

SYNTHETISCHE BIOLOGIE: FINALE TECHNISIERUNG DES LEBENS – ODER ETIKETTENSCHWINDEL?

Die Synthetische Biologie liefert derzeit ein Paradebeispiel für eine »Hope-, Hype- und Fear-Technologie«. Sie steht einerseits in enger methodischer Verbindung mit der Gentechnik und ist andererseits diskursiv nah an der Nanotechnologie bzw. den sogenannten Converging Technologies. Ohne dass sich bislang ein Konsens über Wesen und Perspektiven der Synthetischen Biologie herausgebildet hätte, gilt sie manchen als die zentrale Entwicklungsrichtung der Biowissenschaften – und diese wiederum als prägend für das 21. Jahrhundert, nach der Physik im 19. und Chemie im 20. Jahrhundert. Wie der folgende Beitrag zeigt, kann eine gewisse Diskrepanz zwischen dem Ausmaß der zur Diskussion gestellten Erwartungen, Hoffnungen und Befürchtungen und der vorhandenen Wissensgrundlage bzw. konkreter absehbaren Anwendungsmöglichkeiten festgestellt werden.

Ein Charakteristikum von »Hope-, Hype- und Fear-Technologien« ist zweifelsohne, dass am Anfang jeder Auseinandersetzung mit ihnen die Frage nach ihrer Definition bzw. einem gemeinsamen Verständnis steht. Das erscheint zwar bei einer neuen Technologie oder einem neuen Wissenschaftszweig als geradezu zwangsläufig, bei den drei Beispielen Nanotechnologie (Beitrag von C. Revermann im Schwerpunkt), Converging Technologies (TAB 2008) und Synthetische Biologie hat die Frage nach Definition und Verständnis aber doch eine besondere Bedeutung: Gefragt wird nämlich, ob es die bisherige Erkenntnis-, Daten- und Technologielage überhaupt erlaubt, von einem neuen, abgrenzbaren Gebiet auszugehen – oder ob es sich nicht bloß um eine Neuetikettierung inkrementeller Fortschritte bzw. eine Namensgebung für längst Bekanntes handelt.

AUF DER SUCHE NACH EINEM GEMEINSAMEN VERSTÄNDNIS

Nahezu in jedem Beitrag, der sich mit den Perspektiven, den Chancen und Risiken der Synthetischen Biologie befasst, wird reflektiert und Position dazu bezogen, wie sie unterschieden werden kann von einer bloßen Fortentwicklung der Gentechnik – die ihrerseits recht gut eingegrenzt werden kann, weil man die gezielte Veränderung von natürlich vorkommender DNA als Schnittmenge

aller gentechnologischer Anwendungen definieren kann.

Das dem derzeit laufenden TAB-Projekt zur Synthetischen Biologie zugrundeliegende Verständnis wurde folgendermaßen definiert (<http://www.tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u9800.html>): »Als Synthetische Biologie wird ein Fachgebiet im Grenzbereich von Biologie, Chemie, Biotechnologie, Ingenieurwissenschaften und Informationstechnologie bezeichnet. Es basiert auf den Erkenntnissen und Methoden der Molekular- und Systembiologie, insbesondere der Entschlüsselung kompletter Genome und den technologischen Fortschritten bei der Synthese und Analyse von Nukleinsäuren. Das der Synthetischen Biologie zugrundeliegende Konzept ist die Erzeugung neuer biologischer Systeme, die so nicht in der Natur vorkommen, sowie das Design von einzelnen Molekülen, Zellen und Organismen mit neuen Eigenschaften mithilfe molekularbiologischer Arbeitsschritte und standardisierter ingenieurwissenschaftlicher Prinzipien. Dabei werden verschiedene Strategien verfolgt:

- › maschinelle, synthetische Herstellung und Sequenzierung von DNA;
- › Synthese von Protozellen mit Merkmalen lebender Zellen mithilfe biochemischer Substanzen ohne konkretes biologisches Vorbild;
- › Konstruktion von Minimalzellen mit synthetisch hergestellten Genomen;

- › Integration artifizierender, biochemischer Systeme in Lebewesen zur Erzielung neuer Eigenschaften;
- › Aufbau chemischer Systeme (neue Biomoleküle) entsprechend biologischer Vorbilder, sodass diese bestimmte Eigenschaften von Lebewesen aufweisen;
- › Reduktion von Organismen auf rudimentäre Systemkomponenten zwecks Erzeugung biologischer, auf externe Reize reagierender Schaltkreise durch den Einbau standardisierter Biobausteine (»Biobricks«).

Diese Beschreibung vermeidet bewusst eine Vorabpositionierung zum Neuigkeitswert der Synthetischen Biologie und dient als Ausgangspunkt, um durch ein systematisches Erfassen von Anwendungspotenzialen und -risiken überhaupt diskutieren zu können, ob Begriff und Inhalte wirklich zukunftsweisend und relevant sind, d.h., ob überhaupt Anlass zu »hope and fear« besteht.

Einen Gegenpol zu einer solchen erst einmal suchenden Position bilden diejenigen Ansichten, die die Schaffung »künstlichen Lebens« als Kernziel der Synthetischen Biologie verstehen bzw. postulieren und in den Mittelpunkt der Betrachtungen stellen. Hieraus ergibt sich geradezu zwangsläufig die Frage nach der Legitimität von »playing god« als Metapher für die philosophische und theologische Diskussion über notwendige und wünschenswerte Grenzen menschlichen Handelns im Umgang mit der Natur. »Durch die Synthetische Biologie verschiebt sich der menschliche Umgang mit der Natur vom Paradigma der Manipulation zu dem der Kreation« schreiben beispielsweise Boldt et al. (2009, S. 80); »Vom Veränderer zum Schöpfer« lautet der Titel eines Beitrags des Leiters des TAB (Grunwald 2010a). Ähnliche Formulierungen wurden seit dem Aufkommen der Gentechnik in den 1970er Jahren bei fast jeder wichtigen

biomedizinischen Entwicklung (Pränatal- und Präimplantationsdiagnostik, Klonen, Stammzellnutzung) verwendet, und sie erzeugten zuverlässig öffentliche Aufmerksamkeit, die allerdings vor allem von »fear« und weniger von »hope« geprägt ist (s.u.).

Und wie könnte der »hype« entstehen? Woher können auf die Spitze getriebene Hoffnungen kommen? Diese lassen sich am ehesten erklären, wenn eine dritte Perspektive auf das Thema Synthetische Biologie gewählt wird, nämlich die Annahme des systematischen und synergistischen Zusammenwachsens biomedizinisch-naturwissenschaftlicher und technisch-ingenieurwissenschaftlicher Entwicklungen im Sinne von »Converging Technologies« (Coenen et al. 2009; TAB 2008). »Biology is becoming technology« und »Technology is becoming biology« – das sind laut Projekt »Making Perfect Life« der European Technology Assessment Group zwei Megatrends, die unsere technische und ökonomische Zukunft prägen werden (ETAG 2010). Auf Basis dieser Einschätzung liegt es nahe anzunehmen, dass die Synthetische Biologie als *die* Schlüsseltechnologie für die Lösung der Zukunftsprobleme der Menschheit geradezu prädestiniert ist, weil sie alle wichtigen Technologien vereinigt.

Insgesamt ist nicht nur im Fall der Synthetischen Biologie, sondern auch bei anderen technologischen Entwicklungen davon auszugehen, dass das Ausmaß von »hope, hype and fear« stark von der gewählten Perspektive und der daraus resultierenden Beschäftigung mit den Potenzialen resultiert. Die folgenden Überlegungen sollen drei Annahmen zur Synthetischen Biologie begründen:

- Hoffnungen im Sinn von Anwendungszielen gibt es bislang – erstaunlich – wenige bzw. sind wenig konkret.
- Übertreibungen schließen überwiegend an den Topos der Schaffung

künstlichen Lebens an – und haben weniger Strahlkraft, als man erwarten könnte.

- Aus mehreren Gründen halten sich bislang die mobilisierbaren Ängste in vergleichsweise engen Grenzen.

»HOPE«: VERBESSERTE EINZELLER UND VIELFÄLTIGER ERKENNTNISGEWINN

Es sind immer wieder die gleichen Anwendungen der Synthetischen Biologie, die als Zukunftsperspektive genannt werden (z.B. in den Überblicksstudien zu den Potenzialen der Synthetischen Biologie in Kasten 2): Bioenergie- und Rohstoffgewinnung mit optimierten bzw. »neu konstruierten« Mikroorganismen, Biosensoren für die Umweltüberwachung und die medizinische Diagnostik sowie diverse Strategien zur Herstellung von Medikamenten, neuen Therapie- und Impfstoffvarianten.

Ein genauer Blick auf die bislang konkret verfolgten und etwas weiter entwickelten Anwendungen, wie er auf einem Workshop des vom BMBF geförderten Projekts Engineering Life (www.engineeringlife.de) erfolgte (König et al. 2011), zeigt allerdings, dass sich praktisch kein bzw. kaum ein Beispiel finden lässt, das nicht auch als bloße Weiterentwicklung von seit längerem verfolgten molekularbiologischen und gentechnischen Verfahren verstanden werden kann – bzw. umgekehrt, dass qualitativ abgrenzbare Ansätze, wie die umfassende »Konstruktion« und »Implementation« neuer Stoffwechselwege in Bakterien oder Hefen oder gar das komplette De-novo-Design von Mikroorganismen derzeit noch Grundlagenforschung ohne Gewissheit der technischen Umsetzbarkeit und Nutzbarkeit darstellen.

Es stellt sich daher bei der Synthetischen Biologie in besonderem Maße die Frage, ob der aktuelle Forschungs-

stand wirklich ausreicht, um von einem neuen Entwicklungsstadium der angewandten Biowissenschaften oder gar einem Paradigmenwechsel sprechen zu können. Manche Wissenschaftler verstehen die Synthetische Biologie bislang auch eher als fast schon spielerische, experimentelle Nutzung neuer technischer Möglichkeiten ohne fundamental-strategische Bedeutung – etwa im Sinn des seit 2003 jährlich stattfindenden, vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) ins Leben gerufenen Wettbewerbs »International Genetically Engineered Machine competition – iGEM« (<http://ung.igem.org>), bei dem Studentengruppen um die originellsten und zukunftsweisendsten Projekte unter Nutzung und Fortentwicklung von Biobricks konkurrieren. Der vielleicht größte Konsens unter beteiligten Wissenschaftlern könnte darin bestehen, dass die unter dem Label Synthetische Biologie versammelten Methoden eine wichtige Quelle für Erkenntnisgewinn in der Grundlagenforschung darstellen, insbesondere zur Funktionsweise von Genen und Genomen, aber auch von sonstigen Molekülen und Zellbestandteilen, ohne dass daraus direkte Anwendungsmöglichkeiten resultieren müssen.

»HYPE«: »LEBEN 3.0« UND – MAL WIEDER – DIE RETTUNG DER WELT

Ein »hype« – als eine übertriebene Erwartungshaltung an das zukünftige Potenzial – kann im Fall der Synthetischen Biologie nur begrenzt an spektakuläre, leicht nach außen kommunizierbare wissenschaftliche Erfolge anschließen. Die vorrangige Dramatisierungsmöglichkeit ist das Bild der künstlichen Herstellung von Leben im Labor – das zwar einer seriösen Kritik kaum standhält, aber an eine jahrhundertealte kulturelle Tradition anschließen kann. Es verwundert daher auch nicht, dass einerseits

in den Geistes- und Kulturwissenschaften ein deutliches Interesse an einer interdisziplinären Auseinandersetzung mit der möglichen Bedeutung der Synthetischen Biologie entstanden ist (z.B. der Sammelband zur Tagung »Leben 3.0 und die Zukunft der Evolution« der Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften in Kooperation mit dem Medizinhistorischen Museum der Charité am 16./17.9.2010; Gerhardt et al. 2011) und sich andererseits auch die bildende Kunst, insbesondere in filmischer Umsetzung, dem Thema widmet (so im Mai dieses Jahres auf dem weltweit ersten thematischen Filmfestival Bio:Fiction in Wien; www.bio-fiction.com).

Als derzeitige Variante der Lebensherstellung wird von einigen Wissenschaftlern die Komplettsynthese von Genomen, also der zentralen Erbinformation einer Zelle bzw. eines Organismus, dargestellt. Nachdem dies bis zum Jahr 2005 mit den Genomen dreier Viren – darunter das rekonstruierte Virus der Spanischen Grippe von 1918 – gelungen war, konnten 2008 Wissenschaftler aus den Laboratorien von Craig Venter, dem wohl größten Medienstar unter den Genomforschern, die Komplettsynthese eines um ein Vielfaches größeren Bakteriengenoms berichten (hierzu und zum Folgenden Schummer 2011). Das bislang größte öffentliche Aufsehen erregte eine Pressemitteilung des J. Craig Venter Institute im Mai 2010, der zufolge Wissenschaftler die erste synthetische, sich selbst vervielfältigende Bakterienzelle hergestellt hätten. Wie Joachim Schummer in seinem Buch »Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor« betont, erfolgte in der Pressemitteilung eine ungewöhnlich ausführliche Darstellung der wissenschaftlichen Methodik, die spätestens bei oberflächlicher Lektüre der zugehörigen wissenschaftlichen Publikation deutlich gemacht hätte, dass es sich mitnichten um eine De-novo-Her-

stellung von Leben im Labor handelte, sondern lediglich um einen weiteren Schritt im Umgang mit großen DNA-Molekülen und einer gezielten Manipulation von Bakterienzellen. Gleichzeitig wurde aber die Botschaft von dem »synthetischen Genom« und der »synthetischen Zelle« so prominent gemacht und in Interviews weiter zugespitzt, dass als mediale Botschaft doch das künstliche Leben herauskam (Schummer 2011, S. 113 ff.). Dies geschieht auch durch die alltagssprachliche Gleichsetzung von »synthetischer Zelle« mit »künstlicher Zelle« (ohne natürliches Vorbild). Interessanterweise erfolgte die religiöse Aufladung im Sinne von »Gott spielen« im globalen Vergleich fast nur in katholisch-christlich (sowie hinduistisch) geprägten Ländern bzw. Medien (darunter ein Großteil der deutschen Presse), während protestantische, islamische und jüdische Stimmen eher das »Frankenstein«- oder »Büchse-der-Pandora-Bild« im Sinne einer Warnung vor möglichen unbeherrschbaren Gefahren heranzogen (Schummer 2011, S. 119 ff.).

Mit all diesen Bildern lassen sich leichter angsteinflößende (s.u.) als hoffnungsfrohe Botschaften zum angeblichen künstlichen Leben begründen – für letzteres bedarf es der Verbindung mit den großen Herausforderungen der Menschheit: Welternährung, Weltgesundheit, Weltenergie- und -rohstoffbedarf oder Lösung globaler Umweltprobleme. Allerdings scheint es so, dass der heutige Stand der Synthetischen Biologie es nicht so recht zulässt, diese positiven »Hype-Ziele« bzw. Visionen zu unterfüttern. Ein Grund dürfte sein, dass praktisch alle Beteiligten betonen, dass die Objekte der Manipulation auf absehbare Zeit Mikroorganismen bleiben werden. In der Medizin ergeben sich daraus mögliche Anwendungsperspektiven zur einfacheren und effizienteren Produktion von komplizierten Arzneimittelmolekülen oder zur Optimierung von Verfahren der Gentherapie durch bessere Vektoren, d.h.

»Genfähren« zur Einbringung der therapeutischen DNA- oder RNA-Moleküle. Beides sind keine revolutionär neuen Ansätze, sodass die Projektionen der Synthetischen Biologie daher in der Medizin derzeit keine völlig neuen Perspektiven bieten.

Eine »Hype-Botschaft« lässt sich am ehesten noch mit der nachwachsenden Roh- und Kraftstoffproduktion mithilfe von de novo »designten« Algen und anderen Einzellern verbinden. Als wegweisendes Ziel kann hier insbesondere die Lösung des Konkurrenzproblems des bisherigen Energiepflanzenanbaus mit der Lebens- und Futtermittelproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen und dem Schutz natürlicher Ökosysteme definiert werden (u.a. World Economic Forum 2010). Dieses Problem und seine negativen Konsequenzen auf Lebensmittelpreise und die Welternährungssituation sind in den vergangenen Jahren zu einem zentralen politischen und gesellschaftlichen Streitpunkt über die Nutzung von wissenschaftlich-technischen Optionen geworden. Wenn Visionen der Synthetischen Biologie eine flächensparende und ressourcenschonende Möglichkeit nachwachsender Roh- und -kraftstoffproduktion plausibel machen könnten, dann böten sie beste Voraussetzungen für eine »hype«.

So recht hat die Kommunikation dieser Vision allerdings noch nicht Fahrt aufgenommen. Ein Grund dürfte sein, dass die Debatte zum Weltenergie- und -rohstoffbedarf – gänzlich unabhängig von den Entwicklungen der Synthetischen Biologie – in den vergangenen Jahren äußerst komplex, differenziert und kontrovers geworden ist (SRU 2007; TAB 2010; WBGU 2009). Simplifizierende Lösungsvorschläge bzw. abgehobene Visionen haben es daher zumindest in fachlich und politisch relevanten Kreisen, aber auch in seriösen Medien schwer, Wirkung zu entfalten. Um hier einen echten »hype« zu

erzeugen, müssten schon substanzielle Ergebnisse z.B. zu einer Effizienzsteigerung mithilfe der Synthetischen Biologie berichtet werden können – dies ist aber anscheinend bislang nicht der Fall.

Durch die Erfahrungen mit den bisherigen »Hope-, Hype- und Fear-Technologiezyklen« reagieren Begleitforschung und Förderpolitik mittlerweile je nach Sichtweise schon routiniert bzw. fast ein wenig in vorseilendem Gehorsam. Die der Technologie zugrundeliegenden Naturwissenschaften kommen kaum damit nach, neue Erkenntnisse und Entwicklungen zu produzieren. Hieraus resultiert eine Art Wiederkäuen der immer gleichen Beispiele und Überlegungen, ein Reflex, dem sich kaum eine einschlägige Institution entziehen kann.

Wo also könnte dann der »hype« bei der Synthetischen Biologie stecken? Oder gibt es ihn gar nicht, sondern bloß maßvolle Hoffnungen ohne Übertreibung? Die große Zahl an Projekten, Berichten und Stellungnahmen spricht eigentlich dafür, dass es ihn doch geben muss. Ein möglicher Verdacht ist, dass sich der »hype« um die Synthetische Biologie in ganz besonderem Maße in »der Beobachtercommunity« (aus dem Bereich Technikfolgenabschätzung und Innovationsanalyse, Technikphilosophie und Bioethik, in sonstiger Politikberatung und Forschungsförderung) abspielt – sozusagen im »diskursiven Überbau« der Synthetischen Biologie.

»FEAR«: MONSTERKEIME AUS DER GARAGE UND ANDERE GEISTER

Besondere Ängste können insbesondere durch besondere Neuartigkeit bzw. Unbekanntheit, durch erhebliche Schadensmöglichkeiten oder durch besondere potenzielle Betroffenheit hervorgerufen werden.

Angesichts der mangelnden fundamentalen Andersartigkeit gegenüber bisherigen Entwicklungen in Molekularbiologie und verwandten Wissens- und Anwendungsgebieten, drängen sich beim derzeitigen Entwicklungsstand der Synthetischen Biologie eigentlich keine konkreten Risikoszenarien auf. Hierin stimmen alle zurückhaltenden Stellungnahmen zur Synthetischen Biologie überein. Gleichzeitig verweisen sie meist darauf, dass sich dies bei möglichen größeren Entwicklungsschüben ändern könnte und daher einer genaueren und kontinuierlichen Beobachtung und Analyse bedürfe (hierzu die Studien zu den Potenzialen der Synthetischen Biologie in Kasten 2).

Ein solcher Schritt wäre die »Konstruktion« massiv veränderter Mikroorganismen, zumal wenn ihre Anwendung außerhalb von Bioreaktoren in der Umwelt erfolgen sollte. Zu solchen Freisetzung kam es bisher nicht, und von vielen Wissenschaftlern wird dies auch als unvertretbar eingeschätzt. Ein immer wiederkehrendes Gedankenspiel sind Überlegungen, mit den Methoden der Synthetischen Biologie Mechanismen in die zukünftigen Einzellerkreationen einzubauen, die eine unkontrollierte Vermehrung ausschließen, z.B. durch die Verwendung von in der Natur nicht vorkommenden Molekülen als eine Art »genetischer Firewall« (Marlière et al. 2011; Schmidt 2010).

Konkretere Befürchtungen richten sich allerdings nicht nur auf die gezielte, kontrollierte Anwendung von mit Synthetischer Biologie hergestellten Organismen oder Substanzen, sondern auch auf diejenigen aus dem Hobby- oder Garagenlabor, ob mit Absicht oder auch nur aus Versehen hergestellt. Dies wäre die Kehrseite des spielerisch-kreativen Ausprobierens in Studium und Forschung – wenn tatsächlich eine relevante Zahl von Menschen damit begänne, zum Vergnügen oder zum Schrecken anderer mit bio-

logischen Bauteilen zu hantieren. Dass gentechnische Arbeiten mittlerweile mit vergleichsweise geringem Wissen und nicht allzu teurer Apparatur durchgeführt werden können, bezweifelt kaum jemand. Unklar ist aber, wie viele »DNA-Heimwerker« schon aktiv sind. Dass diese Gefahr allerdings nicht als irrelevant eingeschätzt wird, zeigen die Selbstverpflichtungen innerhalb der Verbände von Firmen, die im Kundenauftrag große DNA-Moleküle als Ausgangsmaterial gewerblich produzieren. Darin verpflichten sich die Mitgliedsfirmen, DNA-Bestellungen auf mögliche Sequenzen von Pathogenen oder Toxinen zu überprüfen sowie die Bestellungen zu dokumentieren und verdächtige Bestellungen an die Behörden zu melden (IASB 2009).

Die Versuche hingegen, aus den Visionen der Synthetischen Biologie eine noch größere Gefahr für die Biodiversität bzw. die gesamte Biosphäre als bislang schon durch die »klassische« Gentechnik abzuleiten und öffentlich zu thematisieren, sind erstaunlich blass geblieben. Die Vermutung liegt nahe, dass es auch den erklärten Gegnern schwerfällt, eine plausible Definition und Vision der Synthetischen Biologie zu vermitteln, die noch furchteinflößender als die bisherigen Anwendungen und Zielsetzungen der Gentechnik sein könnten. Die Warnung vor dem Ausverkauf der Natur, vor den nicht absehbaren Folgen für Umwelt und Gesundheit und das Erschrecken über das Weltbild und die (Patentierungs-)Absichten von Wissenschaft, Industrie und Politik waren schon bei der (Grünen) Gentechnik intensiv und lassen sich auch durch das Attribut »extrem« nicht mehr überzeugend steigern (»Extreme genetic engineering« hatte die ETC-Group eine Zeitlang als Label für die Synthetische Biologie benutzt; ETC 2008).

Konzeptionell interessanter erscheint der Versuch, ein neues Schutzgut,

die »evolutionäre Integrität« zu postulieren und in die Debatte über den Schutz der biologischen Vielfalt einzubringen, wie es die deutsche gentechnikkritische Nichtregierungsorganisation »Testbiotech« gemacht hat (Then/Hamberger 2010). Ob dies auf fruchtbaren Boden fällt und vielleicht auch die wissenschaftliche Debatte weiterbringen kann, ist allerdings bisher nicht absehbar.

Neben diesen Sorgen um intendierte (»biosecurity«) und nichtintendierte Folgen für Umwelt und Gesundheit (»biosafety«) müssen auch die ethischen und theologischen Bedenken gegenüber der möglichen Anma-

ßung des Menschen, die Natur ungebührlich nach eigenen Vorstellungen zu formen, als Teil der Befürchtungen bzw. Ängste zur Synthetischen Biologie verstanden werden. Doch auch hier führen zwei Faktoren dazu, dass die Warnungen vor dem Gottspielen beim derzeitigen Stand der Synthetischen Biologie letztlich wenig Wirkung entfalten: zum einen, weil es sich nach Auskunft praktisch aller Wissenschaftler auf absehbare Zeit v.a. um Mikroorganismen handelt, die verändert und für menschliche Zwecke zu gerichtet werden sollen, und zum anderen, weil – wie bei den Sorgen um die biologische Sicherheit – bereits im Zusammenhang mit viel weiter entwi-

ckelten oder gar etablierten Technologien (Präimplantationsdiagnostik, Stammzellforschung, Klonen, Keimbahntherapie) schon seit Langem und immer wieder Schreckensbilder der ultimativen Grenzüberschreitungen wie der Menschengzüchtung beschworen wurden. Damit anhand der Synthetischen Biologie hier spezifische und neuartige Befürchtungen hervorgerufen werden können, bedürfte es wohl plausiblerer Szenarien als bislang, die sich vermutlich zumindest auf höhere Pflanzen oder Tiere beziehen müssten.

STRATEGIEN DER POLITIK: FORSCHUNGSFÖRDERUNG UND DIALOG

Die systematische Beobachtung neuer wissenschaftlicher und technischer Entwicklungen mit möglicher gesellschaftlicher, insbesondere sozioökonomischer Relevanz wird seit Jahren zumindest von allen wichtigen Industriestaaten betrieben. Die EU-Kommission thematisierte die Synthetische Biologie bereits im Dezember 2003 im Bereich »Künftiger Wissenschafts- und Technologiebedarf« (New and Emerging Science and Technology; NEST) und startete im Herbst 2005 ein Ausschreibungsprogramm im Umfang von 50 Mio. Euro. Der größte Teil davon floss in naturwissenschaftliche Forschungsvorhaben, daneben wurde aber auch eine Reihe von Projekten zur ethischen, rechtlichen und sozialen Analyse bzw. Technikfolgenabschätzung (TA) der Synthetischen Biologie in Auftrag gegeben (Kasten 1). In den vergangenen Jahren erschienen dann Berichte und Stellungnahmen von unterschiedlichen Gremien und Einrichtungen der Politikberatung unter anderem in den Niederlanden, Großbritannien, der Schweiz, Deutschland und den USA (Kasten 2).

Ein echter Vergleich dieser Dokumente mit Blick auf relevante Unterschie-

KASTEN 1: AUSGEWÄHLTE EUROPÄISCHE UND DEUTSCHE TA-STUDIEN UND INNOVATIONSANALYSEN DER SYNTHETISCHEN BIOLOGIE

- > TESSY – »Towards a European Strategy for Synthetic Biology« (Fraunhofer ISI, Karlsruhe; im Auftrag der EU-Kommission; Abschluss 2009): Analyse des Themas unter forschungs- und innovationsstrategischen Gesichtspunkten
- > »SYNBIOSAFE: Safety and ethical aspects of synthetic biology« (ITA und IDC Wien, Universität Zürich, ISTHMUS SARL Paris; im Auftrag der EU-Kommission; Abschluss 2009): Analyse sicherheitsrelevanter und ethischer Aspekte sowie der öffentlichen Debatte zum Thema
- > SYNTH-ETHICS (Technische Universität Delft, niederländische Forschungseinrichtung TNO, Universität Padua, Australische Nationaluniversität sowie ITAS, Karlsruhe; im Auftrag der EU-Kommission; Abschluss 2011): Analyse ethischer, rechtlicher und gesellschaftlicher Implikationen
- > »Making Perfect Life« (Mitglieder der European Technology Assessment Group: Rathenau Institut, Den Haag, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, ITA, Wien, ITAS, Karlsruhe; im Auftrag von STOA, der TA-Einrichtung des EU-Parlaments): Die Synthetische Biologie (»Engineering of Living Artefacts«) ist eines von vier Teilthemen (neben »Engineering of the Body, of the Brain and of Intelligent Artefacts«)
- > »Engineering Life« (Institut für Ethik und Geschichte der Medizin sowie Centre for Biological Signalling Studies (BIOSS) der Universität Freiburg; ITAS, Karlsruhe; Theologische Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg; gefördert durch BMBF; Start 2010): Reflexion der ethisch-philosophischen und theologischen Relevanz der Synthetischen Biologie; Analyse der Anwendungsmöglichkeiten und gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit möglichen Risiken
- > »ITA – Innovations- und Technikanalyse im Vorhaben Synthetische Biologie« (Universität Bremen; gefördert durch BMBF; Start 2010): umfassende Potenzialanalyse mit Blick auf zukünftige Schwerpunktsetzung im forschungspolitischen Rahmen

KASTEN 2: AUSGEWÄHLTE BERICHTE UND STELLUNGNAHMEN ZU DEN POTENZIALEN DER SYNTHETISCHEN BIOLOGIE

- > *Niederlande*: Commission on Genetic Modification (COGEM) (2008): Biological machines? Anticipating developments in synthetic biology.
- > *Deutschland*: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina (2009): Synthetische Biologie – Stellungnahme.
- > *Vereinigtes Königreich*: The Royal Academy of Engineering (ed.) (2009): Synthetic Biology: Scope, Applications and Implications. The Royal Academy of Engineering (ed.) (2009): Synthetic Biology: public dialogue on synthetic biology. Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), Sciencewise – ERC (2010): Synthetic Biology Dialogue.
- > *Schweiz*: Schweizerische Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH) (2010): Synthetische Biologie – Ethische Überlegungen.
- > *EU*: European Group on Ethics in Science and New Technologies (EGE) (ed.) (2009): Ethics of synthetic biology.
- > *Member States of the EU*: The European Academies Science Advisory Council (EASAC) (2011): Realising European potential in synthetic biology: scientific opportunities and good governance.
- > *USA*: Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues (2010): New Directions. The Ethics of Synthetic Biology and Emerging Technologies.

de würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen, aber es können ein paar auffällige Gemeinsamkeiten benannt werden:

- > Keiner der Berichte überzeichnet die Chancen oder Risiken der Synthetischen Biologie, was bei dem immer vertretenen umfassenderen, abwägenden Anspruch auch nicht verwundert, sondern dem beschriebenen frühen und unklaren Entwicklungsstand der meisten Projekte der Synthetischen Biologie geschuldet ist.
- > Dennoch wird die Synthetische Biologie als ein wichtiges Entwicklungsfeld mit großem Potenzial eingeschätzt, das systematisch und umfassend gefördert werden soll.
- > Zumindest bei allen Stellungnahmen europäischer Länder und der EU wird deutlich gemacht, dass es eine ganz wichtige Intention ist, mögliche Risiken von vornherein intensiv zu thematisieren, einerseits
- > aus Vorsorgegründen und andererseits, um zu verhindern, dass eine resultierende gesellschaftliche Debatte die Nutzung möglicher Chancen verhindert.
- > Als wichtigste Handlungsempfehlungen resultieren daraus die konsequente weitere Beobachtung des Wissenschafts- und Technikfeldes einschließlich regelmäßiger Überprüfung, ob nationale und übernationale Förder- und Regulierungsmaßnahmen angemessen erscheinen, sowie ein umfassender gesellschaftlicher Dialog über Chancen, Risiken und den weiteren Umgang damit. Als Leitprinzip gilt »Good Governance« im Sinn eines planvollen Vorgehens der verantwortlichen Beteiligten aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft.

Es ist unübersehbar, dass die Analysen und Einschätzungen zur Synthetischen Biologie von den vorangegangenen Erfahrungen mit den verwandten Tech-

nikfeldern – Emerging oder New Technologies, Technowissenschaften oder wie auch immer man sie nennen mag – Gentechnik und Nanotechnologie geprägt sind. Nachdem der großenteils ablehnende politische und gesellschaftliche Umgang mit der Grünen Gentechnik – bzw. speziell dem Anbau transgener Pflanzen – in Europa zumindest von ihren Befürwortern als desaströser Misserfolg der 1990er Jahre angesehen und von vielen Beobachtern auf eine mangelhafte Kommunikation zurückgeführt wurde, bot die Nanotechnologie im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends ein Beispiel für einen deutlich komplexeren, differenzierteren und bewussteren Diskurs (wie der Beitrag von C. Revermann in diesem Schwerpunkt deutlich macht).

Bei der Synthetischen Biologie kann man nun fast schon den Eindruck haben, dass die Chancen- und Risikendebatte zwar vielleicht nicht grundsätzlich zu früh, aber doch etwas überhitzt geführt wird. Die eingangs erwähnte fundamentale Unklarheit, ob es sich denn nun um ein sinnvoll abgrenzbares Wissenschafts- oder Technologiefeld handelt, führt in Verbindung mit den unklaren Anwendungsperspektiven bei den bisherigen öffentlichen Dialogbemühungen insbesondere mit Bürgerinnen und Bürgern zu großen Verständnisschwierigkeiten. Wissenschaft und Politik sind im Fall der Synthetischen Biologie offensichtlich besonders stark dem »Collingridge-Dilemma« ausgesetzt, mit dem TA und vorausschauende Technikgestaltung grundsätzlich konfrontiert sind (Collingridge 1980; Grunwald 2010b): Wer nicht zu spät kommen will, muss ziemlich im Nebel stochern.

Für die deutsche Situation sei eine offensichtliche, aber überraschende Besonderheit beim Umgang mit dem Definitions- und Verständnisproblem der Synthetischen Biologie angemerkt: Während wichtige Standes- und Inte-

ressenvertretungen der deutschen Wissenschaft, insbesondere die nationalen Akademien Leopoldina und acatech eine umfassende Beschäftigung mit dem Thema Synthetische Biologie bereits 2008 begonnen haben (Kasten 2) und der Bundestag als Konsequenz aus einer ersten Sondierung im parlamentarischen Ethikbeirat das TAB mit dem derzeit laufenden Projekt beauftragt hat, gab das zuständige Ministerium zwar auch zwei TA-Projekte in Auftrag (Kasten 1), vermeidet aber ansonsten bislang konsequent den Begriff »Synthetische Biologie« im Rahmen seiner Förderprogramme. Dies wird besonders deutlich im Strategieprozess Biotechnologie 2020+, der praktisch alle typischerweise unter Synthetische Biologie versammelten Forschungs- und Entwicklungsansätze abdeckt, ohne das Label zu benutzen (z.B. die »offizielle« Darstellung des Strategieprozesses durch Wirsching 2011). Eine Konsequenz ist, dass die Bundesregierung im März 2011 in ihrer Antwort auf eine Kleine Anfrage der SPD-Fraktion im Deutschen Bundestag angab, »bisher keine Forschungs- und Entwicklungsprojekte spezifisch in der Synthetischen Biologie gefördert« zu haben (Bundesregierung 2011, S. 2). So könnte der Eindruck entstehen, Deutschland hinke in diesem Technologiefeld hinterher oder verheimliche sein Engagement, wie es prompt von Kritikerseite gemutmaßt wurde (Testbiotech 2011). Beides erscheint nicht sehr plausibel – vielleicht hat sich das deutsche Forschungsministerium einfach nur entschlossen abzuwarten, ob sich der Begriff Synthetische Biologie auf Dauer wirklich durchsetzt oder bereits in einigen Jahren wieder aus der Mode gerät bzw. durch ein anderes Schlagwort in den Biowissenschaften ersetzt wird.

Auf jeden Fall ist das BMBF damit näher an den naturwissenschaftlich-technischen Forschungsakteuren, die ihre Projekte häufig – anders als viele Beobachter von außen – gar nicht als Synthe-

tische Biologie bezeichnen. Und diese derzeit fast antiquiert anmutende Weigerung, den Modebegriff zu verwenden, kann bei der Befassung mit den Potenzialen der Synthetischen Biologie zumindest als Anregung verstanden werden, immer wieder zu fragen, was denn das wirklich spezifisch Gemeinsame der eingangs genannten unterschiedlichen Forschungs- und Entwicklungslinien ist.

Arnold Sauter

LITERATUR

- Boldt, J., Müller, O., Maio, G. (2009): Synthetische Biologie. Eine ethisch-philosophische Analyse. Bern
- Bundesregierung (2011): Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten René Röspel, Dr. Ernst Dieter Rossmann, Dr. Hans-Peter Bartels, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der SPD – Drucksache 17/4898 – Stand und Perspektiven der Synthetischen Biologie. Deutscher Bundestag, Drucksache 17/5165, Berlin
- Coenen, C., Hennen, L., Link, H.-J. (2009): The ethics of synthetic biology. Contours of an emerging discourse. In: Technikfolgenabschätzung – Theorie und Praxis 18(2), S. 82–86
- Collingridge, D. (1980): The Social Control of Technology. London u.a.O.
- ETAG (European Technology Assessment Group) (2010): Making Perfect Life. Bioengineering (in) the 21st Century. Interim Study. European Parliament, Science and Technology Options Assessment (STOA), Brüssel
- ETC (Action Group on Erosion, Technology and Concentration) (2008): Commodifying Nature's Last Straw? Extreme Genetic Engineering and the Post-Petroleum Sugar Economy. Ottawa www.etcgroup.org
- Gerhardt, V., Lucas, K., Stock, G. (Hg.) (2011): Evolution. Theorie, Formen und Konsequenzen eines Paradigmas in Natur, Technik und Kultur. Berlin
- Grunwald, A. (2010a): Vom Veränderer zum Schöpfer. Synthetische Biologie: Chancen, Risiken und Verantwortungsfragen. In: Forschung & Lehre 17(8), S. 558–560
- Grunwald, A. (2010b): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung. Berlin
- IASB (International Association Synthetic Biology) (2009): Code of conduct for best practices in gene synthesis. <http://tinyurl.com/iasbcode/>
- König, H., Heil, R., Frank, D., Coenen, C. (2011): Mapping Synthetic Biology Applications (work-in-progress, »Engineering Life« project, funded by BMBF). Institute for Technology Assessment and Systems Analysis; http://www.itas.fzk.de/synbio/home_en.htm
- Marlière, P., Patrouix, J., Döring, V., Herdewijn, P., Tricot, S., Cruveiller, S., Bouziane, M., Mutzel, R. (2011): Chemical Evolution of a Bacterium's Genome. In: Angew. Chem. Int. Ed. 50, S. 1–7
- Schmidt, M. (2010): Xenobiology: A new form of life as the ultimate biosafety tool. In: BioEssays 32, S. 322–331
- Schummer, J. (2011): Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor. Berlin
- SRU (Sachverständigenrat für Umweltfragen) (2007): Klimaschutz durch Biomasse. Sondergutachten. Berlin
- TAB (Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag) (2008): Konvergierende Technologien und Wissenschaften. Der Stand der Debatte und politischen Aktivitäten

zu »Converging Technologies« (Autor: Coenen, C.). TAB-Hintergrundpapier Nr. 16, Berlin

TAB (2010): Chancen und Herausforderungen neuer Energiepflanzen (Autoren: Meyer, R., Rösch, C., Sauter, A.). TAB-Arbeitsbericht Nr. 136, Berlin

Testbiotech e.V. (2011): Synthetische Biologie: Schavan führt Bundestag in die Irre. Pressemitteilung vom 6. April, München/Berlin; www.testbiotech.org/node/461

Then, C., Hamberger, S. (2010): Synthetische Biologie und künstliches Leben – Eine kritische Analyse (Teil 1). Testbiotech e.V., München

WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen) (2009): Welt im Wandel: Zukunftsfähige Bioenergie und nachhaltige Landnutzung. Berlin

Wirsching, S. (2011): Wie sieht die Biotechnologie der Zukunft aus? In: *transkript* 17(5), S. 82–83

World Economic Forum (2010): The Future of Industrial Biorefineries (Autor: King, D.). Genf

KONTAKT

Arnold Sauter
030 28491-110
sauter@tab-beim-bundestag.de