürlicher Aggression, dem Vorkommen von Seuchen und schweren Krankheiten und so weiter in Einklang bringen. Überdies widerspricht die Idee einer fixen und sakrosankten Ordnung der Lebewesen und Arten bereits den natürlichen biologischen Phänomenen der Veränderung, der Durchmischung oder dem Aussterben von Arten.“

Unter Zurückweisung einer statischen Naturvorstellung verwirft die DFG, im Gegensatz zu Hauskeller, den Begriff. Biologische Integrität wird dabei reduziert auf die identische Erhaltung der biologischen Vielfalt. Diese Engführung des Begriffs dient dazu, den mit ihm verknüpften Schutzanspruch zu desavouieren.

Die Integrität von biologischen Systemen

Die Stellungnahme der DFG und der Ansatz von Hauskeller sind gut geeignet, um darzustellen, was mit dem Schutzkonzept, wie es von Testbiotech zur Diskussion gestellt wird, nicht gemeint ist. Weder bezieht sich der hier geforderte Schutz der biologischen Integrität auf die Ebene der Würde und des Eigenwerts des Individuums noch geht

Was ist ... eine Protozelle?

Unter einer Protozelle versteht man ein nach außen abgeschlossenes nicht lebendes System, das chemisch synthetisiert wurde und in dem bestimmte Eigenschaften lebender Zellen realisiert wurden. In dem System kann ein festgelegtes chemisches Milieu (Salzkonzentration, pH-Wert ...) herrschen. Hier können für Zellen charakteristische chemische Prozesse unter regulierten Bedingungen durchgeführt werden beziehungsweise ablaufen.

das Konzept von einer statischen Ordnung der Lebewesen und Arten aus, die es zu erhalten gelte. Das Konzept der biologischen Integrität bezieht sich vielmehr auf die „Eigendynamik und Evolutionsfähigkeit der biologischen Vielfalt“ und zielt auf den Schutz ökologischer Systeme, wie er bereits an anderer Stelle im Umweltschutz praktiziert wird.(3) Beispielsweise beschreiben Pimentel u.a. ökologische Integrität wie folgt: „Ecological integrity should be defined as an ecosystem’s undiminished ability to continue its natural path of evolution, its normal transition over time, and its successional recovery from perturbations.“(4)

In ähnlichem Sinne verwendet auch die Forschergruppe „The Jena Experiment“ den Begriff der Integrität für die Evolutionsfähigkeit der Biodiversität: „Biodiversität ist heute ein Schlagwort, das in vielen Zusammenhängen auftaucht, ohne dass es genau verstanden wird. Zum Teil wird es so oft strapaziert, dass einige Fachleute bereits andere Begriffe wie *biologische Integrität* oder schlicht *Komplexität* vorschlagen, um das zu erfassen, worum es eigentlich geht: das komplexe Netz von Beziehungen und gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Lebewesen der Natur und ihrer Umwelt. (...) Das Besondere an der lebenden Natur ist gerade die Fähigkeit, stets neue Formen hervorzubringen, mehr oder weniger erfolgreiche, je nach vorherrschenden Umweltbedingungen und dem Vorhandensein früher entstandener Formen. Dadurch ist Biodiversität gleichzeitig die lebende Natur selbst

und Voraussetzung für ihre eigene Weiterentwicklung und Anpassungs- und Evolutionsfähigkeit. (...) Das eigentliche Ziel könnte wohl nur sein, die Eigendynamik und Evolutionsfähigkeit der Biodiversität zu erhalten.“(5) Der Schutz eines Ökosystems (der natürlichen evolutiven Dynamik, der Biodiversität) mit dem Ziel, dessen Funktionsfähigkeit und „Integrität“ für die Zukunft zu bewahren, setzt nicht voraus, dass ein bestimmter Zustand des Ökosystems für ‚sakrosankt‘ und statisch erklärt wird. Es geht darum, Ökosystemen die Möglichkeit zu bewahren, sich an Veränderungen anpassen zu können, ohne dabei durch menschliche Fremdeinwirkungen zu ‚entgleisen‘. Die Möglichkeit von Lebewesen, sich im Rahmen von evolutionären Mechanismen durch Selbstorganisation und wechselseitige Anpassung zu entwickeln, kann als ein wesentlicher Aspekt ihrer ‚biologischen Integrität‘ angesehen werden. Diese biologische Integrität muss sowohl im Hinblick auf die zukünftige Evolution als auch im Hinblick auf die bestehende biologische Vielfalt geschützt werden. Broder Breckling schlägt für die Risikobewertung veränderter Organismen vor, in Analogie zum Schutz der Ökosysteme ein Konzept der „evolutionary integrity“ zu verwenden: „The concept of evolutionary integrity is relevant when transgenic DNA persists in gene pools of natural populations. It points to uncertainties how transgenes might interfere with the self-organisation of organisms and population dynamic implications.“(6)

Warum neue Schutzkonzepte?

Das Wissen um die Komplexität des Genoms und dessen Wechselwirkungen mit der Umwelt (auf der Ebene der Gene, der Epigenetik, des Metaboloms) hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Die Ansichten darüber, was ein Gen ist beziehungsweise eben nicht ist, haben sich gewandelt: Während noch vor wenigen Jahren angenommen wurde, dass die Funktionsweise des Genoms im Wesentlichen durch die DNA determiniert wird, zeigen Forschungsergebnisse der letzten Jahre, dass Genregulierung und zum Teil auch die Vererbung doch sehr viel stärker von der Umwelt geprägt werden. Insbesondere die Epigenetik ist in den Vordergrund getreten. Sie steuert die Entwicklung höherer Lebensformen und ist auch für die Vererbung und die Wechselwirkung zwischen Genom und Umwelt entscheidend.(7)

Je weiter die Forschung voran schreitet, desto schwieriger ist zu beantworten, was eigentlich als Gen bezeichnet werden soll und inwieweit Genaktivitäten und Genfunktionen vorhersagbar und steuerbar sind. Der australische Forscher John Mattick beschreibt Gene beispielsweise als „fuzzy transcription clusters with multiple products“.(8) Interaktio-

Was ist ... ein biobrick?

Biobricks sind die Grundbausteine des Lebens. Die einfachsten sind zum Beispiel Aminosäuren, aus denen Proteine aufgebaut sind. Alle natürlicherweise vorkommenden Proteine (Eiweiße) werden aus nur 22 verschiedenen Aminosäuren gebildet. Andere biobricks sind die so genannten Nukleinsäuren, die die DNS-Kette des Erbguts bilden. An einer bestimmten Stelle einer Nukleinsäure befindet sich jeweils eine Base. Vier Basen schreiben den Code des Lebens. Biobricks können auch komplexerer Natur sein, wenn sie zum Beispiel ein Teil von einem Gen sind und nicht für ein ganzes Protein kodieren (die Informationen in sich tragen), sondern nur für einen Teil dieses Enzyms, zum Beispiel eine chemische Bindungsstelle. Sie werden von den Protagonisten der Synthetischen Biologie mehr oder minder zentral gesammelt. Die natürlich vorkommenden biobricks werden um synthetische ergänzt. Diese Sammlung mit Informationen über die bisher bekannten biobricks findet sich im Internet unter <http://partsregistry.org/Main_Page>.

nen zwischen Genom, Epigenom und Umwelt folgen nicht-linearen, chaotischen Regeln und können nicht aus einzelnen Genen oder Ergebnissen aus dem Labor vorhergesagt werden. Die langfristigen ökosystemaren Folgen sind nicht ausreichend determinierbar.

An die Stelle der Vorstellung, dass Lebensprozesse durch bestimmte Strukturen in der DNA determiniert werden, ist ein Verständnis getreten, das sehr viel mehr von einer *Prozesshaftigkeit* der Lebensvorgänge ausgeht: Nicht einzelne Strukturen (Schrödingers „aperiodischer Kristall“) (9), sondern Wechselwirkungen von Genom, Zelle, Umwelt und komplexe Regulationsprozesse lassen die biologischen Phänomene entstehen. Die DNA ist schon in der ersten Zelle des Embryos komplett vorhanden, aber erst die Epigenetik entwickelt daraus Organe, den Körper, das biologische Individuum.

Diese Prozesshaftigkeit und die neue Komplexität sind auch für die Frage, was unter dem Begriff der biologischen Integrität verstanden werden soll, entscheidend und bei der Suche nach einem geeigneten Schutz- und Vorsorgeprinzip entsprechend zu berücksichtigen. Schutzwürdig ist weniger eine bestimmte Struktur des Genoms und oder eine bestimmte

Zusammensetzung der Arten als vielmehr die *Regulationsfähigkeit* des Genoms und die *Dynamik der Adaption* im Rahmen der Evolution.

Um welche Risiken geht es?

Was passiert, wenn künstlich konstruierte Organismen oder ihr Erbgut in die Umwelt gelangen und Teil evolutiver Prozesse werden? Können sich synthetische Gene und Organismen langfristig ausbreiten? Können die Ökosysteme und die künftige Evolution und ihre Mechanismen der Anpassung und Weiterentwicklung dadurch gestört oder beeinflusst werden? Können synthetische Organismen sich in der Umwelt ausbreiten und die Ökosysteme zum Kippen bringen? Tucker and Zilinskas beschreiben drei mögliche Risikoszenarien - die Verdrängung von anderen Arten, eine irreversible Persistenz und die Störung des ökologischen Gleichgewichts:

„Theoretically, three types of negative effects could result from releasing a synthetic microorganism into the environment. First, the organism could disrupt local biota or fauna through competition or infection that, in the worst case, could lead to the extinction of one or more wild species. Second, once a synthetic organism has successfully colonized a locale, it might become endemic and thus impossible to eliminate. Third, the synthetic organism might damage or disrupt some aspect of the habitat into which it was introduced, upsetting the natural balance and leading to the degradation or destruction of the local environment.“(10)

Was sind ... orthogonal chromosomes?

Ein Zweig der Synthetischen Biologie arbeitet auf der Erbgut-Ebene mit xenobiologischem (dem biologischen fremdes; xeno = fremd) Material. Das heißt es werden nicht nicht die Bausteine benutzt, aus der das Erbgut der natürlich vorkommenden Organismen aufgebaut sind; ein Chromosom besteht hier nicht aus DNA, sondern aus XNA. DNA und XNA unterscheiden sich chemisch. Das so kreierte Chromosom wird als orthogonal bezeichnet.

Ob und wann derartige Schäden tatsächlich auftreten werden, lässt sich schwer vorhersagen. Die ökologischen Risiken synthetischer Organismen lassen sich nur zum Teil aus ihren spezifischen technischen Eigenschaften abschätzen. Lebewesen, die über künstliche, hoch effektive Enzyme zur Zersetzung von Biomasse verfügen, könnten unter Umständen einen Überlebensvorteil gegenüber Mitbewerbern erringen und die ökologischen Systeme zum Vorteil oder zum Schaden anderer Organismen nachhaltig verändern.

Schwerer abzuschätzen sind Wechselwirkungen zwischen künstlichen Organismen und den Ökosystemen, die sich erst nach sehr langen Zeiträumen zeigen. Szenarien über Zeiträume von hunderten oder tausenden von Jahren sind hoch spekulativ, eine hinreichende wissenschaftlich Risikoabschätzung ist meist nicht möglich. Da die Wechselwirkungen im Genom und zwischen dem Erbgut und der Umwelt oft nicht linearen Ursache-Wirkungs-Gefügen folgen, lässt sich beispielsweise nicht abschätzen, ob künstliche Organismen unter bestimmten Umweltbedingungen invasive Eigenschaften offenbaren, die nicht direkt mit ihren ursprünglich intendierten technischen Eigenschaften zusammenhängen. Wie groß die Bandbreite möglicher Reaktionen ist, zeigt unter anderem die Systembiologie, die auch bei Organismen mit extrem kleinen Erbgut überraschend komplexe Regulationsmechanismen beobachtet. 2009 wurde in diesem Zusammenhang in Science eine interessante For-

Was ist ... ein Minimal-Genom?

Unter einem Minimal-Genom wird die für extrem reduzierte Lebensfunktionen notwendige genetische Grundausstattung eines Organismus verstanden. Ein Organismus mit einem theoretischen Minimal-Genom könnte zum Beispiel nur noch von einer ganz bestimmten Energiequelle leben. Die genetische Basis für die Anpassung an verschiedene Lebensumstände sind diesem Genom entnommen. Organismen mit Minimal-Genom werden als Chassis bezeichnet. In sie sollen in einem weiteren Manipulationsschritt neue Gene für einen gewünschten Zweck eingebaut werden, so dass der Organismus ganz und gar auf diesen „beschränkt“ ist.

Was ist ... Artemisinsäure?

Als eines der ersten Produkte der Synthetischen Biologie wird oft die Artemisinsäure angesehen. Sie ist ein Vorläufer des Malaria-Medikaments Artemisinin, das ursprünglich aus dem Einjährigen Beifuß (Artemisia annua) stammt. Bereits 2003 konnte ein Stamm des Bakteriums Escherichia coli in der Art gentechnisch verändert werden, dass es die Artemisinsäure produziert. Dabei wurde ein Stoffwechselweg in das Bakterium übertragen, an dessen Umsetzung acht verschiedene Gene beteiligt sind. Auch gv-Hefezellen können mittlerweile diesen Stoff herstellen. Nichtsdestotrotz lässt die Produktion im industriellen Stil auf sich warten.

V.J.J. Martin et al.: Engineering a mevalonate pathway in Escherichia coli for production of terpenoids. Nature Biotechnology, Juli 2003.

schungsarbeit zu *Mycoplasma pneumoniae*, einem der kleinsten Lebewesen, die im Labor gezüchtet werden können, veröffentlicht.(11) Das Bakterium hat nicht mehr als 700 Gene, eine Art Minimalausstattung für Lebensprozesse. *Escherichia coli* hat dagegen schon mehr als 4.000 Gene, Hefe über 6.000. Trotz der geringen Anzahl an Genen erwies sich die Regulation bei *Mycoplasma pneumoniae* als höchst komplex. Die Anpassungsfähigkeit des Organismus ist erstaunlich. Ähnlich wie wesentlich komplexere Lebewesen kann das Bakterium schnell und flexibel auf Änderungen in der Umgebung reagieren. Seine Genregulation arbeitet nach den gleichen Prinzipien wie die höherer Lebewesen.

Darin, dass sich die möglichen Folgen eines Eintrags von synthetischen Organismen oder Genen in die Evolution nur begrenzt aus den spezifischen technischen Eigenschaften der jeweiligen Organismen ableiten, sind sich Befürworter der Synthetischen Biologie, wie zum Beispiel die DFG, und Kritiker, wie zum Beispiel die Nichtregierungsorganisation ETC Group und die Ethikberater der Europäischen Kommission, EGE, im Wesentlichen einig.(12)

Was ist ... GeneArt?

Eine in Regensburg ansässige Firma ist weit über die Grenzen Deutschlands hinaus bekannt geworden, da sie zu den wichtigsten Lieferanten von synthetischen Genen und größeren synthetischen Erbgut-Abschnitten weltweit gezählt wird. GeneArt entstand 1999 als Ausgründung der Universität Regensburg. Die Firma lieferte auch an das Institut des bekannten Genomforschers J. Craig Venter. GeneArt wurde im Frühjahr 2010 von dem US-Laborausstattungs-Konzern Life-Technologies übernommen. GeneArt im Netz unter <www.genart.com>.

Vorbeugung oder Vorsorge?

Vorsorge und Vorbeugung betreffen zwei unterschiedliche Qualitäten der Unsicherheit und des Nichtwissens. Vorsorgemaßnahmen können ergriffen werden, wenn ein bestimmtes Risiko absehbar ist oder vermutet wird, dieses aber noch vollständig eingeschätzt werden kann. Vorsorgemaßnahmen betreffen oft nur vorübergehendes Nichtwissen: Die Maßnahmen zur Abwehr gelten so lange, bis man die bestehenden Unsicherheiten besser einschätzen kann. Dagegen kommt Vorbeugung auch dann zum Einsatz kommen, wenn generelles Nichtwissen über die Art der zu befürchtenden Risiken besteht und nicht zu erwarten ist, dass dieses Nichtwissen in absehbarer Zeit vermindert werden kann.

Die DFG ist der Ansicht, dass Freisetzungen von synthetisch hergestellten Organismen im Einzelfall durch das Vorsorgeprinzip kontrolliert werden können. Dafür müssten eventuell neue Methoden zur Risikoabschätzung entwickelt werden, es bestehe aber keine Notwendigkeit, auf Freisetzungen ganz zu verzichten: Mit „der Neuentwicklung von synthetischen Organismen eröffnen sich noch wenig erforschte Unsicherheitsspielräume, die einen sorgfältigen Umgang erforderlich machen. Vor allem bei hoher Komplexität und Unsicherheit sind die Regeln des Vorsorgeprinzips anzuwenden. Darunter fallen vor allem das Prinzip des

‚containment‘ von Anwendungen (räumliche oder zeitliche Begrenzung), ein intensives Monitoring der Folgen und eine flexible, problemgerechte Anpassung der Regulierung an die empirische Praxis. Für die Beurteilung der Folgen sind Szenarien zu erarbeiten, die auch unbeabsichtigte Schädigungen von Menschen, Landwirtschaft und Umwelt berücksichtigen.“ Letztlich könne man vor Freisetzen eine Abwägung auf Grundlage der bestehenden gesetzlichen Bestimmungen vornehmen: „Für absichtliche Freisetzungen von Organismen der Synthetischen Biologie, für die kein charakterisierter Referenzorganismus in der Natur existiert, ist vor der Genehmigung einer Freisetzung in die Umwelt die Etablierung neuer Evaluationssysteme (...) zur Risikoabschätzung zu erwägen. Hier bietet das Gentechnikgesetz die Grundlagen für die Charakterisierung dieser Organismen, damit eine sinnvolle Risikobeurteilung durchgeführt werden kann.“ (13)

Ähnlich argumentiert die Ethik-Beratergruppe der Europäischen Kommission, wenn ihre Empfehlung auch sehr viel vorsichtiger klingt: „Die Gruppe empfiehlt, dass vor der Freisetzung eines im Rahmen der synthetischen Biologie hergestellten oder modifizierten Organismus‘ in die Umwelt Langzeitstudien zur Umweltverträglichkeit durchgeführt werden müssen. Die Daten aus diesen Studien sollten dann unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips und der in der EU-Rechtsprechung vorgesehenen Maßnahmen (Richtlinie für die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt) bewertet werden. Fällt die Bewertung negativ aus, sollte keine Genehmigung zur Freisetzung von hergestellten oder modifizierten Organismen erteilt werden.“ (14)

Das von der DFG und der EGE bemühte Vorsorgeprinzip kommt in der EU bereits bei der Risikoabschätzung gentechnisch veränderter Organismen (GVO) zur Anwendung. Artikel 23 der EU Richtlinie 2001/18 sieht vor, dass Mitgliedsländer, die „aufgrund einer Neubewertung der vorliegenden Informationen auf der Grundlage neuer oder zusätzlicher wissenschaftlicher Erkenntnisse berechtigten Grund zu der Annahme [haben], dass ein GMO als Produkt oder in einem Produkt (...) eine Gefahr für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt darstellt“, dessen Einsatz oder Verkauf vorübergehend einschränken oder verbieten können. In der Praxis können derartige Vorsorgemaßnahmen erst dann ergriffen werden, wenn bereits konkrete wissenschaftliche Hinweise für entsprechende Risiken vorliegen. Nichtwissen oder fehlende wissenschaftliche Möglichkeiten, eine ausreichende Risikoabschätzung durchzuführen, sind nach diesen gesetzlichen Bestimmungen nicht ausreichend.

Wie kann das Prinzip der Vorsorge auf Organismen übertragen werden, deren langfristiges ökologisches Verhalten nicht ausreichend bestimm-

bar ist, um konkrete Risiken zu begründen oder auszuschließen? Zwar sind die Risiken wie die Verdrängung von anderen Arten und die Störung des ökologischen Gleichgewichts durchaus beschreibbar. Aber es ist nicht mit ausreichender Sicherheit möglich, diese Risiken konkreten Organismen oder bestimmten Bedingungen zuzuordnen. „Nichtwissen“ erhält hier eine neue, grundsätzliche Dimension. Gegenüber der Position der DFG und der EGE ist also einzuwenden, dass es angesichts der Komplexität der Lebensvorgänge und der wissenschaftlichen Unmöglichkeit, das Verhalten von Organismen über lange Zeiträume hinweg mit genügender Sicherheit abschätzen zu können, nicht ausreichend sein kann, sich nur gegenüber bereits absehbaren Risiken abzusichern.

Im Hinblick auf eine wirkungsvolle Begrenzung der Risiken sollte vor diesem Hintergrund an die Stelle des Prinzips der *Vorsorge* ein Prinzip der *Vorbeugung* gesetzt werden: Wenn lebende Organismen - seien sie nun gentechnisch verändert oder synthetisch - mit neuen Eigenschaften produziert werden, muss deren Anwendung sowohl räumlich als auch zeitlich begrenzt, das heißt rückholbar sein.

Testbiotech ist der Ansicht, dass das Schutzziel der *biologischen Integrität* als vorrangig behandelt werden muss. Es geht demnach nicht nur darum, im Einzelfall spezifische Risiken der Organismen zu prüfen und auf dieser Grundlage eine Entscheidung zu treffen. Vielmehr muss einem Eintrag von synthetischen Lebensformen in offene Ökosysteme vorgebeugt werden. Wie Ökosysteme vor dem Eintrag langlebiger chemischer Stoffe und deren Akkumulation geschützt werden sollen, ergibt sich aus dem Konzept der biologischen Integrität: Ein Eintrag von synthetischen und technisch umgebauten, das heißt nicht von der Evolution geprägten, Organismen und Gene in die Umwelt ist grundsätzlich zu vermeiden.

Rückenwind erhält das Konzept der Vorbeugung durch jüngste Beschlüsse der internationalen Artenschutzkonferenz 2010 in Japan, die sich für eine stärkere Bekämpfung invasiver Arten ausgesprochen hat und damit das Schutzbedürfnis der Ökosysteme gegenüber dem unkontrollierten Eintrag neuer Spezies betont. (15)

Christoph Then ist Mitgründer und Geschäftsführer der Nichtregierungsorganisation Testbiotech. Testbiotech im Internet unter: www.testbiotech.org.

Fußnoten:

- (1) Hauskeller, M. (2009). *Biotechnologie und die Integrität des Lebens*. Zug u.a.: Die Graue Edition.
- (2) DFG, Deutsche Forschungsgemeinschaft (2009). *Synthetische Biologie, Stellungnahme, gemeinsame Veröffentlichung mit acatech, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Nationalen Akademie der Wissenschaften*, Weinheim: WILEY-VCH Verlag.
- (3) Then, C., Hamberger, S., (2010). *Synthetische Biologie und künstliches Leben - Eine kritische Analyse*, ein Testbiotech Report, www.testbiotech.org.
- (4) Pimentel, D., Westra, L. & Noss, R. F., (Hrsg.) (2000). *Ecological Integrity. Integrating Environment, Conservation, and Health*, Washington, D.C.: Island Press.
- (5) Vgl. www2.uni-jena.de/biologie/ecology/biodiv/einfuehrung.html, Verfasser: Prof. Dr. Bernhard Schmid, Institut für Umweltwissenschaften, Universität Zürich, www.unizh.ch/uwinst.
- (6) Breckling, B. (2008). Evolutionary integrity – an issue to be considered in the long-term and large-scale assessment of genetically modified organisms. In: Breckling, B., Reuter, H. & Verhoeven, R. (2008). *Implications of GM-Crop Cultivation at Large Spatial Scales. Theorie in der Ökologie 14*. Frankfurt/M: Peter Lang.
- (7) Jablonka, E. & Raz, G., (2009). Transgenerational epigenetic inheritance: Prevalence, mechanisms and implications for the study of heredity and evolution, *The Quarterly review of Biology*, Vol. 84, No. 2, S. 131-176.
- (8) Mattick, J. S. (2003). Challenging the dogma: the hidden layer of non-protein-coding RNAs in complex organisms, *BioEssays*, 25, S. 930-939.
- (9) Schrödinger, Erwin (1946). *Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet*. Bern: Francke. Im Orig. erschienen 1943.
- (10) Tucker, J.B. & Zilinskas, R.A. (2006). The promise and perils of synthetic biology, *New Atlantis*, 12, S. 25-45. Online einsehbar unter www.thenewatlantis.com/publications/the-promise-and-perils-of-synthetic-biology.
- (11) Yus, E., Maier, T., Michalodimitrakis, K., van Noort, V., Yamada, T., Chen, W., Wodke, J., Guell, M., Martinez, S., Bourgeois, R., Kuhner, S., Raineri, E., Letunic, I., Kalinina, O., Rode, M., Herrmann, R., Gutierrez-Gallego, R., Russell, R., Gavin, A., Bork, P., & Serrano, L. (2009). Impact of Genome Reduction on Bacterial Metabolism and Its Regulation. *Science*, 326 (5957), S. 1263-1268 DOI: 10.1126/science.1177263.
- (12) ETC Group (2007). *Extreme genetic engineering. An introduction to Synthetic Biology*. ETC Group, Ottawa, Canada. www.etcgroup.org/upload/publication/602/01/synbioreport_web.pdf; EGE, European Group on Ethics in Science and New Technologies to the European Commission (2009). *Ethics of synthetic biology*, Opinion No. 25, http://ec.europa.eu/european_group_ethics/index_en.htm.
- (13) Vgl. Fußnote 2.
- (14) Vgl. EGE, Fußnote 12.
- (15) Vgl. „20-Punkte-Programm der Uno-Konferenz. Die Wunsch-Welt im Jahr 2020“, Spiegel Online, 28.10.10.

Aufruf:

Schutz der Umwelt vor Synthetischen Organismen

Forderungen:

1. Eine umfassende Untersuchung der Risiken synthetischer Organismen für Mensch und Umwelt und eine ausführliche Diskussion ethischer Fragen.
2. Striktere gesetzliche Regelungen, Verbote und wirksame Kontrollen zum Schutz der Umwelt vor synthetischen Lebewesen und deren künstlichen Genen.
3. Die Erfassung und laufende Kontrolle der Firmen und Forschungseinrichtungen, die Gene oder Organismen synthetisieren oder diese verwenden, um beispielsweise der Produktion gefährlicher Krankheitserreger und Biowaffen vorzubeugen.
4. Ein Moratorium bei staatlichen Fördermaßnahmen.

Der Aufruf kann bis auf Weiteres unterzeichnet werden. Unterschriftenlisten - auch zum Beispiel für Veranstaltungen - und die Gelegenheit, online zu unterschreiben, finden sich unter **www.testbiotech.org**.

Unredliche Versprechen

Neue „Energiepflanzen“

Birgit Peuker

In den letzten Monaten sind drei kritische Broschüren erschienen, die sich der Verbindung zwischen Energieproduktion und Synthetischer Biologie widmen. (1) Synthetische Biologie wird dabei als Teil einer „Bio-ökonomie“ dargestellt, die fossile Rohstoffe durch lebende Pflanzen ersetzen möchte. Nach der Lektüre wird deutlich, dass die synthetische Biologie eigentlich nur eine Technik unter vielen (auch konventionellen) Techniken ist, die alle nur ein Ziel haben: Energieproduktion zur Erwirtschaftung von Profit und nicht für eine zukunftsfähige gesellschaftliche Entwicklung. Energieeinsparung kommt in den Plänen der vorantreibenden Unternehmen nicht vor.

Die Broschüren zielen auf einen alt bekannten Mythos: die Technik als Heilsbringer in der Krise. Im Fall von so genannten Energiepflanzen lautet das Versprechen, die neue Technologie würde eine klimafreundliche und CO₂-neutrale Energieproduktion möglich machen. Der erste Hype um Energiepflanzen ist zwar abgeebbt. So wurde wiederholt und von unterschiedlichen Studien vorgerechnet, dass die ackerbauliche Nutzfläche nicht reichen würde, um den Energiehunger von Menschen, ihren Automobilen und Kraftwerken gleichzeitig zu stillen.

Die zweite Generation und ihre Akteure

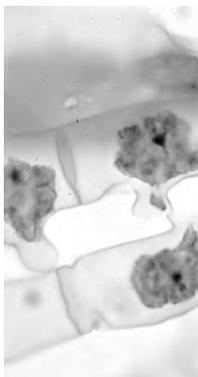
Nun werden also übergroße Hoffnungen in Kraftstoffe der zweiten Generation gesetzt, die - so die Versprechen - nicht mehr des Ackerbaus bedürfen und nicht in Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion treten. Biokraftstoffe der 2. Generation sollen nämlich als Grundstoffe organische Abfälle wie Stroh, Holzreste, Abfallprodukte aus der Agrarwirtschaft, Altholz, Sägerestholz und minderwertiges Waldholz nutzen. Hinzu kommen schnell wachsende Pflanzen und Holzsorten, die auf Feldern angebaut werden könnten, die stillgelegt sind. Mikroorganismen spielen eine entscheidende Rolle in dieser Strategie. Um die verschiedenen unzugänglichen Pflanzenmaterialien chemisch aufzuspalten, braucht man Enzyme. Diese sind teuer in der Produktion - oder man bastelt sich Mikroorganismen zusammen, die die Verarbeitung der pflanzlichen Rohstoffe selbst besorgen. An dieser Stelle richten sich die Erwartungen an die Synthetische Biologie.

Jedoch sind dies wieder einmal nur Zukunftsträume, die Realität sieht anders aus. Bislang befinden sich die entsprechenden Technologien im Entwicklungsstadium und sind weit entfernt von der Marktreife. Dennoch hatten und haben die Versprechungen und luftigen Visionen reale Auswirkungen: Sie haben schon jetzt die Begründung für voluminöse Investitionen in die Forschung geliefert - sowohl von Privatinvestoren als auch von Seiten der öffentlichen Hand. Die ETC Group spricht in ihrem Bericht von 19 Milliarden US-Dollar, die im Jahr 2007 in biogene Kraftstoffe investiert wurden. Nach Schätzungen der Weltbank und der Global Subsidies Initiative (GSI) fließen jährlich öffentliche Gelder in Höhe von ca. 15 Milliarden US-Dollar (incl. Subventionen) in die neue Strategie.

Die Hauptakteure im Wettlauf um synthetische Kraftstoffe sind vor allem die Ölfirmen. Sie sind an den entsprechenden Technologien interessiert, da ihnen in absehbarer Zeit das Öl ausgeht. Viele dieser Firmen (kleinere noch unbekannte Start Ups) werden in den drei Broschüren vorgestellt. Ebenso die Kooperationsbeziehungen, welche die größeren und bekannteren Unternehmen - wie BP, Dow Chemical, Shell, General Motors, Exxon - mit diesen kleinen Unternehmen eingegangen sind. Sie sind es nämlich, die eigentlich die Fäden in der Hand halten.

Die Algen-Mär

In den „Werbefroschüren“ dieser Unternehmen und Firmenkooperationen wird zumeist der Eindruck erweckt, dass biologische Kraftstoffe



der zweiten Generation sauberer seien als die der ersten. Das Standardargument lautet, dass synthetische Algen Energie produzieren, ohne wertvolle Nutzfläche für die Nahrungsmittelproduktion zu beanspruchen. Ist es nicht wunderbar, dass Algen als eine Art Mini-Kraftwerk allein aus Sonne Kraftstoffe produzieren könnten? Grund und Boden könnte man dann aus der Liste der klassischen Produktionsfaktoren streichen.

Derlei Behauptungen gehen an der Realität vorbei - darin sind sich alle unabhängigen Autoren einig. So zeigen Friends of the Earth, dass auch die Produktion von Algenteppichen Fläche beansprucht und vor allem Wasser, dass immer knapper wird: „Algae production consumes more water and energy than other biofuels sources like corn, canola and switchgrass, and also has higher greenhouse gas emissions. [...] Moreover scaling-up this technology in the least energy-intensive manner will likely need large open ponds sited in deserts, displacing desert ecosystems.“ Ganz zu Schweigen von den Risiken einer Freisetzung der künstlichen Algen.



Das Beispiel Amyris

Aber auch andere Formen der synthetischen Biologie benötigen pflanzliches Material, das vorher irgendwo wachsen muss, um es in seine Bestandteile zerlegen zu können. Um die Verbindung zwischen Ölfirmen und dem Agrobusiness exemplarisch zu verdeutlichen, konzentriert sich die Broschüre von Friends of the Earth in einem ausführlichen Firmenporträt auf die Firma Amyris. Amyris ist eine der bekanntesten Firmen im Bereich der synthetischen Biologie. Ihre Gründung wurde durch die Bill und Melinda Gates Stiftung ermöglicht, die für diesen Zweck 43 Millionen US-Dollar bereit stellte.

Amyris entwickelte ihr technisches know-how im medizinischen Bereich. Durch die Verwendung von genetisch manipulierten Mikroorganismen für die Herstellung des Grundstoffes des Malaria Mittels Artemisinin konnte sich die Firma einige Erfahrung mit der Arbeit mit Mikroorganismen aneignen (siehe Seite 31).

Nun arbeitet die Firma im Bereich synthetischer Kraftstoffe. Sie forscht daran, jedes beliebige Pflanzenmaterial in seine Bestandteile (50.000 unterschiedliche Isoprenoide) zu zerlegen und zu brennbaren Kohlenwasserstoffen zusammenfügen zu können. Der Vorteil ist, dass diese Grundstoffe anders als das pflanzliche Ethanol so zusammengebaut werden können, dass sie fossilen Brennstoffen gleichen. Das würde bedeuten, dass für diese synthetischen Brennstoffe die herkömmlichen Infrastrukturen genutzt werden könnten.



Der pflanzliche Rohstoff der Wahl ist Zuckerrohr. Die größten Zuckerproduzenten im Hauptanbaugebiet Brasiliens sind deshalb die bevorzugten Kooperationspartner von Amyris. Amyris kooperiert außerdem mit dem Ölkonzern BP. BP wiederum ist Geldgeber für Forschungsprojekte zur synthetischen Biologie an der Universität von Berkeley, die ebenfalls in engen Kontakt mit Amyris steht. Niemand aber spricht in diesem Zusammenhang über die Probleme des Zuckerrohranbaus in Brasilien, über miserable Arbeitsbedingungen und die weithin bekannten ökologischen Folgen.

Spannende Lektüre und was gelernt

Nach der Lektüre der drei Broschüren wird deutlich: Mit dem Versprechungen der Förderer der Bioenergie nach sauberer Energie wird das private Interesse einiger Unternehmen an schonungsloser Ausbeutung menschlicher und pflanzlicher Ressourcen als „Fortschritt“ bemäntelt. Nicht eine nachhaltige Gesellschaft - was das Ziel der Allgemeinheit wäre - streben die Unternehmen an. Vielmehr zielen sie darauf, die Ressourcen der Erde weiter auszupressen, um so viel Gewinn wie möglich aus ihrem Verkauf zu erzielen. Energieverschwendung ist für dieses Ziel geradezu notwendig.

***Birgit Peuker** ist Techniksoziologin. Ihre Promotion ist 2010 unter dem Titel „Der Streit um die Agrar-Gentechnik“ im transcript-Verlag erschienen. Sie lebt in Berlin.*

Fußnote:

(1) ETC Group: The New Biomasters. Synthetic Biology and the Next Assault on Biodiversity and Livelihoods. October 2010.

Friends of the Earth: Synthetic Solutions to the Climate Crisis. The Dangers of Synthetic Biology for Biofuels Production. September 2010.

Testbiotech: Synthetische Biologie und künstliches Leben - eine kritische Analyse. Teil 2: Die Erzeugung und Nutzung von Biokraftstoffen der zweiten Generation („Synthi-Fuels“). August 2010.

Synthetische Biologie ...

... vom technischen zum sozialen Konstruieren

Huib de Vrient
im Gespräch mit **Christof Potthof**

Huib de Vrient ist wissenschaftlicher Berater im Bereich Gen- und Biotechnologien. Er war beteiligt an dem von der Europäischen Union geförderten Projekt „Synbiosafe“. Er ist Mitherausgeber von „Synthetic Biology - The technoscience and its societal consequences“ (Springer Verlag 2009).

Christof Potthof ist Biologe, Mitarbeiter des Gen-ethischen Netzwerk und Redakteur des Gen-ethischen Informationsdienst (GID).

Haben wir es bei der Synthetischen Biologie mit etwas Neuem zu tun?

Ich muss gestehen, dass ich mich in dieser Frage noch nicht entschieden habe. Ich sehe sehr viele Ähnlichkeiten zu bereits bekannten Technologien. Gentechnologie ist Teil der synthetischen Biologie.

Ich glaube, dass sich diese Frage erst in der Zukunft entscheiden wird. Natürlich gibt es mehr Planung in der Synthetischen Biologie, als es in der Gentechnologie der Fall war oder auch ist. Das ist - zumindest - ein gradueller Wandel zu den bisher bekannten Technologien; das betrifft zum Beispiel auch die Intensität, mit der die Informatik in die Biowissenschaften Einzug hält.

Es ist aber auch interessant zu sehen, dass durch all diese Forschungen,

egal ob man sie jetzt als Vorläufer oder Teil von synthetischer Biologie ansieht, zum Vorschein gekommen ist, dass das Leben an sich und das Leben in den Zellen deutlich komplexer ist, als man es ursprünglich angenommen hatte. Deshalb geht es jetzt um viel mehr als um das Einfügen eines Gens, das dann eine Eigenschaft bestimmt. Es geht um die Umgebung der Gene.

Und einmal von der Biologie abgesehen: In den bisherigen Projekten gibt es nichts, das soziale Fragen ernsthaft zum Thema machen würde.

Das stimmt, ich sehe aber auch nicht, wo das sein könnte. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wollen nicht, dass die Gesellschaft mitentscheidet. Es gibt weder Raum noch überzeugende Konzepte, wie die Öffentlichkeit mitentscheiden könnte. Die Investoren und Wissenschaftler geben die Richtung an. Die großen Geschäfte sind bereits unter Dach und Fach.

Und es fehlt an Transparenz, zum Beispiel wenn es um Forschungsgelder geht. Es gibt nach meiner Einschätzung weder auf der europäischen Ebene noch hier in den Niederlanden, aber auch nicht in den anderen Ländern ein Verfahren für eine politische Debatte. Im Regelfall sind die Politikerinnen und Politiker dazu nicht in der Lage. Viele sind leider nur daran interessiert, was in den Zeitungen steht. Sie sind aber auch nicht gut informiert, und das meine ich eher in dem Sinne, wie die Wissenschaftler ihre Informationen weitergeben. Viele der Entscheidungen werden eher von kleinen Zirkeln in den Ministerien getroffen und nicht in den Parlamenten. Hinzu kommen natürlich einige Wissenschaftler und vielleicht ein paar Vertreter von Firmen: das goldene Dreieck aus Behörden, Wissenschaftlern und Wirtschaft.

Das ist schlimm. Trotzdem: An dem Punkt, wenn die Forschungsgelder verteilt werden, sehe ich eine der wenigen Möglichkeiten für Partizipation. Es geht um das Geld der Gesellschaft, da sollte es doch Wege geben, die Gesellschaft an der Verteilung dieses Geldes zu beteiligen - und zwar nicht erst, wenn es um die Entscheidung zwischen dem Projekt 1a oder 1b geht.

Mir ist aufgefallen, dass die Wissenschaftler gelernt haben, mit dem ‚sozialen Widerstand‘ umzugehen, ihn ‚zu managen‘. Der Ausweg für sie war, dass sie die Sozialwissenschaftler mit ins Boot geholt haben. Die Wissenschaftler in den Laboren haben sich Sozialwissenschaftler mit in ihre Projekte geholt, in der Regel als eine Art Nebenpfad. Wissen Sie, So-

zialwissenschaften sind in der Regel für die technischen Wissenschaften, ihre Wissenschaftler und ihre Projekte nicht gefährlich. In der Regel hat deren Arbeit keine direkte gesellschaftliche Wirkung. Ok, manchmal machen sie wirklich nette Sachen.

Ich könnte mir in bestimmten Fällen vorstellen, dass es einen Einfluss gibt; und zwar auf Politikerinnen und Politiker, wenn diese Veröffentlichungen der Sozialwissenschaftler lesen. Aber direkten Einfluss auf die Wissenschaftler in den Laboren ist wirklich schwer vorstellbar.

Das ist, was ich seit Jahren beobachte. Wir haben in den Niederlanden ein großes Projekt der Genomforscher, das schon seit mehreren Jahren läuft. Darin gibt es gar nicht so wenig Geld für sozialwissenschaftliche Forschung. Kein Vergleich zu dem Geld, das in die Laborforschung geht. Und wir reden hier natürlich nicht nur über Geld: Die Labor-Wissenschaftlerinnen und -wissenschaftler bekommen ja auch den Zugang zum politischen Entscheidungsprozess. Es sind die Verhältnisse, unter denen sie ihre Forschung machen können. Sie werden hofiert und umworben.

Ich habe manchmal das Gefühl, dass die Sozialwissenschaftler und Sozialwissenschaftlerinnen mit den VertreterInnen der Nichtregierungsorganisationen um bestimmte Ressourcen - zum Beispiel, wenn es um den Zugang zur Presse geht - konkurrieren.

Ja, das kenne ich. Es liegt aber an den jeweiligen Journalisten. Wenn Sie einen Wissenschaftsjournalisten haben, dann wird der eher einen Wissenschaftler befragen. Er wird sich denken, dass er es mit harten Fakten, mit guter Wissenschaft zu tun hat. Während er bei den Nichtregierungsorganisationen davon ausgehen wird, dass es eine Politik mit Ansichten hinter den Aussagen gibt. Wenn man aber Wissenschaftler genauer betrachtet, dann sieht man - nach meiner Meinung insbesondere bei den Sozialwissenschaftlern -, dass es eine ganze Menge an versteckt gehaltenen Werten gibt.

Aber glauben Sie nicht, dass es auch in den Laborwissenschaften versteckte Werte gibt?

Es gibt keine Wissenschaft, die frei von Werten ist, das ist ganz klar für mich. Ganz anders dagegen die Wissenschaftsjournalisten. Gerade die Wissenschaftsjournalisten sind häufig fälschlich der Ansicht, dass Wissenschaft frei von Werten ist.

Glauben Sie, dass die Wissenschaftler in den Laboren und die Sozialwissenschaftler über die gleichen Dinge reden?

Nein, das glaube ich nicht. Ich habe das Gefühl, dass sie sich nicht sehr gut verstehen. Das geht mir ja nicht anders. Es ist wirklich harte Arbeit zu verstehen, was ein technischer Wissenschaftler sagt oder schreibt. Und es geht mir mit den Sozialwissenschaftlern nicht anders. Meine Rolle ist aber im Prinzip die leichteste; ich bin ein Berater, der in diese Sachen reingewachsen ist. Ich habe ein Projekt gemacht, wie man die Kommunikation von Laborwissenschaftlern verbessern kann. Die Reaktion war natürlich, dass einer von ihnen sagte: „Was soll das? Wir wissen alle, wie das geht.“ Aber, um ehrlich zu sein, ich glaube nicht, dass sie es wissen. Dabei ist der Schritt, dass jemand versteht, was sie in ihren Labors machen nur die Basis. Viel wichtiger ist ja, was die Wissenschaftler dann mit diesem Verstehen und dem Feedback, das sie möglicherweise daraufhin bekommen, machen. Und dann geht es noch weiter: Du kannst zeigen, was du mit diesem Feedback gemacht hast. Das ist es doch, worum es bei Kommunikation geht. Ich habe im Regelfall nichts dagegen, wenn jemand mit guten Gründen andere Dinge tut als das, wonach eine Gesellschaft gefragt hat. Aber er soll es mir erklären. Wenn es gute Gründe gibt, dann möchte ich die hören. Mit Transparenz allein ist es nicht getan.

Hier gibt es nach meiner Einschätzung auch eine interessante Entwicklung mit dieser IGEN-Biotechnologie.(1) Wenn sich die Studenten in diesen Wettbewerb bewegen, dann sind sie auch mit gesellschaftlichen und ethischen Fragen konfrontiert. Das heißt, dieser Wettbewerb, diese Szene, geht über das hinaus, was die meisten Universitäten von ihren Studentinnen und Studenten verlangen.

So habe ich das noch gar nicht gesehen. Ich habe die IGEN-Wettbewerbe bisher nur unter zwei Gesichtspunkten für mich abgespeichert: Zum einen als sehr moderne und motivierende Art, junge Menschen auszubilden; mit viel Freiraum und weniger Hierarchien. Damit hängt eine Demokratisierung und Auflösung des top-down-Lehrbetriebes zusammen.

Ich habe die Hoffnung, dass dieser neue Weg die Kreativität der Studierenden und jungen Wissenschaftler stimuliert und sie zudem für die Vorstellung öffnet, dass es verschiedene Rationalitäten gibt - und nicht nur die traditionelle Entgegensetzung von wissenschaftlicher Wahrheit einerseits und irrationalen, emotionalen Verhalten bzw. Politik andererseits. Es ist meiner Meinung nach wichtig, dass Studierende lernen, dass

auch der wissenschaftliche Ansatz Werte-basiert ist. Zudem sollte es deutlich werden, dass es die Werte hinter den anderen Rationalitäten verdienen, respektiert zu werden. Zu guter Letzt: Technisches und biologisches Konstruieren ist in gewisser Weise immer auch ein soziales Konstruieren. Wenn Studierende und junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler davon etwas aufnehmen, dann - so glaube ich - kann das zu besserer Wissenschaft führen.

Fußnote:

(1) IGEM = International Genetically Engineered Machine competition. Siehe dazu den Beitrag von Benno Vogel in diesem GID Spezial.

Impressum

Gen-ethischer Informationsdienst GID Spezial Nr. 10

Beilage zu GID Nr. 203, Dezember 2010, 26. Jahrgang

ISSN 0935-2481

Redaktion der Beilage: Christof Potthof, Alexander v. Schwerin, Vanessa Lux, Theresia Scheierling (ViSdP)

Redaktionsanschrift: GID, Brunnenstraße 4, 10119 Berlin, Tel. 030/685 60 88, Fax 030/684 11 83, eMail: gid@gen-ethisches-netzwerk.de, Internet: www.gen-ethisches-netzwerk.de

Druck: Oktoberdruck, Berlin; gedruckt nach Öko-Audit-Richtlinien

Titelbild: Lynne: „Synthetic Biology 1“; Recent Works on Paper 2007-2008/picasa/Creative Commons

Foto S. 38, 39, 40: hisks/stock.xchng

Escheinungsmodus: Der Gen-ethische Informationsdienst (GID) erscheint alle zwei Monate; der GID Spezial erscheint einmal pro Jahr als Beilage des GID.

Herausgeber, Verlag & Vertrieb: Gen-ethisches Netzwerk e.V., Brunnenstraße 4, 10119 Berlin, Tel. 030/685 70 73, Fax 030/684 11 83, eMail: gen@gen-ethisches-netzwerk.de

Bezugsbedingungen: Jahresabonnement: Inland 42 Euro für Einzelpersonen (52 Euro Förderabo), 84 Euro für Firmen/Institutionen. Ausland 52 Euro respektive 94 Euro (Versand ins außereuropäische Ausland auf dem Landweg).

Schnupper-Abo für ein halbes Jahr: 15 Euro. Für Mitglieder des Gen-ethischen Netzwerkes ist der GID im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Konto: Gen-ethisches Netzwerk e.V., Stichwort: GID-Abonnement; Postbank Berlin, Kto.Nr. 144 99-102, BLZ 100 100 10

Namentlich gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Die Redaktion behält sich vor, LeserInnenbriefe zu kürzen. Eigentumsvorbehalt: Die Zeitschrift ist solange Eigentum des Absenders, bis sie den Gefangenen persönlich ausgehändigt ist. Zur-Habe-Nahme ist keine persönliche Aushändigung.

