

Werkstatt Leben.
Bedeutung der Synthetischen Biologie
für Wissenschaft und Gesellschaft

Öffentliche Tagung

Mittwoch · 23. November 2011 · 10:15–18:00 Uhr

Universität Mannheim im Mannheimer Schloss/Ostflügel Aula

Bismarckstraße

68161 Mannheim

Öffentliche Tagung	1
Begrüßung	3
Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates	3
Prof. Dr. iur. Hans-Wolfgang Arndt · Rektor der Universität Mannheim	4
I. Entwicklung und Potenzial einer jungen Wissenschaft.....	5
Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates	5
Synthetische Biologie – Konstruktionsansätze für Lebensprozesse?	5
Prof. Dr. rer. nat. Petra Schwille · Biotechnologisches Zentrum der Technischen Universität Dresden	5
Stakeholder-Diskussion	11
Nils-Christian Lübke · iGEM-Team der Universität Bielefeld 2010.....	11
Rüdiger Stegemann · Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND).....	12
Prof. Dr. rer. nat. Oskar Zelder · BASF	14
Diskussion mit dem Publikum	15
II. Faszination Zukunftstechnologie.....	23
Moderation: Prof. Dr. phil. Alfons Bora · Mitglied des Deutschen Ethikrates	23
Inszenierung der Synthetischen Biologie in Wissenschaft, Medien, Film und Kunst.....	24
Dr. Markus Schmidt · Organisation for International Dialogue and Conflict Management (IDC), Wien	24
Synthetische Biologie zwischen Durchbruch und Hype	32
Prof. Dr. rer. nat. Armin Grunwald · Karlsruher Institut für Technologie (KIT)	32
Diskussion mit dem Publikum	38
III. Lebenswissenschaft: vom Verändern zum Erschaffen?	40
Moderation: Prof. Dr. iur. Jochen Taupitz · Mitglied des Deutschen Ethikrates	40
Die Lebensfrage – Gespräch	41
Prof. Dr. rer. nat. Alfred Pühler · Center for Biotechnology (CeBiTec) der Universität Bielefeld.....	41
Prof. Dr. phil. Christoph Rehmann-Sutter · Institut für Medizingeschichte und Wissenschaftsforschung (IMGWF) der Universität zu Lübeck.....	44
Vom <i>homo faber</i> zum <i>homo creator</i> – Streitgespräch	48
Prof. Dr. theol. Peter Dabrock · Fachbereich Theologie der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	48

Dr. phil. Joachim Boldt · Institut für Ethik und Geschichte der Medizin der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	48
Diskussion mit dem Publikum	56
IV. Handlungsperspektiven.....	62
Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates	62
Die neuen Biomaster: Wer will die Kontrolle über die Grüne Ökonomie? Fehler! Textmarke nicht definiert. Pat Roy Mooney · ETC Group	63
Podiumsdiskussion	70
Prof. Dr. rer. nat. Bernd Müller-Röber · Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech)	70
Prof. Dr. phil. Klaus Peter Rippe · Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich (EKAH)	72
Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner · GENEART AG	74
Diskussion mit dem Publikum	76
Schlusswort.....	84
Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates.....	84

Begrüßung

Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Sehr geehrter Herr Professor Arndt, Magnifizienz der Universität Mannheim, liebe Mitglieder des Deutschen Ethikrates, sehr geehrte Referenten der heutigen Tagung, meine Damen und Herren! Mein Name ist Wolf-Michael Catenhusen, ich bin Mitglied des Deutschen Ethikrates und leite die Arbeitsgruppe Synthetische Biologie, die auch diese Tagung vorbereitet hat. Ich darf Sie ganz herzlich zu unserer Tagung „Werkstatt Leben. Bedeutung der Synthetischen Biologie für Wissenschaft und Gesellschaft“ begrüßen.

In unserer Gesellschaft entwickeln sich neue Wissenschaftsfelder, auch Emerging Technologies genannt, in einem Prozess, der schon früh die Begleitung der Gesellschaft, die Einbettung in gesellschaftliche Prozesse, in Prozesse des Lernens und der Urteilsfindung ermöglicht und erfordert. Zu diesen Emerging Technologies wird weltweit auch die Synthetische Biologie gezählt. Schon 1984 stellte die OECD am Beispiel der Biotechnologie fest, dass nunmehr die Zeit zu Ende gehe, wo eine Gesellschaft blind in den Umgang mit neuen Techniken und Wissenschaftsfeldern hineingegangen sei und wo Lernprozesse zum Teil erst nach Störfällen technischer oder auch sozialer Art in der Gesellschaft eingesetzt haben.

Synthetische Biologie ist ein Forschungsfeld, das sich noch in der Entstehung befindet. Wir sind also in einer sehr frühen Phase, vielleicht der frühestmöglichen Phase dabei, sowohl interdisziplinär in der Wissenschaft als auch in der Gesellschaft Maßstäbe für einen verantwortlichen Umgang mit dieser Wissenschaftsdisziplin zu entwickeln – ein sehr ehrgeiziges Ziel, das aber dem Umgang einer modernen Gesellschaft

mit neuen Wissenschaftsfeldern, das vom Precautionary Principle geprägt ist, angemessen ist.

Schon 1987 gab es in Deutschland einen Aufsatz mit dem Titel *Synthetische Biologie*. Professor Winnacker, der spätere Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, hat damals den Begriff Synthetische Biologie im Kontext der Gentechnik verwendet. Über Synthetische Biologie versuchte man damals das neue Potenzial der Gentechnik angemessen zu umschreiben. Heute umfasst Synthetische Biologie ein Feld, das weit über die klassische Biologie hinausreicht und interdisziplinär angelegt ist.

Nach dem Ethikratsgesetz hat der Deutsche Ethikrat folgende Aufgabe:

„Der Deutsche Ethikrat verfolgt die ethischen gesellschaftlichen, naturwissenschaftlichen, medizinischen und rechtlichen Fragen sowie die voraussichtlichen Folgen für Individuum und Gesellschaft, die sich in Zusammenhang mit der Forschung und den Entwicklungen insbesondere auf dem Gebiet der Lebenswissenschaften und ihrer Anwendung auf den Menschen ergeben.“

Zu unseren Aufgaben gehören

„Information der Öffentlichkeit und Förderung der Diskussion in der Gesellschaft unter Einbeziehung der verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen“.

Dieser Aufgabe wollen wir heute mit dieser Tagung *Werkstatt Leben* nachkommen.

Schon Anfang 2010 hat der Deutsche Ethikrat ein Bioethikforum zum Feld der Synthetischen Biologie durchgeführt. Damals kam der Ethikrat zu folgender Einschätzung: Wir werden keinen Report vorbereiten, aber die weitere Entwicklung der Synthetischen Biologie angemessen begleiten. Mit der heutigen Tagung möchten wir – als nächsten Schritt – einen Beitrag zur Diskussion in der Gesellschaft über Fragen der Synthetischen Biologie leisten. Zu unseren Aufgaben gehört auch, Stellungnahmen und Empfehlungen für politisches und gesetzgeberisches Handeln zu erarbeiten. Im Vordergrund steht heute aber die Frage, wie sich ein

Urteil über die Perspektiven der Synthetischen Biologie belastbar entwickeln lässt.

Wir haben im Deutschen Ethikrat eine Arbeitsgruppe eingerichtet, die sich mit Fragen der Synthetischen Biologie beschäftigt. Dieser Arbeitsgruppe gehören die Professoren Bora und Taupitz und ich an sowie als extern berufene Mitglieder Professor Dabrock und Professor Pühler. Diese Mitglieder werden Sie im Laufe des heutigen Tages als Moderatoren oder Referenten erleben.

Die heutige Veranstaltung soll nicht nur der Verbesserung des Wissens und des Informationsstandes dienen, sondern auch dazu, ins Gespräch zu kommen. Bitte nutzen Sie daher diese Möglichkeit zum Diskurs.

Die Tagung wird aufgezeichnet und im Internet als Dokumentation, sowohl als Film als auch Auswertung der Referate, eingestellt.

Wir überlegen im Deutschen Ethikrat, ob wir nach dieser Tagung eine kurze Stellungnahme vorbereiten werden. Das wird die Diskussion des nächsten Ethikratsplenums ergeben.

Bevor ich zum ersten Bereich übergehe und zum Auftakt als erste Referentin Frau Professor Schwille aus Dresden begrüße, möchte ich das Wort dem Rektor der Universität, Herrn Professor Arndt, übergeben.

(Applaus)

Prof. Dr. iur. Hans-Wolfgang Arndt ·
Rektor der Universität Mannheim

Sehr geehrter Herr Catenhusen, sehr geehrte Mitglieder des Deutschen Ethikrats, meine Damen und Herren, liebe Teilnehmer dieser Tagung! Ich freue mich sehr, Sie hier begrüßen zu können und Ihnen die Universität als Tagungsstätte zu präsentieren, obwohl wir zu gebenermaßen mit Synthetischer Biologie relativ wenig zu tun haben.

Als eine primär wirtschaftswissenschaftlich ausgerichtete Universität beschäftigen wir uns intensiv mit Fragen der Wirtschaftsethik. Das passiert nicht – und darüber bin ich sehr glücklich – von oben nach unten, sondern die Idee, mehr Wirtschaftsethik in Studium und Lehre zu implementieren, kommt seit über sieben Jahren intensiv von der Studierendenschaft. Das sehe ich als hoffnungsvolles Zeichen. Das Engagement der Studierenden der Universität Mannheim ist in diesen Fragen, auch in Taten, so ausgeprägt, dass Präsident Carter und Rosalyn Carter der Universität Mannheim für diese Aktivitäten vor fünf Jahren die Medaillen ihrer Stiftung als auf diesem Gebiet am stärksten tätige europäische Universität überreicht haben.

So viel zur Universität Mannheim. Sie werden die meiste Zeit hier verbringen; ich möchte Sie aber auch kurz über die Umgebung aufklären. Das Schloss Mannheim ist durchaus sehenswert und hat eine spannende Geschichte. 1720 begannen die Baumaßnahmen, 1750 bis 76 war Mannheim einer der kulturellen Mittelpunkte Europas. Schon damals stritt man sich darüber, ob Versailles oder Mannheim das größte Barockschloss Europas – und damit der Welt – habe. Man zählte die Fenster und so weiter.

1945 war das Schloss zu 87 Prozent zerstört. Von 500 Räumen hat nur ein Raum die Bombenangriffe unbeschädigt überstanden. Es ist eine ungeheure Leistung der Nachkriegsgeneration von 1947 bis 52, dieses Schloss – mit damals notdürftigen Mitteln – wieder errichtet zu haben. Seit etwa 2000 sind wir dabei, dieses Schloss ein drittes Mal, und diesmal grundlegend zu renovieren. Wir haben in den letzten Jahren über 50 Millionen Euro, zum Großteil aus privaten Mitteln, dafür aufgewendet.

Sie sollten ruhig etwas umherlaufen, sozusagen als kleine kulturelle Gegenleistung, denn die Wirtschaftswissenschaften sind im Vergleich

dazu wohl eher als marginal einzuschätzen. Wir haben es uns im Rektorat zur Aufgabe gemacht, hier Wirtschaft und Kultur zusammenzubringen.

Wenn Sie umherwandern, sehen Sie zwei der bekanntesten deutschen Fotografen, Hamann und Heuser. Sie können moderne chinesische Malerei in der BWL-Bibliothek besichtigen. Die Deutsche Bank hat fünfzig ihrer Gemälde in die Bibliothek gebracht. Diese Universität ist gleichsam ein Museum. Nur eines ist verboten: Hier kommt kein Barockbild rein. Wir haben hier großartige deutsche Malerei, wir lieben die Gegensätze und versuchen damit ein bisschen an die Tradition dieses Schlosses anzuknüpfen. Erfreuen Sie sich daran! Ich wünsche Ihnen eine erfolgreiche Tagung und alles Gute.

(Applaus)

I. Entwicklung und Potenzial einer jungen Wissenschaft

Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Vielen Dank, Professor Arndt. Ich komme zum ersten Abschnitt unserer Tagung und darf zum Auftakt ganz herzlich Frau Professor Petra Schwille aus Dresden begrüßen. Sie studierte in Stuttgart und Göttingen Physik und Philosophie. Anschließend wechselte sie als Postdoc an die Cornell University in den USA und wurde 2002 Professorin für Biophysik an der TU Dresden. Aktuell hat sie als Autorin des Artikels *Bottom-up. Synthetic Biology* einen von vier Beiträgen einer Special Section in der September-Ausgabe [von *Science*] zur Synthetischen Biologie einen bemerkenswerten Beitrag zu unserem Thema geleistet. Ich freue mich auf Ihren Vortrag, Frau Professor Schwille.

(Applaus)

Synthetische Biologie – Konstruktionsansätze für Lebensprozesse?

Prof. Dr. rer. nat. Petra Schwille · Biotechnologisches Zentrum der Technischen Universität Dresden

Ich bin nicht die Stimme der Synthetischen Biologie in Deutschland – die gibt es natürlich so nicht. Ich bin noch nicht einmal eine Biologin, sondern eine Physikerin, die es in die Biologie verschlagen hat. Ich hoffe Ihnen trotzdem einige grundlegende Dinge zur Synthetischen Biologie sagen zu können und vielleicht auch Ihren Appetit zu wecken auf die spezielle Zugangsweise, die wir als Biophysiker oder physikalisch orientierte Biologen zu dieser Sache haben.

(Folie 2)

Zunächst einmal: Was will eigentlich die Synthetische Biologie? Man kann böse sagen: Es handelt sich um neuen Wein in alten Schläuchen. Denn die Ziele, zumindest in industrieller oder produktiver Hinsicht, sind eigentlich die gleichen wie die der traditionellen Biotechnologie. Man erhofft sich von der Synthetischen Biologie neue Wirkstoffe für neue Chemikalien, die als Pharmaka dienen können. Wir erhoffen uns von der Synthetischen Biologie einen Beitrag zur Frage der Energieversorgung. Wichtige Bereiche sind neue Materialien oder aber Materialien leichter und effizienter recycelbar zu machen. Die Aufgaben sind somit vielfältig. Wir wissen alle, dass die Natur äußerst interessante Elemente geschaffen hat, seien es energieerzeugende Systeme, leichte Materialien oder Naturstoffe zur Bekämpfung von Bakterien. Es ist somit nicht zu viel verlangt, die Biotechnologie noch einmal auf neue Strategien hin abzuklopfen.

(Folie 3)

Was sind die Probleme der traditionellen Biotechnologie? Sie haben alle schon von Klonieren gehört und wissen im Prinzip, wie das funktioniert. Dabei werden biologische Stoffe,

meistens Proteine oder kleine Naturstoffe, die man produzieren möchte, in einen sehr kleinen und hochreproduktiven Organismus eingebracht. Das ist meistens ein Bakterium, *E. coli* ist sehr beliebt. Eines der meistgenannten ist Insulin; einer der ganz großen Durchbrüche in der Hinsicht.

Wenn man das Gen eines bestimmten Proteins in einen anderen Organismus einschleust, wird es dort als DNA behandelt und entsprechend wieder in ein Protein eingesetzt und zusammengebaut. Nur ist dieser Produktionsorganismus ein Organismus, und jeder Organismus hat andere Ziele als das, was ihm fremd aufoktroiert wurde, einfach zu produzieren. Jedes natürliche System hat gelernt, mit Informationen, die von außen kommen – die sehr oft sind es Krankheitserreger –, umzugehen und sie auszuschalten. Das Bakterium wehrt sich somit gegen die von außen aufoktroierte Produktion.

Die Prozesse, die in Organismen ablaufen, sind meist nicht ingenieurmäßig designt. Ein lebendes System, das in einem feindlichen Umfeld leben muss, hat viele Redundanzen in seiner Struktur. Diese sind energieaufwendig und machen die Produktion eines bestimmten Stoffes ineffizient. Egal, was wir in einem Bakterium produzieren: Wir müssen immer eine hohe Steuer in Form von Energie dafür bezahlen. Oder wir müssen viel mehr Bakterien kultivieren, als wir eigentlich bräuchten, um unseren Zielstoff herzustellen.

(Frage 4)

Die Frage, die die Synthetische Biologie stellt, ist, ob wir diese Steuer umgehen können. Das, was in einem fremden Organismus produziert wird, funktioniert in vielen Fällen zwar, aber es ist nicht sehr effizient, denn die Organismen, in denen das produziert wird, haben ihren eigenen Kopf. Sie sind nicht darauf angelegt oder darauf angewiesen, das Zeug zu produzieren.

Das eigentlich methodisch Neue der Synthetischen Biologie ist, einen ingenieurwissenschaftlichen Ansatz zur Biologie durchzuspielen. Das Schlüsselwort dieses ingenieurwissenschaftlichen Ansatzes ist „modular“. Alles, was als technisches Gerät designt wird, ist modular aufgebaut. Besonders deutlich wird das auf Schaltbildern, die wir aus der Informationstechnologie kennen; hier werden einzelne Schaltelemente zusammengebaut und daraus entsteht ein neues, großes Element mit hochkomplizierter Aufgabe.

Letzten Endes kann man auch die Biologie als modular beschreiben. Im Grunde ist alles modular: Das beginnt bei den einzelnen Genen und geht weiter mit dem Domänen eines Proteins. Proteine sind die Eiweiße, die aus den Genen gebaut werden; auch diese Proteine sind modular aufgebaut. Sie haben zum Beispiel ein Modul, dessen Protein an eine Membran anheftet; diese haben ein enzymatisch aktives Modul, ein sogenanntes reaktives Zentrum. Heute verstehen wir so viel von diesen Proteinen, dass wir diese Module gut beschreiben können. Wir können sagen: Dieses Protein besteht aus diesem und diesem Modul. Viele Proteine bestehen aus vielen Modulen, von denen wir einzelne noch nicht kennen. Es spricht viel dafür, zu sagen: Wir kennen bestimmte Module, wir kennen die genetische Information dieser Module – warum bringen wir nicht einfach die bekannten Module, von denen wir verstehen, wie sie funktionieren, zusammen und bauen ein kleineres, weniger kompliziertes Molekül, das eigentlich nur das tut, von dem wir wissen, was es tut und mit dem wir arbeiten können? Das ist die Idee dahinter.

Viele Probleme auf dem Schritt hin zu dieser synthetischen Darstellung der Biologie sind schon gelöst. Wir kennen die Prozessschritte der rekombinanten DNA, wie man DNA in großen Mengen herstellt oder wie man sie in fremde Organismen einschleust. Nur die

Abstraktion und die Standardisierung ist noch nicht ingenieurwissenschaftlich zur Perfektion gediehen. Das ist die Aufgabe eines sehr großen Teils der Synthetischen Biologie.

(Folie 5)

Man kann nicht über Synthetische Biologie sprechen, ohne Craig Venter zu erwähnen. Sicherlich hat jeder von Ihnen davon gehört, dass Craig Venter ein künstliches Leben geschaffen hat. Wenn man genau hinsieht, ist das nicht richtig – auch das hat sich mittlerweile herumgesprochen. Er hat – und das ist eine enorme technische Leistung – das gesamte Genom eines Bakteriums technisch hergestellt und in ein ausgehöhltes Bakterium hineingebracht. Das heißt, er hat das Genom des Bakteriums herausgenommen, hat selbst eines hergestellt und wieder in das ausgehöhlte Bakterium hineingetan, und tatsächlich: Dieses synthetische Bakterium – in der Weise synthetisch, dass eben das neue Genom synthetisch ist – hat tatsächlich gelebt und das getan, was Bakterien normalerweise tun: Es hat sich vermehrt. Das ist eine enorme technische Leistung. Schon Tausende Stücke von DNA, tausend Basenpaare ist relativ groß, aber hier geht es um noch viel mehr.

Die Frage ist aber: Was soll das? Warum hat er das gemacht? Das ist ein hoher technischer Aufwand und im Grunde sinnlos, denn die Bakterien machen sowieso das, was sie tun, und dieses Bakterium ist für nichts gut, sondern einfach nur irgendeines.

(Folie 6)

Er verfolgt damit im Grunde genau das, was ich Ihnen am Anfang gesagt habe. Wenn wir uns fragen, wie viele Genbausteine, wie viele Informationen ein Bakterium braucht, um zu überleben, dann ist dies erstaunlicherweise viel weniger, als das Bakterium normalerweise hat. Dies habe ich mit Redundanz beschrieben. Die Genausstattung vieler Organismen ist deutlich

umfangreicher als das, was der Organismus zum Überleben bräuchte – wobei Überleben natürlich so eine Frage ist: Feindliche Umgebung benötigt eine andere Ausrüstung, als sich einfach nur sich zu reproduzieren. Aber wenn es wirklich nur um die Reproduktion geht – und darum geht es, wenn wir etwas mit diesem Bakterium machen möchten (dessen Überleben in einer feindlichen Umwelt ist uns normalerweise) –, dann kann man die Genausstattung deutlich reduzieren. Craig Venter versucht letzten Endes, nicht das gesamte Genom in dieses Bakterium hineinzubringen, sondern nur das minimale Genom, das heißt, nur diejenigen Teile des Genoms, die das Bakterium wirklich zum Überleben braucht und die es bräuchte, damit man in diesem Bakterium effizient etwas herstellen könnte.

Es gibt Schätzungen, wie klein das minimale Genom ist: 480 Gene. Das ist immer noch sehr viel, aber deutlich weniger, als diese Organismen im Moment haben.

An diesem Punkt ist Craig Venter noch nicht angekommen. Der wirkliche Durchbruch wäre erreicht, wenn es ihm gelänge, tatsächlich ein minimales lebendes Bakterium herzustellen. Das ist noch nicht passiert. Wir warten darauf. Möglicherweise wird es passieren. Aber wir sind noch nicht an diesem Punkt angelangt.

(Folie 7)

Ich möchte Ihnen jetzt unseren eigenen Ansatz nahebringen, der durchaus verschieden ist von dem, den ich gerade vorgestellt habe, aber gewisse Anklänge daran hat.

Ich möchte Ihnen eine biophysikalische Herangehensweise an die Frage der Synthetischen Biologie nahebringen. Wir sind keine Biotechnologen in der Weise, dass wir etwas herstellen möchten. Uns interessiert, wie Leben funktioniert, und als Physiker haben wir eine andere Zugangsweise zum Leben als Phänomen als die Biologen.

Biologen sind normalerweise an dem interessiert, was sie vorfinden. Wenn es darum geht, ein lebendes System zu beschreiben und zu verstehen, dann möchte ein Biologe es so verstehen, wie es wirklich vorhanden ist. Er möchte es möglichst detailgetreu beschreiben und verstehen, was er vorfindet.

Physiker hingegen sind meist nicht so sehr an der Vielfalt der Informationen interessiert. Sie möchten mit möglichst wenig Information möglichst viel verstehen. Die Frage der Physik ist daher nicht, wie es tatsächlich funktioniert, sondern wie es funktionieren könnte, wenn wir ein Minimalsystem hätten. Ich möchte die Frage so formulieren: Wie könnte Natur, wie könnte Leben in der einfachsten Form funktionieren?

Natürlich ist immer die Frage, wie man etwas definiert, aber als Physiker ist man zunächst einmal interessiert an der Replikation, der Selbstreplikation und dem Ausbilden von Ordnungsstrukturen durch den Fluss von Energie durch diese Strukturen, so wie Schrödinger das einmal formuliert hat.

(Folie 8)

Da wir in der Nano-Ära leben, mittlerweile mit einzelnen Atomen arbeiten können und viel darüber wissen, wie zelluläre Systeme funktionieren, ist jetzt die Frage: Können wir die Module lebender Systeme tatsächlich so weit herunterbrechen, dass es uns gelingt, ein Minimalsystem eines belebten Organismus von unten nach oben zu bauen?

(Folie 9)

Ich arbeite in Dresden mit Zellentwicklungsbiologen zusammen und wir staunen immer wieder, wie sich Leben als Struktur aus einem zunächst ungeordnet scheinenden Embryonal-system entwickelt. Eine Eizelle – ein homogenes, strukturloses, ungeordnetes System – entwickelt sich zu einem System, das extrem ausdifferenzierte Muster ausbildet. Deswegen ist die grundlegende Frage, auch von

physikalischer Seite: Wie können überhaupt Muster aus Unordnung entstehen? Wie kann überhaupt aus einem gemischten System ein ungemischtes System entstehen?

(Folie 10)

Zu dieser Frage hat Turing, den Sie vielleicht aus anderen Kontexten kennen, schon in den Fünfzigerjahren eine sehr wirkungsmächtige Arbeit verfasst, die zu dieser Zeit rein theoretisch ausgerichtet war. Er hat gesagt: Um Muster auszubilden, um in der Morphogenese von Lebewesen Differenzierungen auszubilden, sind nur wenige Schaltstellen erforderlich, wenige Moleküle, die in einer ganz bestimmten Weise miteinander interagieren und durch Diffusion, also ungeordnete Bewegungen durchmischt werden. Er hat gezeigt, wie sich spontan Muster aus der Verstärkung lokaler Fluktuationen ergeben können, aus der thermischen Bewegung der Teilchen, unter ganz bestimmten Bedingungen der Interaktion dieser Moleküle. Die Moleküle müssen in einer ganz bestimmten Weise aufeinander reagieren.

(Folie 11)

Die Frage ist tatsächlich: Gibt es Prozesse, die so etwas wie eine spontane Symmetriebrechung, eine spontane Ausbildung von Mustern in zunächst sehr einfachen, ungeordneten Systemen ausbilden?

(Folie 12)

Zu diesem Thema möchte ich Ihnen jetzt ein Beispiel aus der Wissenschaft zeigen. Was uns interessiert, ist die elementare Zellteilung. Wie teilt sich ein Kompartiment, ein kleines Behältnis, in dem etwas enthalten ist? Die menschlichen Zellen sind sehr kompliziert, da sie einen Zellkern haben. Bakterienzellen sind viel einfacher aufgebaut und teilen sich auf interessante Weise: Sie wachsen immer nur in eine Richtung. Hier sehen Sie stäbchenförmige Zellen und hier Kolibakterien – ganz unterschiedliche Arten.

Diese *E.coli*-Bakterien wachsen in eine Richtung. Wenn sie der Ansicht sind, sie sind lang genug, und möchten sich teilen, dann bilden sie einen Ring genau in der Mitte der Zelle. Dieser kontrahiert auf mysteriöse Art und Weise und teilt die beiden Tochterzellen voneinander.

Das Interessante ist die Positionierung dieses Ringes. Denn die Zelle ist relativ ungeordnet, und trotzdem findet dieser Ring immer die Mitte.

(Folie 13)

Interessanterweise sind die Proteine, die diesen Ring positionieren, gar nicht der Ring selbst, sondern das sind die sogenannten Min-Proteine. Das ist eine Klasse von Proteinen. Man könnte diese aus der Zelle herausnehmen; die Zelle braucht sie eigentlich nicht. Doch wenn diese Proteine nicht mehr in der Zelle sind, kann die Zelle den Ring nicht mehr in der Mitte positionieren, sondern dann teilt sich die Zelle irgendwo: nicht mehr in der Mitte, auch nicht auf halber Strecke, sondern irgendwo anders.

Diesen Sternenhimmel erhalten Sie, wenn die Zelle die Positionierungsmaschinerie nicht mehr enthält. Ansonsten wird die Mitte mit sehr hoher Präzision gefunden.

(Folie 14)

Interessant wird die Sache, wenn wir uns anschauen, was die Proteine, die diesen Ring positionieren, eigentlich tun. Sie tun etwas, was Physiker sehr schön finden: Sie oszillieren hin und her. Hier sehen Sie eine Zeitrafferaufnahme, die mit einem Fluoreszenzfarbstoff markiert wurde. Die Proteine oszillieren in der Zelle, gehen also von einer Seite auf die andere.

Hier sieht man dieses Selbstorganisations-system in Reinkultur. Ein bakterielles System ist ein relativ einfaches System, das heißt, man kann solche Prozesse, die es vermutlich in allen Zellen gibt, sehr deutlich darstellen.

Die Oszillation führt dazu, dass in der Mitte der Zelle immer nur wenige dieser Proteine sind. Das Faktum, dass die Proteine immer in einer Polkappe sind, sorgt dafür, dass in der Polkappe kein Ring geformt wird, sondern in der Mitte, wo sie fast nie sind.

(Folie 15)

Es gibt drei Sorten dieser Proteine. Das MinD bindet an die Polkappen und das MinE ist wie ein kleiner Staubsauger: Er nimmt das MinD eins nach dem anderen wieder von den Polkappen ab. Diese wissen dann nicht, wo sie hinsollen, gehen auf die andere Seite und binden dort wieder an die Polkappe, bis sie erneut weggekratzt werden. Das klingt ziemlich sinnlos, aber so funktioniert die Positionierung dieses Ringes.

Der tatsächliche Inhibitor – also das, was diesen Ring an allen anderen Stellen als an der Mitte verhindert – ist das dritte Protein, das für die Oszillation gar nicht notwendig ist: das MinE.

(Folie 16)

So sieht das Ganze als Prozess aus. Hier sehen Sie, wie eine relativ einfache Funktion in der Zelle, nämlich die Mitte zu finden, mit viel Energie erkaufte wird. Die Oszillationen benötigen nämlich viel ATP, das ist die Energie-währung der Zelle.

(Folie 17)

Man sollte denken, dass es, wenn man eine solche Zelle selbst bauen müsste, einfachere Möglichkeiten gibt, den Ring in der Mitte zu bilden. Manchmal ist es durchaus sinnvoll, sich Gedanken darüber zu machen, ob es nicht auch einfacher als in der Natur geht. Doch das möchte ich gar nicht weiter ausführen, denn wir wollten die Musterbildung verstehen, also die Ausbildung von spontaner Inhomogenität aus einem homogenen System. Wie funktioniert das? Geht das wirklich auf molekularer Ebene mit ganz einfachen Mitteln, so wie Turing es damals formuliert hat?

Wir haben die Proteine aufgereinigt, man kann sie prima herausholen. *E. coli* ist eine Produktionsmaschinerie für Moleküle; das heißt, wir haben sie aus dem Organismus herausgeholt, haben sie fluoreszenzmarkiert und in ein Mikroskop getan. Wir haben allerdings die Zelle nicht als Zelle gelassen, als geschlossenes Kompartiment, sondern die Membran offen auf einen Untergrund gelegt. Das ist die Zellmembran aus *E. coli*, die hier liegt, nur die Membran, keine Proteine, und wir haben die Min-Proteine in wässriger Lösung darübergetan und beobachtet, was passiert.

(Folie 18)

Was passiert? Wenn Sie keine Energie dazugeben: gar nichts. Dieser Prozess der Oszillation ist, wie gesagt, energieabhängig und braucht ATP. Ohne Energie passiert nichts. Wenn Sie ein Simulant des ATP geben, ein falsches ATP, das sich nicht hydrolisieren lässt, das nur so aussieht wie ATP, dann bindet tatsächlich dieses Protein, das ursprünglich an die Polkappen bindet, an die Membran. Die Bindung ist also ein energiegetriebener oder ATP-getriebener Prozess. Aber es entsteht keine Struktur. Erst wenn Sie das ATP wirklich verbrauchen lassen, sehen Sie etwas, was uns damals, als wir es gemessen haben, wirklich die Sprache verschlagen hat, weil das ein so einfaches System ist.

Es sind zwei Proteine, die miteinander wechselwirken, und ATP als Energie, die zugeführt wird. Hier sehen Sie in Reinform, wie aus einfachsten Systemen Struktur und Muster ausgebildet werden.

Die entstehenden Wellen sind im Grunde das Analogon einer Oszillation, so wie sie im geschlossenen System vorliegt, in einem offenen System. Denn hier kehren nicht die Proteine zur anderen Polkappe zurück, sondern sind weg. Das heißt, die Wellen schreiten voran.

(Folie 19)

Noch schöner wird es, wenn Sie aus dem System herausgehen und sich größere Zusammenhänge anschauen. Dann können Sie solche Spiralmuster erkennen, wie man sie auch aus anderen selbstorganisierten Systemen, entweder aus der unbelebten Natur oder aus größeren Zellkolonien, kennt.

Damit wollte ich Ihnen zeigen, was dieser synthetische Ansatz bringen kann. Wir können tatsächlich zu den Ursprüngen zurückkehren und beobachten, wie etwas wie Selbstorganisation durch Energie auf molekularer Ebene beginnen kann. Dies ist noch ganz weit entfernt von allem, was mit künstlicher Zelle zu tun hat.

(Folie 20)

Der nächste Schritt ist, dieses System nicht in offenen Membranen zu betrachten, sondern die ringbildenden Proteine in ein Vesikel einzuschleusen und zu beobachten, wie sich in der Mitte eines solchen Kompartiments dieser Ring bildet und das Kompartiment teilt. Das wäre der erste Schritt hin zu einem sich selbst organisierten teilenden System. Da sind wir noch nicht, aber ich hoffe, dass wir in den nächsten Jahren dahinkommen.

(Folie 21)

Ich möchte mich bei Ihnen ganz herzlich für Ihre Aufmerksamkeit bedanken und bei denen, die diese Arbeit gemacht haben. Als Ersten möchte ich Martin Loose nennen, ein sehr begabter Doktorand, der dieses Min-System bei uns im Labor zum Laufen gebracht hat. Ich bedanke mich bei meinen Kooperationspartnern und der Finanzierung, die auch sehr wichtig ist. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

(Applaus)

Stakeholder-Diskussion

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Herzlichen Dank, Frau Professor Schwille. Das war ein Einblick in den ersten Schritt der Prozessbildung in Richtung auf etwas, was auch zum Thema Leben gehört, nämlich der Vermehrungsfähigkeit von biologischen Systemen wie etwa dem einfachsten System einer Bakterie.

Jetzt möchten wir den Vortrag von Frau Schwille in eine Stakeholder-Diskussion einbinden, bei der der eigene Umgang mit dem Themenfeld der Synthetischen Biologie zurzeit abgefragt werden soll. Ich darf dazu zunächst Nils Christian Lübke begrüßen. Er ist Doktorand am Center für Biotechnology der Universität Bielefeld und Teilnehmer am berühmten Wettbewerb der International Genetically Engineered Machine Foundation (iGEM). Wir sind sehr gespannt auf Ihr Statement.

(Applaus)

Nils-Christian Lübke · iGEM-Team der Universität Bielefeld 2010

Vielen Dank für die Einleitung, Herr Catenhusen. Bevor ich anfangen möchte, ich kurz dem Organisator der heutigen Veranstaltung, dem Deutschen Ethikrat, für die Möglichkeit der Teilnahme danken und natürlich Ihnen hier im Publikum. Obwohl wir eben gehört haben, dass dies eigentlich eine wirtschaftswissenschaftliche Universität ist, freue ich mich, dass sich so viele Personen eingefunden haben, um mit uns über dieses neue, spannende Feld der Biologie, die Synthetische Biologie zu diskutieren.

Mein Name ist Nils-Christian Lübke, ich bin Doktorand der Universität Bielefeld, letztjähriges aktives Mitglied im iGEM-Wettbewerb und dieses Jahr in betreuender Funktion tätig gewesen.

Was ist der iGEM-Wettbewerb und was hat er mit Synthetischer Biologie zu tun? Ich möchte

Ihnen heute gerne die studentische Sicht der Synthetischen Biologie am Beispiel dieses Wettbewerbs näherbringen.

Der International Genetically Engineered Machine Competition oder kurz iGEM-Wettbewerb wird jährlich vom Massachusetts Institute of Technology ausgerichtet und wendet sich an untergraduierte Studenten, also Studenten, die noch keinen Master- oder Diplomabschluss haben. Diese finden sich in Teams zusammen und realisieren über die Sommermonate, ungefähr sechs Monate, ein eigenes biologisches Projekt. Dieses Projekt wird anschließend von einer Fachjury kritisch bewertet und geprüft und je nachdem, wie es gelaufen ist, am Ende ausgezeichnet.

Was hat das mit Synthetischer Biologie zu tun? Synthetische Biologie ist eine Mixtur aus informatischen, physikalischen, chemischen und molekularbiologischen Methoden. Wie Frau Schwille schon gesagt hat: Soweit ist das nichts Neues. Neu ist jetzt die Technologisierung der Biologie. Im iGEM-Wettbewerb wird die Technologisierung über standardisierte DNA-Bausteine ermöglicht. Standardisierung ist ein Schlagwort der Synthetischen Biologie und ermöglicht es uns, BioBricks, also die standardisierten DNA-Bausteine, schnell und simpel überall auf der Welt mit den gleichen Methoden zu verknüpfen. Zudem kann man über eine Standardisierung oder Modularisierung Ergebnisse besser modellieren, simulieren und abschätzen. Folgende Beispielprojekte kann ich Ihnen nennen: Bakterien, die nach Bananen duften, bakterielles Blut, Bakterien, die als Leselampe funktionieren können, oder Biosensoren für Umweltgifte und Schadstoffe aller Art.

Wie funktioniert das? Man kann dies mit einem Ingenieur aus der Technikwissenschaft vergleichen: Auch dieser braucht einen Bau- oder Schaltplan über die Werkzeuge und Materialien, die er benutzen möchte, um sein Gerät zu bauen. Auch unsere BioBricks sind in einer

Datenbank gesammelt. Hinterlegt wird nicht nur die Nukleinsäuresequenz, sozusagen die technischen Details, sondern auch eine Charakterisierung. Die Charakterisierung bedeutet, dass alle Teams, die mit dem BioBrick arbeiten, ihre Erfahrungen aus den Laboratorien dort einbringen. Um noch einmal auf die Technikwissenschaften zurückzukommen: Wenn ich ein Auto bauen möchte und einen Auspuff brauche, dann schaue ich in der Datenbank nach, welchen Auspuff ich brauche. Darin finde ich die technischen Details, also die Nukleinsäuresequenz, und Informationen darüber, wie sich der Auspuff an welchem Auto in welcher Straßenlage verhält. So kann ich viel besser planen.

Ich möchte kurz auf das künstliche Leben eingehen, was bei Frau Schwille schon kurz angeklungen ist. Meiner Ansicht nach handelt es sich bei den BioBricks nicht um künstliches Leben, da sie auf natürlichen biologischen Elementen basieren, die lediglich neu kombiniert werden.

Neben dem biologischen Aspekt ist beim iGEM-Wettbewerb eine sicherheitstechnische und ethische Reflexion zum eigenen Projekt sehr wichtig und wird vom Wettbewerb gefordert. Ohne einen fundierten Sicherheitsplan darf kein Team mitmachen. Darüber hinaus wird über Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation mit Partnern aus Industrie oder Politik über das eigene Projekt reflektiert.

Folgende Beispiele kann ich Ihnen hier nennen: das molekulare Wasserzeichen der Universität aus Odense im letzten Jahr oder den Eid der Synthetischen Biologie des Teams aus Freiburg in diesem Jahr, der sich ein wenig an den Eid des Hippokrates in der Medizin anlehnt. Das Team aus Bielefeld hat sich mit Herrn Dr. Sautter vom Büro für Technikfolgenabschätzung des Bundestages zusammengetan, um dort ein Feedback zum Thema zu erhalten.

Daneben gehen wir auch an die Öffentlichkeit, wie heute zum Beispiel, oder an Schulen oder andere öffentliche Veranstaltungen. Das Bielefelder Team ist eher im Raum Bielefeld geblieben, um mit der Öffentlichkeit über die Möglichkeiten und Potenziale der Synthetischen Biologie zu diskutieren. Denn wir sind der Meinung, dass ein Konsens in der Biologie nur gefunden werden kann, wenn man miteinander anstelle übereinander redet. Das bezieht alle gesellschaftlichen Schichten mit ein: Industrie, Politik, Wissenschaftler und vor allem auch Sie, die Öffentlichkeit. Deswegen freue ich mich auf eine lebhaftige Diskussion mit Ihnen am heutigen Tag. Vielen Dank.

(Applaus)

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Meine Damen und Herren, wenn es um die Aufforderung zum gesellschaftlichen Diskurs geht, dann stehen immer die Zivilorganisationen, die NGOs im Mittelpunkt. Deshalb darf ich jetzt ganz herzlich als nächsten Redner Rüdiger Stegemann begrüßen. Er ist Mitglied des geschäftsführenden Vorstandes des Pestizid-Aktionsnetzwerkes PAN Germany, seit Jahrzehnten aktiv im Bund für Umwelt und Naturschutz in Deutschland und hat Erfahrungen mit einer Reihe von Technikdiskursen und Wissenschaftskonflikten in unserem Lande.

(Applaus)

Rüdiger Stegemann · Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland e. V. (BUND)

Vielen Dank für die nette Vorstellung und mein Dank an die Organisatoren, an den Ethikrat, schon an dieser Stelle der Diskussion die Zivilgesellschaft einzubeziehen. Wir sprechen vom Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschlands natürlich nicht für die gesamte Zivilgesellschaft, aber es ist wichtig, dass wir uns frühzeitig an dieser Diskussion beteiligen und beteiligen können.

Die Synthetische Biologie ist eine Technologie, die neue Fragen aufwirft. Der BUND hat sich bislang noch nicht im Einzelnen dazu geäußert, aber wir haben uns im Rahmen des BUND und darüber hinaus mit anderen Risikotechnologien beschäftigt. Aus diesen Erfahrungen lassen sich bereits jetzt zur Synthetischen Biologie einige Aussagen ableiten.

Der BUND gehört zum weltweiten Verband Friends of the Earth. Dazu gehören eine Reihe Organisationen auch im globalen Süden. Mir ist es schon an dieser Stelle wichtig, darauf hinzuweisen. Wir arbeiten, wie schon angedeutet, mit vielen anderen zivilgesellschaftlichen Organisationen im In- und Ausland zusammen.

Ein kurzer Rückblick: Bislang waren die Erfahrungen mit neuen Technologien meistens so, dass Fakten, Anwendungen geschaffen worden waren, bevor die gesellschaftliche Diskussion begann. Ist dies bei der Synthetischen Biologie anders? Wir sind noch nicht tief genug in die Materie eingedrungen, aber ich möchte die Frage, ob die gesellschaftliche Begleitung nun anders ist als bei anderen Technologien, offenlassen.

Als BUND kümmern wir uns nicht nur im engeren Sinne um Umwelt und Naturschutz. Die Kernfrage ist die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung. Wie kann diese wahrgenommen werden? Dieser Frage widmet sich auch der heutige Tag. Das heißt konkreter: Wie kann eine demokratische Willensbildung über solche technologischen Entwicklungen organisiert werden, die die Gesamtgesellschaft, die Umwelt und die Natur beeinflussen? Dazu gehört die Frage: Wer entscheidet eigentlich über neue Lebensformen und ihre Anwendungen? Ich benutze hier einmal die Chiffre „neue Lebensformen“, wir sollten die Ausführungen über Künstlichkeit oder nicht noch weiter diskutieren. Dazu gehört auch der Aspekt: Wer trägt eventuelle Risiken?

Aus der Erfahrung werfe ich besonders die Frage auf: Werden erwartete Chancen realistisch eingeschätzt? Werden absehbare und plausible Risiken, also nicht bereits entstandene Risiken analysiert und ernst genommen und wie geschieht dies? Wie werden angemessene Methoden der Technikfolgenabschätzung entwickelt oder weiterentwickelt? Wie wird das Ganze in den ethischen Dimensionen diskutiert? Ist die Ethik ein Anhängsel, das man gern pflichtschuldig daran befestigt? Oder ist sie ein essenzieller Bestandteil? Wie steht es mit der Orientierung, was heißt Ethik? Wie steht es mit der Orientierung an den Werten Gerechtigkeit, Frieden, Bewahrung der Vielfalt, insbesondere der biologischen Vielfalt, aber nicht nur dieser? Wie steht es mit dem Umgang mit dem Leben? Letzteres frage ich vor dem Hintergrund, dass in diesem Kontext auch schon von Human Enhancement gesprochen wird.

Zu berücksichtigen sind unter anderem Auswirkungen auf die Umwelt, Landnutzung, Biodiversität, menschliche Gesundheit, Arbeitswelt, Agrar-, Wirtschafts- und Gesellschaftsstrukturen, außerdem auf das traditionelle Wissen und traditionelle Praktiken, auf Innovationen, Gewohnheitsrechte und nicht zuletzt auf Menschenrechte; weiterhin auf indigene Völker, örtliche Gemeinschaften, auf Bäuerinnen und Bauern, Pastoralisten, Fischer.

Einige Gedanken zur politischen Dimension: Reichen eigentlich Selbstregulierung oder freiwillige Verhaltenskodizes? Erfahrungen zeigen, dass verbindliche gesetzliche Regelungen erforderlich sind, national, EU-weit und international. Diese müssen dem Vorsorgeprinzip verpflichtet sein.

Um den Blick noch einmal international zu weiten: Nicht wenige internationale Verträge sind tangiert; sie müssen abgeklopft werden, ob sie die Synthetische Biologie adäquat berücksichtigen können oder womöglich angepasst werden müssen. Gegebenenfalls müssen neue

Instrumente geschaffen werden. Zu nennen sind unter anderem die Biodiversitätskonvention, das Cartagena Biosafety Protocol, das Nagoya/Kuala Lumpur SubProtocol on Liability and Redress for Damages, due to the Transboundary Movement of Transgenics. Dies ist ein aktuelles Thema, das international und damit auch für uns auf dem Tisch liegt. Weiterhin noch zwei Beispiele: das Nagoya Protocol on Access and Benefit Sharing, also der Zugang und der Vorteilsausgleich, und nicht zuletzt die UN Framework Convention on Climate Change.

Synthetische Biologie heißt das heutige Thema, aber ich werfe jetzt einen Blick über den Teller- rand dieser speziellen Technologie auf den gesamten Komplex der Risikotechnologien. Dazu zähle ich Atomtechnologie, Informationstechnologie, Gentechnik, Nanotechnologie, eben Synthetische Biologie und die Entwicklung in der Neurowissenschaft. Ihnen ist gemeinsam: Sie sind *converging*, das heißt sie sind komplex und miteinander verzahnt. Sie sind *emerging*. Was heißt das? Nehmen wir die englische Grammatik einmal wörtlich: Sind sie aufkommend oder werden sie aufgebracht?

Das führt mich zu der nächsten definitorischen Komponente: Sie sind *corporate driven*. Das heißt: Die Wirtschaft und ihre speziellen Interessen sind oft die treibende Kraft. Und sie sind *technology-driven*, diese Technologien suchen ihre Anwendung, auch wenn gesellschaftliche Probleme nach anderen Antworten verlangen.

Im Blick auf diesen Gesamtkomplex, aber auch auf die einzelne Technologie wie die Synthetische Biologie stellen sich Querschnittsfragen und parallele Grundfragen nach Zielsetzungen, Kriterien der Entscheidungsfindung, nach zu lösenden Problemen und Vorgehensweisen und nicht zuletzt nach Frühwarnsystemen, was sich auflösen lässt in *early warning* und *early listening*. Dies ist in der Vergangenheit

mit diesen Technologien nicht immer gleichzeitig geschehen.

Wie kann man das organisieren? Erforderlich sind partizipatorische Prozesse mit den Betroffenen, den Akteuren, der Politik und der Zivilgesellschaft.

Ich komme zur Schlussbemerkung. Es gibt sehr viele offene Fragen. *Business as usual is not an option*. Ein Weiter so ist nicht zu verantworten. Nötig ist ein Moratorium für die öffentliche Forderung und Implementierung der Synthetischen Biologie. Nötig sind demokratische Zulassungsprozesse und Transparenz bei Forschungsergebnissen. Nötig ist die Diskussion und Anerkennung des Restrisikos in Anführungszeichen sowie ein verantwortlicher und vorsorgender Umgang damit. Nötig ist eine gleichberechtigte Förderung alternativer Lösungs- und Technologieansätze. Der BUND ist grundsätzlich bereit zur Teilnahme an den erforderlichen gesellschaftlichen Diskussionen. Vielen Dank.

(Applaus)

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Als letzter Input nun der Beitrag von Professor Oskar Zelder. Wir hatten gerade etwas zum Thema *economic-driven* in Bezug auf Synthetische Biologie gehört. Professor Zelder ist seit 1995 bei der biotechnologischen Forschung bei der BASF in Ludwigshafen tätig, derzeit als Leiter der Forschung im Bereich Fermentationsprodukte, also ein künftiges mögliches Anwendungsgebiet für die Zellen, über die Frau Schwille geredet hat. Denn wenn diese sinnvolle Stoffe produzieren könnten, würden sie möglicherweise in den Fermentern der BASF landen.

(Applaus)

Prof. Dr. rer. nat. Oskar Zelder · BASF

Auch ich möchte mich bedanken, dass ich heute hier eingeladen wurde, um an der Diskussion teilzunehmen. Frau Schwille hat in ihrem Vor-

trag eindrucksvoll gezeigt, was die moderne Biologie, die Biophysik leisten kann in Bezug auf den Erkenntnisgewinn. In ihrer Einleitung hat sie auf Ziele der industriellen Biotechnologie hingewiesen, und das ist das Gebiet, das ich veretre.

Die industrielle Biotechnologie nutzt Mikroorganismen zur Herstellung von Chemieprodukten im weitesten Sinne: von Enzymen, aber auch Biokraftstoffen; Bioethanol ist ein großes Gebiet. Viele Unternehmen – dazu zählt auch die BASF – fokussieren sich auf Chemieprodukte, das sind beispielsweise Vitamine, Wirkstoffe und Antibiotika. Die verwendeten Produktionsverfahren gibt es schon seit langer Zeit. Ein bekanntes Beispiel ist das Penicillin, das in den Vierzigerjahren in Produktion ging. Natürlich müssen diese Organismen optimiert werden, denn die Mengen reichen für ein Herstellverfahren nicht aus. Im Fall von Penicillin ist dies durch Züchtungsverfahren, Mutation und Selektion geschehen. Das dauert Jahrzehnte.

Im Laufe der Zeit sind gentechnische Methoden hinzugekommen. Man nutzt die Gentechnik, um Enzyme, aber auch Wirkstoffe herzustellen und um Mikroorganismen zu optimieren. Das tut man mittlerweile schon seit einigen Jahrzehnten. Dazu gibt es auch in allen Ländern gesetzliche Regularien. Auch die Gentechnik unterliegt einer Entwicklung; ständig kommen neue Methoden hinzu. Vor fünfzehn Jahren beispielsweise wurde die Optimierung von Mikroorganismen als „Metabolic Engineering“ beschrieben, also ein Aspekt, der auf besseres Verständnis und bessere Planbarkeit dieser Optimierung abhebt. Dasselbe beansprucht die Synthetische Biologie heute auch; daher kann man es durchaus – Frau Schwille hat es gesagt – als alten Wein in neuen Schläuchen bezeichnen.

Die Molekularbiologie, die Gentechnik hat ein außerordentliches Potenzial zur Entwicklung

neuer Produkte, zum Beispiel neuer Wirkstoffe. Immer steht jedoch die Biologie im Vordergrund. Existierende Zellen werden optimiert. Was hier nicht passiert, ist, dass synthetisches Leben geschaffen wird. Das ist mein Kritikpunkt an der Diskussion zur Synthetischen Biologie: Die Methoden, die wir haben (und die auch optimiert werden), werden in einen Topf geworfen mit Vorhaben, die zum Ziel haben oder denen nachgesagt wird, dass sie in irgendeiner Weise synthetisches Leben herstellen wollen.

Es ist notwendig, noch einmal die Begriffe zu definieren: Was ist überhaupt Synthetische Biologie? Wir müssen noch deutlicher machen, worüber wir sprechen, damit wir nicht in einer Debatte sehr erfolgversprechende Arbeitsgebiete durch Zweifel und ungerechtfertigte Reglements belasten. Darin sehe ich eine gewisse Gefahr, und deswegen glaube ich, dass die Diskussion noch am Anfang steht. Wir müssen aufpassen, dass sich anwendungsorientierte Gebiete von den Grundlagengebieten unterscheiden und dass wir zur Kenntnis nehmen, dass künstliches Leben noch nicht geschaffen worden ist und sicherlich, falls es überhaupt sein möglich ist, in ferner Zukunft liegen wird. Hier ist es sinnvoll, vorauszudenken. Allerdings sollten wir aufpassen und genau definieren, wovon wir sprechen. Danke schön.

(Applaus)

Diskussion mit dem Publikum

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Vielen Dank, Herr Professor Zelder. Bevor Sie die Möglichkeit haben, Fragen zu stellen, möchte ich einen Punkt ansprechen, der für uns wichtig ist. Frau Professor Schwille, ich habe Sie so verstanden, dass Sie eine Perspektive öffnen für synthetische Zellen, die kein Vorbild in der Natur haben, denn diese Art von Zellen gibt es in der Natur nicht. Die Frage ist: Wie weit sind wir eigentlich mit der Beschreibung des

Forschungsfeldes? Jeder, der bei Synthetischer Biologie mitdiskutiert, fragt sich: Was ist damit gemeint? Gibt es da schon einen Konsens darüber? Gibt es einen Arbeitsbegriff, mit dem man umgeht?

Petra Schwille (TU Dresden)

Nicht dass ich wüsste. Es gibt generelle Definitionen wie Standardisierung, Modularisierung, die eher organisatorisch an die Sache herangehen im Sinne von: Wir organisieren die Synthetische Biologie und diese Registry, in der alle biologisch definierten Module zusammengefasst werden. Dann hat man eine Basis, aus der etwas herausgenommen und zusammengebaut werden kann. Das Problem ist aber: Wenn es wirklich um synthetisch im eigentlichen Sinne geht, nämlich um das Aufbauen von etwas, dann haben wir immer noch keine allgemein akzeptierte Definition dessen, was Leben ist. Selbst synthetisches Leben ist deswegen so schwierig in Worte zu fassen, weil jeder den Begriff anders versteht.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Aber der Begriff „Lebenswissenschaften“ geht uns flott von der Zunge, nicht wahr? Mit welchen Arbeitsbegriff gehen Sie bei der BASF an das Thema Synthetische Biologie heran?

Oskar Zelder (BASF)

Synthetische Biologie ist ein Begriff, der erst in letzter Zeit aufgekommen ist. Wir haben uns bisher an den Begriff des Metabolic Engineerings gehalten. Wir nutzen die Molekularbiologie, die Gentechnik, um bestehende Organismen zu optimieren, zum Beispiel einen Wirkstoff herzustellen. Dabei nutzen wir bestehende Organismen: Es kann ein Gen hinzugefügt oder eines ausgeschaltet werden. Wir nutzen die Molekularbiologie, um die Organismen besser zu verstehen und vielleicht den nächsten Optimierungsschritt effizienter zu gestalten. Aber wir sind nicht daran interessiert, grundsätzlich neues oder künstliches Leben zu

erschaffen. Hier sehe ich ein bisschen die Gefahr bei diesem Begriff. Im Feld tummeln sich unterschiedliche Spieler. Es gibt eine Stellungnahme der DFG zusammen mit den Akademien Leopoldina und acatech. Genannt werden teilweise Disziplinen wie Metabolic Engineering. Es gibt aber Wissenschaftler, die sich mit sogenannten Protozellen beschäftigen, deren visionäres Ziel es ist, neuartiges Leben aus dem Reagenzglas zu schaffen. Meiner Ansicht nach ist es nicht gerechtfertigt, diese Arbeitsgebiete künstlich zusammenzubringen und mit einem Oberbegriff zu versehen.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Ist die Definition für Sie ein Problem? Sie haben am Wettbewerb eine klare Begrifflichkeit, oder?

Nils Christian Lübke (iGEM-Team)

Bei uns ist es etwas einfacher, weil wir in erster Linie mit der Modularisierung umgehen. Es geht in erster Linie darum, aus BioBricks etwas zu formen. Das von Herrn Zelder beschriebene breite Feld haben wir auch: Die Kreativität ist weit aufgestellt, aber wir treten in diesem Wettbewerb nicht mit allen Formen der Synthetischen Biologie in Kontakt.

Grundsätzlich stimme ich allen Parteien zu, dass hier eine Definitionsfrage vorliegt. Ich gehe hier von der anderen Seite heran: Gerade weil wir als Studenten viel Öffentlichkeitsarbeit betrieben haben, ist es extrem wichtig, klar zu definieren, was man eigentlich tut. Denn viele Begriffe werden in der Öffentlichkeit stark negativ wahrgenommen; das beginnt schon bei „synthetisch“ in „Synthetischer Biologie“. Deswegen freuen wir uns über eine genauere Definition der Begriffe, die dann allgemein bekannt gemacht wird.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Dabei ist gerade der Begriff „synthetisch“ in der Chemie ein Standardbegriff. Das Spannende ist, was er jetzt in der Biologie bedeutet. Wie ist das für Sie, der Umgang mit der Begrifflichkeit?

Rüdiger Stegemann (BUND)

Der Begriff ist unklar und eine Definition ist nötig – ja und nein. Ich finde die Frage ambivalent. Ja: Diejenigen, die das betreiben und vorantreiben, sollten sagen, was sie tun, und beschreiben, was sie mit dem Konzept meinen. Ich sehe hier eine gewisse Bringschuld. Das ist aber nur die eine Seite, die andere Seite ist Nein – kein klares Nein, sondern eine Einschränkung. Hier möchte ich Bezug nehmen auf das, was ich mit dem Blick über den Tellerrand einer speziellen Technologie gesagt habe, dass wir die Verflochtenheit der verschiedenen Bereiche sehen müssen. Es gibt eigentlich keine losgelöste Synthetische Biologie. Die Komplexität und die gegenseitige Interaktion oder das Zusammenwirken, was sich noch besser aus dem englischen Begriff *converging* oder *converged* ergibt, bedeutet: Sie entsteht erst aus dem Zusammenwirken der Disziplinen. Von daher sollten wir uns nicht nur mit der Definition der Synthetischen Biologie beschäftigen, sondern auch danach schauen, was die Querschnittsfragen sind, die diese und die mitwirkenden anderen Bereiche beschreiben.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Zum Abschluss dieser Runde zitiere ich einen Definitionsversuch aus einem amerikanischen Aufsatz: *Synthetic Biology is an assembly of approaches, unified by a similar goal, namely the production of life*, also eine Ansammlung von Zugangswegen, vereint durch ein vergleichbares Ziel, nämlich die Produktion von Leben. Hier wird noch nicht gesagt: neues Leben, sondern es geht um die technische Herstellung von Leben.

Jetzt können Sie Ihre Fragen und Kommentare an Frau Schwille und die Stakeholder-Runde richten. Bitte schön, Herr Dabrock.

Peter Dabrock (Erlangen)

Herr Stegemann, ich habe eine Frage an Sie. Ich fand es sehr interessant, was Sie gerade

gesagt haben, dass man einen Definitionsversuch starten sollte, aber zugleich vorsichtig sein sollte, sich festzulegen. Jetzt haben Sie aber zum Schluss Ihrer Ausführungen ein Moratorium gefordert, was die Synthetische Biologie anbetrifft, und spätestens dann sind Sie an dem Punkt, sagen zu müssen, ob das nun für alle Dinge gilt, die uns vorgestellt worden sind. Provozierend gesagt: Darf Frau Schwille nicht mehr weitermachen? Oder würden Sie sagen, nur bestimmte Arten der Synthetischen Biologie? Also gibt es für Sie doch so etwas, von dem Sie sagen, das entspricht eher meinem Verständnis von Synthetischer Biologie als etwas anderes? An welchen Kriterien würden Sie das festmachen, am Risiko oder an der gesellschaftlichen Debatte?

Rüdiger Stegemann (BUND)

Ich bin dankbar, dass Sie das Moratorium aufgreifen. Es bezieht sich in erster Linie darauf, dass wir bei dieser neuen Technologie klären sollten, wie wir als Gesellschaft damit umgehen. Diese gesellschaftlichen Entscheidungsprozesse – und ich sage bewusst: gesellschaftliche Entscheidungsprozesse, ich spreche nicht von der Freiheit der Wissenschaften – sind bislang ungeklärt. Ich habe auf die Erfahrungen mit anderen neueren Technologien verwiesen und ausgeführt, dass wir zumindest bei der Gentechnik, sicher auch bei der Nanotechnologie zu spät gekommen sind. Die Fakten waren geschaffen, und jetzt wird angefangen zu diskutieren. Ich würdige es, dass solche Prozesse versucht werden; wir haben als BUND ja in der Nanokommission der Bundesregierung mitgewirkt. Aus diesen Prozessen sollten wir aber lernen, wie wir eine breite Partizipation aller Stakeholder der Gesellschaft organisieren können. Das ist eigentlich die Frage, die beantwortet werden muss. Bis diese Frage nicht geklärt ist, sollte man aufhören, Neues im Sinne des Weiter-so-Forschens zu tun.

Ein kleiner Hinweis noch zum Aspekt Grundlagenforschung und Anwendung: Jede Grundlagenforschung drängt nach Anwendung. Wir haben heute kaum noch kontextfreie Forschung. Man kann es überspitzt als *corporate-driven* bezeichnen. Daher können wir nicht sagen: Wir machen erst einmal Grundlagenforschung, bis wir alles wissen, und dann schauen wir, ob wir es anwenden. Erfahrungsgemäß funktioniert das in der realen Welt nicht.

Christian Kummer

Christian Kummer, München, Hochschule für Philosophie. Frau Schwille, könnten Sie sich mit der Interpretation anfreunden, dass Synthetische Biologie eine unvermeidliche Folge auf den Hype oder auf die Euphorie der genetischen Sequenzierung war, vor allem bevor die Genome sequenziert worden sind, in der Hoffnung auf Formulierungen wie: Wenn wir erst ein Genom synthetisiert haben, dann wissen wir, was Leben ist. Die Antwort war – bei allem Positiven, von dem ich jetzt nicht sprechen muss – enttäuschend: Wir wissen es eben nicht. Deshalb müssen wir als nächste Stufe das versuchen, was Sie als Modularisierung beschrieben haben: Wie könnte Natur auf einfachen Ebenen mit Bausteinen, die wir sequenziert haben, funktionieren?

Wenn Sie sagen: Ja, das ist eigentlich das, was wir im Moment wollen, dann hätte ich meine liebe Not mit Ihrem Statement, Herr Stegemann. Warum muss jetzt schon ein Moratorium gebracht werden, warum soll jetzt schon etwas gesellschaftlich relevant sein, was doch ein innerbiologischer oder innernaturwissenschaftlicher Diskurs ist? Sie klammern sich bereits an das Phantombild künstlich erzeugte Lebewesen, von dem uns eine Entfernung trennt, von der ich gar nicht wüsste, wie wir sie überwinden können, trotz oder gerade wegen der Publikationen von Craig Venter.

Petra Schwille (TU Dresden)

Genau das meinte ich. Symptomatisch ist auch, dass Craig Venter derjenige ist, der auch die Gesamtsequenzierung des Humangenoms vorangetrieben hat, sozusagen als Single Man. Wir wissen nicht, was Leben ist, wir wissen es auch nach der Sequenzierung des Genoms noch nicht, wir werden es vermutlich auch nach der Ära der Synthetischen Biologie immer noch nicht richtig wissen. Das Einzige, was wir wissen, ist, dass es uns in Erstaunen versetzt. Als Wissenschaftler ist man, wenn man erstaunt ist, immer genötigt, zu verstehen, was einen erstaunt. Ich hoffe, dass ich das weiter betreiben kann, ohne von einem Moratorium gefährdet zu sein.

Olaf Fritsche

Mein Name ist Olaf Fritsche, ich bin Wissenschaftsjournalist aus Heidelberg. Ich denke, wir stehen zu sehr am Hier und Jetzt. An die Wissenschaftler gerichtet: Wenn wir etwas haben, was eventuell viele neue Möglichkeiten birgt, dann müssten wir uns überlegen, was ist in zehn Jahren, was ist in zwanzig Jahren? Nicht: Was mache ich jetzt in meinem Labor? Denn wir sind gerade am Anfang einer Entwicklung.

Daher an Sie die Frage: Was könnte eventuell für die Gesellschaft kritisch werden und eine Umwälzung im positiven oder negativen Sinne sein? Ich glaube nicht, dass in unserer globalen Welt ein Moratorium in Deutschland, in Europa, in den Industrienationen irgendetwas bringt. Um Synthetische Biologie oder Gentechnik im größeren Rahmen zu betreiben, braucht man nicht so große Apparate wie für die Atomtechnik. Im Prinzip kann das fast jeder Wissenschaftler, wenn er entsprechend ausgebildet ist. Für Geld würde sich sicherlich jemand finden, der das macht, auch wenn man einen Eid ablegt. Wenn er genug Geld hat, könnte er sich ein solches Labor aufbauen. Wie wollen wir realistisch – aber nicht mit einem Moratorium –

versuchen, das als globale Gesellschaft zu lenken?

An die Wissenschaftler: Was könnte uns in zehn, zwanzig, dreißig Jahren bevorstehen, positiv wie negativ? An den Skeptiker, an den Kritiker: Wie könnten wir das als Gesellschaft tatsächlich noch lenken? Geht das überhaupt oder ist der Zug schon abgefahren, weil gemacht wird, was gemacht werden könnte?

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Wobei Ihre Perspektive dreißig Jahre vielleicht schon etwas kühn ist, zehn bis zwanzig Jahre ist vielleicht etwas belastbarer.

Jochen Taupitz (DER)

Jochen Taupitz, Deutscher Ethikrat und Mitglied der Universität Mannheim. Meine erste Frage richtet sich an die Naturwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler: Welche konkreten Anwendungsfelder wird es möglicherweise geben? Auch wenn das allenfalls ein Scheck auf die Zukunft ist und Sie das nicht genau vorhersagen können, aber welchen konkreten Nutzen haben wir in der Gesellschaft möglicherweise von dieser Grundlagenforschung, die Sie heute betreiben?

An Herrn Stegemann die Frage: Welche besonderen Risiken sehen Sie? Es gibt natürlich die Safety-Problematik. Kann man diese Organismen sicher einhegen, sodass sie nicht unkontrolliert in die Umwelt gelangen? Das ist ein altbekanntes Problem.

Da frage ich Frau Schwille. Sie sagen: Wenn diese Organismen so reduziert sind, dann werden sie in der feindlichen Umwelt wahrscheinlich nicht überleben. Also haben wir doch das Sicherheitsproblem im Wesentlichen viel besser im Griff als bei anderen Technologien.

Dann gibt es das Security-Problem, Stichwort Terrorismus: Können irgendwelche bösen Menschen mit diesen Organismen etwas anfangen, was dann Terrorismus oder Ähnliches

als Konsequenz hat? Kann man die Labore genügend überwachen, dass da nichts Schlimmes passiert? Das richtet sich auch an Sie, Herr Lübke. In diesen Wettbewerben wird auf so etwas Wert gelegt. Haben wir da wirklich ein neues Problem? Ich glaube eigentlich nicht.

Frau Große-Breuing

Ich bin Normalbürgerin und sehr kritisch in dieser Sache. Ich habe viele Fragen. Es ist bekannt, dass im Mittelmeer aus einem Labor aus Versehen irgendwelche Algen herausgeschwemmt sind. Das ist eine absolute Katastrophe; dort existiert kein Leben mehr, weil die Algen alles Leben vernichten. Auch wenn genveränderte Fische in die freie Natur gelangen – was, wie man sieht, im Mittelmeer schnell passieren kann –, kommt es zu einer unendlichen Katastrophe.

Dann wissen wir heute nicht, welche Lebensmittel überhaupt gentechnisch verändert sind. 75 Prozent unserer Lebensmittel sind mittlerweile genverändert. Wir wissen davon nichts, weil diese Genveränderung umbenannt wurde: Es wird nur das als genverändert bezeichnet, wo der Zellkern verändert wurde, aber nicht die Zelle. Das ist aber in meinen Augen genauso eine Genveränderung.

Außerdem hat Monsanto die Bauern überall auf der Welt in Angst und Schrecken versetzt. Durch die Genveränderung werden die Nahrungsmittel erheblich teurer werden, weil die hergestellten Hybride keine Nachkommen zeugen. Das wird meiner Meinung nach zu einer Hungersnot führen und zu einem Geldbeutelzuwachs der industriellen Produktion. Es ist notwendig, möglichst schnell etwas dagegen zu tun.

In Indien wird den Leuten untersagt, Paprika – das dort ein Antibiotikum ist – als Nahrungsmittel zu benutzen, weil da irgendwelche Patente daraufliegen. Dann wird bis Ende des Jahres in der EU ein Volksbegehren laufen, das

dazu führen soll, dass die Patente nicht so teuer werden, damit unsere Lebensmittel wiederum nicht zu teuer werden, weil wir sonst irgendwann fünf Euro für eine Kartoffel bezahlen. Guten Tag, danke.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Wir sollten aufpassen, dass wir heute nicht die Debatte um grüne Gentechnik in den Mittelpunkt stellen. Durch die Synthetische Biologie werden auch noch andere Fragen aufgeworfen.

Jürgen Schmude

Jürgen Schmude, Mitglied des deutschen Ethikrates. Herr Professor Zelder, ich möchte Sie gern noch einmal zu Wort bringen, indem ich erstens frage: Würde ein Moratorium der öffentlichen Förderung dieser Forschung Ihre Arbeiten in irgendeiner Weise betreffen und behindern? Sie haben in einer Nebenbemerkung deutlich gemacht, dass Sie von dem Begriff der Synthetischen Biologie nicht überzeugt sind, aber dass Sie glauben, dass man durch einen solchen Begriff die öffentliche Förderung erleichtert.

Das Zweite: Wenn Sie die Aufgabe so sehen, wie Sie sie uns beschrieben haben, erkennen Sie ein Interesse der Öffentlichkeit, begleitend informiert zu werden und in irgendeiner Form über Konsequenzen und Risiken zu diskutieren, um auf die weitere Entwicklung Einfluss zu nehmen? Oder sehen Sie ein solches Interesse eher nicht oder gar nicht?

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Das waren eine Reihe von Fragen. Ich schlage vor, dass Frau Schwille als Erste antwortet.

Petra Schwille (TU Dresden)

Ich bin etwas geplättet von der Vielzahl der Aspekte, die angesprochen wurden. Ich vertrete die Grundlagenwissenschaft. Besonders hat mich die Frage nach dem zukünftigen Nutzen und den zukünftigen Bedrohungen durch die Synthetische Biologie bewegt. Als Grundlagen-

wissenschaftler ist man angehalten, immer wieder über den künftigen Nutzen seiner Forschung nachzudenken. Es wird bekanntlich gern gesehen, wenn Wissenschaft irgendwann in Ausgründungen oder Firmen mündet; das ist sicher auch keine unzumutbare Forderung. Was als Wissenschaftler sehr selten gefragt wird, ist: Was kannst du damit für einen Schaden anrichten? Das sollte man einen Wissenschaftler durchaus immer wieder fragen.

Allerdings ist es gerade in dieser Hinsicht für die Synthetische Biologie unsagbar schwierig, sich über irgendwelche zukünftigen Gefahren und Gefährdungen Gedanken zu machen, gerade was an schlimmen Auswirkungen der Gentechnologie angesprochen wurde. Alle Auswirkungen mag es geben, genauso gibt es aber auch Umweltkatastrophen durch den Import von afrikanischen Fischen in nicht afrikanische Länder oder von kanadischen Lachsen in amerikanische Gewässer. Es gibt immer schlimme Katastrophen, Umweltkatastrophen, die mit Gentechnik und dergleichen nichts zu tun haben, einfach weil Organismen in eine neue Umgebung verpflanzt wurden, in der sie vorher nicht waren. Das bedeutet immer einen Kampf um Ressourcen. Es gibt viele Beispiele, die mit Gentechnik nichts zu tun haben, auch was Algenkatastrophen angeht; das ist zum großen Teil auch ein klimatisches Problem.

Es ist sehr schwierig, sich vorzustellen, welche Gefahren uns die Synthetische Biologie in zehn, zwanzig oder dreißig Jahren bringen wird. Ich habe da ehrlich gesagt wenig Fantasie. Natürlich kann man über Killerorganismen nachdenken, die etwas Neues, Gefährliches tun, was bisher nicht da war. Aber diese Möglichkeit gibt es viel bescheidener bereits jetzt aufgrund der Spontanmutation von Viren; Sie erinnern sich alle an die Schweinegrippe. Von daher denke ich nicht, dass etwas qualitativ Neues kommt, das uns bisher als Gefahr noch nicht gedroht hat.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Sie würden also schon einen gewissen Unterschied machen zwischen der technischen Herstellung eines Wirtsorganismus für den Fermenter von BASF und sogenannten Freisetzungsfällen, das heißt, wo es um Organismen geht, die gezielt für die Umwelt freigesetzt werden?

Petra Schwille (TU Dresden)

An Freisetzung wird zunächst nicht gedacht, zumindest nicht in meiner Branche. Ich habe überhaupt kein Interesse daran, etwas freizusetzen. Wenn es darum geht, einen minimalen Organismus zu schaffen, dann ist es ein wenig angepasster Organismus, der wahrscheinlich in freier Wildbahn keine Chance hätte.

Oskar Zelder (BASF)

Ich möchte noch einmal auf den Kommentar von Herrn Taupitz abheben, der festgestellt hat, dass das, was wir jetzt unter Synthetischer Biologie diskutieren, eigentlich eine Weiterentwicklung der Gentechnik, der Molekularbiologie ist. Man kann vielleicht etwas schneller im Labor Organismen optimieren, die einen Wirkstoff bereitstellen. Das ist bereits gesetzlich geregelt; wir haben das Gentechnikgesetz und auch die Frage der Freisetzung ist in diesen Gesetzen klar geregelt. Ich denke auch, dass wir nicht zum jetzigen Zeitpunkt diesen Quantensprung machen werden, der uns kurzfristig vor völlig neue Gefahren stellt. Das sehe ich genauso wie Frau Schwille.

Ich möchte noch einmal auf die Chancen abheben: Was bringt uns die Nutzung der Biotechnologie? Momentan gibt es viele Forschungsprojekte, die darauf abheben, Chemikalien mithilfe der Biotechnologie herzustellen, beispielsweise biobasierte Kunststoffe oder Kunststoffe, die auch biologisch abbaubar sind. Das geht in Richtung Nachhaltigkeit. Es gibt große Chancen im Bereich der Wirkstoffe. Durch die Genomforschung hat man festgestellt,

dass die Anzahl der Wirkstoffe, die in den Mikroorganismen vorhanden sind, enorm hoch ist. Dies wurde bisher unterschätzt. Die neuen Methoden können dazu beitragen, diese Wirkstoffe verfügbar zu machen, beispielsweise Antibiotika. Da haben wir große Chancen, und die sollten wir nutzen.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Können Sie einen Blick in die nächsten zehn, zwanzig Jahre werfen? In Ihrer Strategieabteilung bei BASF werden Sie sich doch sicher überlegen, was in den nächsten zehn, fünfzehn Jahren interessant sein könnte. Sind das die Dinge, die Sie jetzt genannt haben?

Oskar Zelder (BASF)

Ja, das sind diese Dinge. Es gibt Wissenschaftler, z. B. Craig Venter, die ausgesprochen PR-orientiert sind, auch um ihre eigenen Institute mit Fördermitteln auszustatten. Venter behauptet beispielsweise eine Revolution der gesamten chemischen Produktion; alles wird umgestellt auf Bio. Das glaube ich nicht. Biotechnologische Verfahren zur Herstellung von Chemikalien werden neu dazukommen und es wird einige neue Produkte geben. Bestehende Produkte werden weiterhin petrochemisch hergestellt. Vielleicht wird es auch biotechnologische Verfahren geben, die dann koexistieren. Wir kennen die Ölpreisdebatte und sehen, dass der Ölpreis steigt. Das macht es attraktiv, Biotechnologie für die Produktion von Chemikalien zu nutzen.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Was ist die Perspektive Ihrer BioBricks?

Nils Christian Lübke (iGEM-Team)

Hoffentlich eine gute (lacht). Ich möchte kurz auf den Sicherheitsaspekt eingehen. Wie schon erwähnt, muss jedes Team einen Sicherheitsplan vorlegen, sonst darf es gar nicht anfangen. Ich möchte kurz zur Otto-Normalverbraucherin sagen, dass ich auch ein Mensch bin, gerne auf

dieser Welt lebe und kein persönliches Interesse daran habe, hier großartig etwas zu ändern. Das sollte man im Hinterkopf behalten. Wir sind nicht alles Wissenschaftler, die von Großkonzernen ausgenutzt werden, sondern wir denken uns auch unseren Teil dabei. Das darf nicht vergessen werden.

Zu Potenzialen und Risiken: Wenn wir in die Öffentlichkeit gehen und versuchen, den Leuten etwas über Synthetische Biologie zu erklären, dann ist die erste Frage immer: Wenn das so toll und einfach ist, wann kann es die Welt retten? Wann können wir Krebs heilen? Wann gibt es keinen Hunger mehr? Da muss ich Ihnen leider mitteilen, dass das heute nicht passieren wird und wahrscheinlich auch nicht morgen. Das ist wahrscheinlich das größte Risiko der Synthetischen Biologie, dass viel von dem, was man sich verspricht, viel von den Potenzialen, eventuell nicht abgerufen werden kann. Wir sind sehr hoffnungsvoll, dass gerade durch die Vereinfachung durch eine Modularisierung, durch Techniken, die wir schon seit Jahren evaluiert haben, dass wir schnell zu Fortschritten kommen. Ein großes Risiko sehe ich darin, dass der Hype stellenweise ein bisschen zu groß ist.

Generell ist ein gewisses Restrisiko natürlich vorhanden. Wenn man möchte, kann man diese Wissenschaft missbrauchen wie jede andere Wissenschaft auch. Freisetzung von Organismen zum Beispiel ist für uns kein Thema, weil es gesetzlich in den meisten Fällen nicht erlaubt ist. Es wird deswegen im Wettbewerb zwar durchgespielt, aber nicht ernsthaft versucht.

Rüdiger Stegemann (BUND)

Wenn ich von Partizipation spreche, stellt sich vielleicht die Frage, wie das denn passieren soll, wie Interesse aufkommen soll. Ein kleines Beispiel: In Baden-Württemberg läuft gerade ein ganz kleiner Nano-Dialog. Für den 1. Dezember ist öffentlich zu einer eintägigen Zusammenkunft eingeladen worden, bei der Experten zur Verfügung stehen. Wir als BUND sind auch ein-

geladen, mitzuwirken. Das Ereignis in Stuttgart ist überlaufen; ich habe mir sagen lassen, dass man Anmeldungen wegen Überfüllung zurückweisen musste. Wenn wir einen gesellschaftlichen Prozess organisieren, haben wir keine Angst, dass die Menschen draußen im Lande kein Interesse daran haben könnten. Das als Anmerkung zur Partizipation und als kleiner Hinweis, dass die Pessimisten, die es auch unter uns gibt, nicht immer recht haben.

Mir ist zugeschrieben worden, ich hätte vom künstlichen Leben gesprochen. Ich habe versucht, den Begriff nicht in den Mund zu nehmen und auch nicht als Fokus der Kritik oder meiner Rückfragen zu benutzen. Das nur zur definitorischen Richtigstellung. Dies betrifft die Frage, wovon wir eigentlich sprechen; dies muss noch geklärt werden.

Wichtiger ist Folgendes, und das hat etwas mit dem Moratorium zu tun: Wir haben derzeit noch gar nicht alle Fragen zusammengestellt, um die es bei der Technikfolgenabschätzung geht. Ich habe viele der Fragen mit einem Fragezeichen versehen, und die Liste ist bei Weitem nicht erschöpfend und vielleicht auch nicht korrekt – aber wo klären wir die Liste der Fragen, die wir zu stellen haben? Und wie organisieren wir die partizipatorische Beantwortung dieser Fragen?

Das ist eine wesentliche Frage und der Fokus dessen, was ich mit Moratorium meine. Wie können wir schon zum übernächsten Schritt ansetzen, wenn wir noch nicht wissen, welche Fragen wir an die Entwicklung haben, die sich abzeichnet oder die behauptet wird?

Eine letzte Bemerkung zu den Risiken: Ich habe gesagt, wir müssen uns überlegen, welche Risiken plausibel sind und welche absehbar sind, und ich habe dies bewusst abgegrenzt gegen Schadensfälle, Unfälle oder Katastrophen, die geschehen sind. Hier geht es um den Geist, um den Intellekt: Was *könnte* schiefgehen? Die Dimension der Rückholbarkeit

wurde schon angesprochen. Ob die hier gegeben ist, müssen wir klären.

Wir werden bei der Frage nach den Risiken viel mit Ungewissheit zu tun haben. Für mich ist eine der Kernfragen, die sich bei Synbio und bei anderen Entwicklungen stellt: Wie gehen wir mit den Ungewissheiten um? Danke schön.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Herr Stegemann, ich möchte kurz bei Ihnen nachhaken. Sie sagen, dass es sicherlich Fragen aus der Gesellschaft an die Entwicklung der Wissenschaft gibt. Muss dies automatisch mit einem Moratorium verbunden sein? Oder kann man sich nicht auch andere Wege denken, um diese Fragen an eine Wissenschaft, die sich ja noch in einer Anfangsphase befindet, zu organisieren? Das Thema Ungewissheit ist ein generelles Problem, wenn wir mit solchen Techniken umgehen. Können Sie das kurz kommentieren?

Rüdiger Stegemann (BUND)

Die Grundlagenforschung, die forschende Entwicklung von Neuem hat eine Eigendynamik. Was wir erkannt haben, wollen wir auch anwenden. Ich sage bewusst „wir“. Das ist ein menschlicher Grundzug, und dem müssen uns auch in der Wissenschaft stellen. Die Eigendynamik kollidiert vielleicht mit der konkreten Frage nach der Rückholbarkeit, auch bei der Technologieentwicklung.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Wir werden sicher im Gespräch mit Pat Mooney auf eine Reihe dieser Fragen zurückkommen. Die Frage nach der Zukunftsperspektive ist das richtige Stichwort, das Wort an den Kollegen Bora zu übergeben, denn es geht jetzt in einem zweiten Baustein um die Faszination Zukunftstechnologie Synthetische Biologie.

(Applaus)

II. Faszination Zukunftstechnologie

Moderation: Prof. Dr. phil. Alfons Bora · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Danke, Herr Catenhusen. Der zweite Block trägt den Titel „Faszination Zukunftstechnologie“ und schließt unmittelbar an die Erfahrung an, die wir eben machen durften. Wir haben erlebt, wie schwer es ist und wie schwer es den Expertinnen und Experten fällt, klar zu definieren, was unter Synthetischer Biologie verstanden werden kann. Das war der Blick auf die Wissenschaft. Wir möchten den Blick nun etwas weiten und beobachten, welche Bilder, Vorstellungen und Deutungsmuster von Synthetischer Biologie uns in der Gesellschaft begegnen, insbesondere in den Medien und in der Kultur, die uns gerade für schwer verständliche und möglicherweise krisenhafte Phänomene in der Gesellschaft Deutungsangebote macht.

In einem zweiten Schritt werden wir uns fragen, wie es mit den Bildern, mit der Faszination, mit den Deutungen in der Wissenschaft selbst beschaffen ist. Sind das Imaginationen? Haben sie einen realen Gehalt? Ist das, wie es schon angesprochen wurde, ein sogenannter Hype oder was steckt wirklich dahinter?

Dazu haben wir zwei Referenten. Ich begrüße zunächst Dr. Markus Schmidt. Er war nach dem Studium der Biologie in Wien und Madrid und nach der Promotion in Wien zunächst in verschiedenen großen, internationalen Forschungsprojekten tätig, auch auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie. Er ist Mitgründer und Vorstandsmitglied der Organization for International Dialogue and Conflict Management. Er ist Gründer und Geschäftsführer der Biofaction KG und Produzent der Kunst- und Wissenschaftsausstellung Synthetic in Wien. Herr Schmidt wird uns in die faszinierende Welt der Inszenierungen Synthetischer Biologie in

Wissenschaft, Medien, Film und Kunst einführen. Herzlich willkommen.

(Applaus)

Inszenierung der Synthetischen Biologie in Wissenschaft, Medien, Film und Kunst

Dr. Markus Schmidt · Organisation for International Dialogue and Conflict Management (IDC), Wien

(Folie 1)

Vielen Dank für die Einladung. Ich möchte mein heutiges Referat zum Thema Inszenierung der Synthetischen Biologie in Wissenschaft, Medien Film und Kunst vorstellen.

(Folie 2)

Zunächst eine Einleitung über meine Tätigkeit auf dem Gebiet. Ich habe das Vergnügen, die Synthetische Biologie seit fünf bis sechs Jahren zu beobachten. Man kann das beispielsweise an der SB-x.0-Konferenzserie betrachten, die die Evolution dieses neuen Forschungsgebietes darstellt. Die erste Konferenz zu diesem Thema gab es 2004 in den USA. Sie war nur sehr spärlich besucht, auch von europäischer Seite her, und ist hauptsächlich von Wissenschaftlern des MIT [Massachusetts Institute of Technology] organisiert worden. Diese Konferenz für Pioniere hat sich im Laufe der Zeit hin zu einer mainstreamartigen Veranstaltung gewandelt. Parallel dazu hat sich auch die Rolle der ELSA-Forschung, also der gesellschaftlichen Begleitforschung, gewandelt. Kurzfristig hat sie eine große Rolle gespielt; bei der SB.3 oder auch der SB.4 schwindet jedoch wieder das Interesse, sicherlich auch deshalb, weil es viele andere Orte und Plätze gibt, um diese gesellschaftlichen Themen zu verhandeln.

(Folie 3)

Im Rahmen von mehreren Projekten habe ich mich mit diesem Thema hauptsächlich im Bereich der Technikfolgenabschätzung beschäftigt,

um herauszufinden, welche neuen Sicherheitsfragen sich in der Synthetischen Biologie stellen, aber auch in der Kommunikation zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit, also in der Wissenschaftskommunikation beziehungsweise Interaktion zwischen künstlerischen Medien und der Synthetischen Biologie.

(Folie 4)

Das Wort mit dem größten Distinktionsmerkmal im Titel ist „Inszenierung“: Eine Inszenierung ist eine öffentliche Präsentation einer Sache oder eines Werkes. Man denkt bei Inszenierung vielleicht zunächst an die darstellende Kunst am Theater, es gibt natürlich auch Theatergruppen, die in der Vergangenheit edukativ kurze Stücke aufgeführt haben, um das Thema einer breiten Bevölkerung näherzubringen, aber ich möchte bei dem Begriff Inszenierung über die Theaterkomponente hinausgehen.

(Folie 5, 6)

Ich habe vier Beispielgebiete ausgewählt: die darstellende Kunst, die bildende Kunst, den Film, Medien, hauptsächlich Printmedien, und letztendlich die Wissenschaft, die ich dazuzählen möchte.

(Folie 7)

Im Bereich der Kunst haben wir in diesem Frühjahr eine Ausstellung im Wiener Naturhistorischen Museum mit dem Titel *synth-ethic* organisiert. Wir haben also versucht, den Begriff des Synthetischen und des Ethischen zu verknüpfen. Kurator war Jens Hauser.

(Folie 8)

Wir haben zehn Künstler gebeten, ihre Zugangsweise, uns ihre Sicht der Dinge, ihre Perspektiven zum Thema Synthetische Biologie im weitesten Sinne zur Verfügung zu stellen. Wir hatten zehn Kunstwerke, die sich auf sehr unterschiedliche Weise dem Thema genähert haben. Ich möchte ein paar Beispiele herausgreifen.

(Folie 9)

Der belgische Künstler Tuur van Balen hat gemeinsam mit Wissenschaftlern des Imperial College in London die biologischen Bauteile der BioBricks (aus diesem Registry for Standard Biological of the Biobricks) genommen und Darmbakterien so verändert, dass sie seifenähnliche Substanz produzieren, mit dem Ziel, sie an Tauben in den Städten zu verfüttern, damit diese Tauben eines Tages auch Scheiße produzieren.

Hier hat er einen Taubenschlag hergestellt, der auf einem Auto befestigt werden kann, damit diese Tauben dort landen und die Windschutzscheibe reinigen. Die fliegende Ratte – so bezeichnen wir die Taube in Wien – wird umfunktioniert in einen fliegenden Saubermann. Man nimmt sozusagen Bezug auf die Geschichten, die man in der Wissenschaft und in der Technologie immer wieder zu hören bekommt, also die Verwendung dieser Technologie für ökonomische Zwecke, und hier hat der Künstler eine ganz andere Geschichte erzählt, wie man diesen Werkzeugkasten auch noch verwenden kann.

Wir hatten auch einen Taubenschlag, der am Fenster montiert war. Die Leute in der Ausstellung konnten dann durch die Fenster hindurch nach außen schauen und die Tauben kamen von außen. Damit wollten wir die Interaktion aus einem geschlossenen System, einem Label, einer Ausstellung, hinaus in die Umwelt, in die Öffentlichkeit, bildlich vermitteln.

(Folie 10)

Zweites Beispiel ist Art Orienté objet, eine französische Gruppe. Die Künstlerin Marion Laval, die Sie hier sehen, hat sich für dieses außergewöhnliche Kunstprojekt als biologisches Medium zur Verfügung gestellt. Sie hat sich über mehrere Monate hinweg mit Pferde-Immunglobulinen desensibilisieren lassen und sich dann bei einer Kunstvernissage einen

Cocktail aus 25 verschiedenen Pferde-Immunglobulinen, aus dem Blut des Pferdes gewonnen, injizieren lassen. Das ist eine wirkliche Grenzüberschreitung und eine Überschreitung über Artgrenzen hinweg und eine Anspielung an eine Synthese, an das Zusammenfügen von Dingen, die so in der Natur nicht zusammenkommen.

(Folie 11)

Sie hat sich nach ein paar Stunden Blut abnehmen lassen; man sieht das hier auf der rechten Seite. Es wurde gefriergetrocknet und in unserer Ausstellung gezeigt.

Die Art Orienté objet hat mit diesem Kunstprojekt ein paar Monate später den begehrten Golden Nica in der Kategorie „Hybrid Art“ bei der Ars Electronica verliehen bekommen.

(Folie 12)

Hier haben wir die Kunstgruppe Tissue Culture und Art Project. Dieses Kunstwerk ist schon etwas älter, ungefähr zehn Jahre alt, es ist vor der neuesten Welle der Synthetischen Biologie erzeugt worden. Es handelt sich um eine Gewebekultur, Tissue Engineering, die auf dem Konzept der Sorgenpüppchen basiert. In der Karibik bekommen Kinder, wenn sie sich Sorgen machen, ein Püppchen und können ihre Sorgen diesem Püppchen mitteilen. Es wird dann unter das Kopfkissen gelegt und in der Nacht sollen die Sorgen verschwinden.

Die Gruppe um Oron Catts und Ionat Zurr hat Mäusehautzellen mit einem Polymer innen genommen und darauf Hautzellen wachsen lassen. Dies ist eine halb lebendige Substanz, eine biotechnologische Sorgenpuppe. Wir haben sie in der Ausstellung über sechs Wochen hindurch in einem Schaubioreaktor wachsen lassen. Die Leute konnten uns über ein Mikrofon, das dort vorhanden war, ihre Sorgen und Ängste mitteilen, die sie vielleicht im Zusammenhang mit der Biotechnologie im

weitesten Sinne und der Synthetischen Biologie im Speziellen hatten.

(Folie 13)

Die Künstler hatten selbst einige Vorschläge gemacht, wie man diese Puppen benennen konnte. Puppe A steht für die absolute Wahrheit. In der Diskussion über gesellschaftliche Fragen gibt es immer Leute, die sehr apodiktisch agieren. Dann gibt es den großen Themenkomplex Kapitalismus, Corporation-Demagogie bis hin zur Eugenik, also der Anwendung beim Menschen; außerdem gibt es die Angst und die Angst vor der Angst. Dieser Themenkomplex ist somit weit aufgespannt.

(Folie 14)

Ein weiteres interessantes Beispiel: In der Synthetischen Biologie wird viel mit Metaphern und Analogien operiert. Sehr beliebt ist die Metapher der elektronischen Schaltkreise. Es soll ja möglich sein – so wie es auch das Ziel von iGEM und dieser Modularisierungsbewegung in der Synthetischen Biologie ist – standardisierte biologische Bauteile mit größeren Devices und Systems zu verbinden, sodass sie vorhersagbare Eigenschaften aufweisen.

Joe Davis hat diesen Spieß umgedreht: Er hat nicht elektronische Ingenieursprinzipien auf die Biologie angewendet, sondern biologische Prinzipien auf die Elektronik. Er hat Bakterien so verändert, dass sie Platinum und Germanium anreichern, und hat daraus – man sieht das rechts unter dem Vergrößerungsglas – einen Schaltkreis aus Bakterien gebaut, der als Empfänger für ein Mittelwellenradio dient. Er spielt mit diesen Metaphern und nimmt sie ironisch aufs Korn.

(Folie 15)

Hier ein Beispiel von Paul Vanouse, eine sehr epistemologische Zugangsweise zum Thema Synthetische Biologie. Der Begriff „synthetisch“ oder „das Synthetische“ wird in einem breiten

Verständnis der Bevölkerung als etwas Künstliches, Unnatürliches verstanden. Dabei kommt der Begriff „synthetisch“ aus dem Griechischen, „Synthese“, zusammensetzen. Hier hat der Künstler ein analytisches Werkzeug aus der Biotechnologie verwendet, die Gelelektrophorese, um Genbanden aufzuspalten. Mit diesem analytischen Instrument hat er etwas Synthetisches hergestellt, nämlich Bilder. Hier sehen Sie Henne und Ei, das Copyrightzeichen, ein Piratenzeichen, null-eins, das Zeichen für Identity und so weiter. Er spielt mit dem Begriffskomplex Analyse versus Synthese und setzt dies in einen anderen Zusammenhang.

Ich könnte noch viel mehr dazu erzählen. Es gibt eine Broschüre zur Ausstellung; ich habe hier einige Exemplare ausgelegt. Im Internet können Sie den Ausstellungskatalog herunterladen und sich näher damit befassen, wenn Sie Interesse haben.

(Folie 16)

Der nächste Themenkomplex ist: Film. Er gehört natürlich auch zur Kunst, aber hier spielen noch andere Dinge eine Rolle.

(Folie 17)

In Österreich läuft gerade ein Projekt mit dem Titel „Cinema und Synthetic Biology“. Es hat zwei Hauptziele: Einerseits untersuchen wir Hollywood-Blockbusterfilme und schauen, inwieweit dort die Biotechnologie, also die Veränderung des Lebens, die Herstellung von künstlichem Leben, dargestellt wird.

(Folie 18)

Wir haben hier eine interessante Sammlung von Filmen. Meine Mitarbeiterinnen müssen sich oft stundenlang diese Filme anschauen, von *Golem* bis *Splice*, auch wenn sie ihnen nicht gefallen. Die Analyse ist sehr umfassend, ich habe hier nur einige Beispiele herausgenommen.

(Folie 19)

Ich habe schon oft von der Seite der Wissenschaft gehört, es wäre doch wünschenswert, wenn die Filme mehr über die Biotechnologie, über die Wissenschaft erzählen würden, damit keine Missverständnisse in der Bevölkerung entstehen. Tatsache ist, dass bei den Filmen eher ein gegenteiliger Trend erkennbar ist. In dem Film *Godzilla* zum Beispiel, wo durch Atombombenversuche eine Riesenechse entstanden ist, geht es um Strahlenmutation. Das ist noch im allgemeinen kulturellen Wissensschatz verankert, daran können diese Filme anschließen.

Wir haben zwei Dinge untersucht: die Idee und wie sie erklärt wird sowie die Konstruktion. Im Falle einer Mutation gibt es eine Eins-zu-eins-Entsprechung. Die Herstellungsprozesse sind unterschiedlich komplex und abstrakt. In frankensteinartigen Geschichten ist die Zusammensetzung verschiedener Körperteile noch sehr plastisch und makroskopisch. Die Transformation der genetischen Information, um Körper zu verändern und zu verbessern, ist hingegen schon sehr abstrakt, und im Film wird größtenteils darauf verzichtet, die Herstellungsprozesse darzustellen. Man spricht davon, dass es ein Labor gibt, in dem das hergestellt wird, aber man sieht nicht, wie es gemacht wird. Das Höchste der Gefühle ist eine Labortür mit der Aufschrift: *Don't enter*. Diese Dinge passieren im Labor und für die Geschichte und den Film ist es nicht relevant, die Technologie, die dahintersteht, zu vermitteln. Eine kritische Auseinandersetzung mit den verschiedenen Technologien kann von diesen Filmen daher nicht zu erwartet werden.

(Folie 20)

Wir haben auch untersucht, wo die Konstrukte in den Filmen hergestellt werden. An erster Stelle stehen die Labore der Privatfirmen, an zweiter Stelle das Militär. Dann kommt der private Haushalt, also die Amateurbiologen, die Do-it-

yourself-Biologie, und erst an vierter Stelle die Universitäten. Das ist vielleicht überraschend.

Wenn man sich anschaut, in welche Bereiche die Investitionen fließen in der Synthetischen Biologie, da sieht man: Die größten Investitionen kommen von großen Energiefirmen. Das Militär hat ebenfalls Interesse an diesem Thema; die SB.5-Konferenz wurde vom US-amerikanischen Verteidigungsministerium unterstützt. Es gibt jetzt eine große Ausschreibung über 30 Millionen Dollar von DARPA, das ist der Forschungszweig des Verteidigungsministeriums. Interessant ist, dass die klassische Forschung an Universitäten relativ wenig zum Zuge kommt, möglicherweise auch deshalb, weil sich hier nur wenige emotionale Anhaltspunkte bieten.

(Folie 21)

Welche Produkte werden im Film hergestellt? Besonders Viren werden gerne als Produkte verwendet, aber nicht nur schädliche, sondern auch positive, heilende Viren. Es gibt in einem Film *Code 46* ein Empathievirus, mit dem man in der Lage ist, sich in andere hineinzusetzen.

Interessanterweise fehlen Bakterien größtenteils. Pflanzen und Tiere kommen ebenfalls relativ selten als Produkte in den Filmen vor. Sehr häufig sind hingegen menschliche Körperteile und alles, was menschenähnlich ist, bis hin zu hybriden Wesen.

Wir haben hier eine Dominanz menschenähnlicher Produkte, während die Dinge, die wirklich in der Wissenschaft und in der Industrie im Labor hergestellt werden, praktisch völlig ausgeklammert werden. Das ist sehr interessant.

(Folie 22)

In fünf von sechs Filmen gibt es ein Happy End. Das ist sicher darauf zurückzuführen, dass sich diese Filme verkaufen müssen; es sind in erster Linie Geschäftsunternehmungen, und da ist es

wenig überraschend, wenn die Geschichten meistens gut ausgehen.

(Folie 23)

Um der Einschränkung, dass aus ökonomischen Gründen alles zu einem Happy End führen muss, zu entgehen, haben wir in Abgrenzung zu den Hollywoodfilmen im Mai dieses Jahres in Wien ein Filmfestival mit dem Titel BIO:FICTION veranstaltet. Das war das erste Filmfestival zu Synthetischer Biologie.

(Folie 24)

Aus den 130 Einsendungen haben wir 52 Filme ausgewählt. Auf der Webseite können Sie sich diese ansehen.

(Folie 25)

Wir haben fünf Siegerfilme prämiert. Besonders gut hat den Juroren der Film *E. Chromi* aus der Kategorie Dokumentarfilme gefallen, in dem ein iGEM-Projekt dokumentiert worden.

In dem Animationsfilm *Bruce* lädt sich ein Mensch in der Zukunft mit einem USB-Kabel aus dem Internet eine genetische Information auf einen Fleischklumpen herunter. Dieser verwandelt sich in einen kleinen Bruce Willis und wird dann ferngesteuert. Zum Schluss verstirbt dieser Bruce Willis in einem Spiel und wird dann beseitigt. Der Film wirft Fragen auf zum Thema Patentierung, Amateurbiologie, Zugang zur Technologie, aber auch ethische Fragen.

Interessant sind die beiden Filme *Die Schneider Krankheit* und *Wo are the engineers of the future*; auch sie haben Preise bekommen. In beiden Fällen wird die Synthetische Biologie im Lichte der Fünfzigerjahre portraitiert – beide Male ironisch. Das deutet darauf hin, dass es in der Wissenschaft eine gewisse Melancholie gibt in Bezug auf die 1950er-Jahre. Damals hatte die Wissenschaft einen hohen gesellschaftlichen Stellenwert, der dann kontinuierlich erodiert ist. Offensichtlich möchte man, dass die Wissenschaft in der Gesellschaft wieder die Rolle über-

nimmt, die sie in den 1950er-Jahren hatte – allerdings mit einem gewissen Augenzwinkern versehen.

(Folie 26)

Ich komme zur Darstellung Synthetischer Biologie in den Medien, zunächst in den Printmedien.

(Folie 27)

Hier sehen Sie einige Beispiele von Überschriften aus dem Jahr 2010, zum Beispiel im *Spiegel online*. Interessanterweise kommt der sachlichste Titel aus Österreich: *Erste Zelle mit künstlicher DNA*, das ist wahrscheinlich Zufall.

(Folie 28)

Herr Markus Lehmkuhl hat eine interessante Medienanalyse auch für den Deutschen Ethikrat angefertigt; ich weiß nicht, ob sie schon verfügbar ist, wenn nicht, wird sie wahrscheinlich in Kürze auf der Internetseite des Ethikrates zur Verfügung stehen. Lehmkuhl hat in Deutschland bis August 2011 Artikel gesucht und die Inhalte analysiert. Interessant ist, dass das mediale Interesse an der Synthetischen Biologie vergleichsweise gering ist, obwohl man immer wieder von einem Hype spricht. Pro Zeitung, die untersucht wurde, gab es bislang ungefähr acht Artikel, in manchen weniger (zum Beispiel in den Regionalzeitungen), in manchen mehr. Wenn man das mit Stammzellen oder Nanotechnologie vergleicht, dann ist das ein Unterschiedsfaktor von 10 bis 15. Dies liegt bei Weitem unter dem öffentlichen Radar.

Bei genauer Analyse zeigt sich, dass es in der medialen vermittelten Öffentlichkeit nur zwei Synthetische-Biologie-Events überhaupt gibt: Beide Male war es Craig Venter, erstens mit der Komplettsynthese des Mikroplasma-Genoms 2008 und dann mit der erfolgreichen Transplantation 2010. Diese beiden Events haben zu einer konzertierten Berichterstattung in den deutschen Medien geführt. Das ist eigentlich

sehr schwach, verglichen mit der Aufmerksamkeit, die andere Themen erhalten.

(Folie 29)

Ein näherer Blick auf die Deutungen und Interpretationen der Synthetischen Biologie. Teilweise befassen sich die Artikel mit der Deutung des Lebens, mit der Frage, was Synthetische Biologie ist, was sie tut, ob sie Leben oder die Vorstellung von Leben gefährdet. Einige Artikel beschäftigen sich mit der Deutung des wissenschaftlichen Feldes: Was kann die Synthetische Biologie, was kann sie nicht? Ist sie Hybris oder wissenschaftliche Methode?

Sehr beliebt sind die Bewertungen der Synthetischen Biologie. Man versucht quasi dem Leser vorzuvermitteln, was man davon zu halten hat. In der Mehrzahl sind eher positive Artikel, aber es gibt auch eine Reihe von negativen Artikeln, die auf das Risiko der Synthetischen Biologie hinweisen. Das Verhältnis liegt bei ungefähr fünf zu drei.

(Folie 30)

Wenn man sich bestimmte Topoi ansieht, so ist interessant, dass in der Presse eine komplette Übereinstimmung dahingehend herrscht, dass die öffentliche Debatte, die Partizipation intensiviert werden soll. Solche Dinge werden sehr positiv gesehen, da hat niemand etwas dagegen.

Bei der staatlichen Regulierung ist das anders; hierzu ist die Einstellung überwiegend negativ. Die Synthetische Biologie ist durch die bereits existierenden Gentechnikgesetze bereits stark reguliert, und es besteht die Befürchtung, dass zusätzliche Regulierungen die Forschung erschweren.

Maßnahmen zur Risikominderung sind an und für sich allgemein willkommen. Bei der Intensivierung der Forschung sind neun zustimmende und fünf ablehnende Positionen zu verzeichnen.

(Folie 31)

Kurz erwähnen möchte ich die dominanten Frames. Wir haben hier den Fortschrittsframe: Die Synthetische Biologie wird in einer Rahmung präsentiert als ein Teil des wissenschaftlichen Fortschritts. Dabei wird die gesellschaftliche Bedeutung hervorgehoben, dass medizinische Produkte entstehen, die uns in Zukunft helfen, gesünder zu bleiben, oder die Energiefragen lösen oder ähnliche Dinge für unseren Fortschritt. Angewandt wird ein positivistischer Fortschrittsframe.

In vielen Fällen haben wir den Frame Runaway: Er bezieht sich darauf, dass die Technologie unserer Kontrolle entgleiten könnte. Es gibt Sicherheitsfragen, zum Beispiel wenn Lebewesen ins Freie gelangen und dort nicht mehr zu kontrollieren sind. Dieser Frame hat einen Anteil von ungefähr 23 Prozent.

Einen recht kleinen Anteil nimmt der Frame ein, der sich auf die Öffnung der Büchse der Pandora bezieht. Außerhalb Deutschlands, außerhalb des christlichen, katholisch-protestantischen Kulturkreises soll dieser Frame häufiger vorkommen.

Das Hauptframe ist der blaue Kuchen: Ein gutes Drittel bedient sich überhaupt keines Frames. Hier geht es um die relativ nüchterne und sachliche Darstellung der Synthetischen Biologie. Meistens kommen Wissenschaftler zu Wort und erklären, was sie machen, versuchen aber nicht, das in irgendeinen Frame einzubauen.

(Folie 32)

Damit bin ich schon beim letzten Themenkomplex, der Wissenschaft. Man nimmt gemeinhin an, dass die Wissenschaft nicht an der Inszenierung teilnimmt, so wie sie durch Film, Kunst und Medien vermittelt wird, sondern dazu da ist, nüchtern Bericht zu erstatten. Diese Einstellung geht zurück auf das Konzept von Vannevar Bush, der Mitte der Vierzigerjahre in den USA den Übergang von Grundlagen-

forschung zu angewandter Forschung, zur Anwendung beschrieben hat. Dieses Bild prägt noch sehr unser Denken. Wir haben sozusagen das Business as usual: Zuerst kommt eine wissenschaftliche Entdeckung; diese erweist sich dann als so großartig, dass die Umsetzung gefordert wird, woraus später eine Anwendung entsteht.

(Folie 34)

Es gibt zwei Beispiele in der Synthetischen Biologie, die durch wissenschaftliche Entdeckungen angeregt werden: Zu nennen ist einerseits das Artemisinin-Projekt von Jay Kiesling von der University California Berkeley, bei dem man den Begriff „Synthetische Biologie“ als Metabolic Engineering beschreiben kann, also eine Modifizierung von Stoffwechselwegen. Kiesling ist es gelungen, einen relativ komplexen Stoffwechselweg in Hefe zu installieren mit ungefähr 15 Genen. Dies ist ungefähr die maximal mögliche Komplexität, die derzeit in der Synthetischen Biologie möglich ist.

(Folie 35)

Zum zweiten Beispiel eines technisch-wissenschaftlichen Erfolgs, wiewohl man auch hier Abstriche machen muss, da es sich nicht um die Kreation von neuem Leben oder künstlichem Leben handelt. Aber der Gruppe am J. Craig Venter Institute [JCVI] unter Dan Gibson – hier im Foto zu sehen – ist es in diesem Jahr gelungen, die Komplettsynthese von großen, kompletten Genomen zu vereinfachen. Mittlerweile gibt es die Gibson-Assembly-Methode, die auch von den iGEM-Studenten gern angewandt wird.

Hier ist ein technischer Fortschritt gelungen, der weit unter dem Anspruch steht, künstliches Leben erschaffen zu haben, aber es war sicherlich eine technische Meisterleistung. Man kann dies vielleicht mit Gutenberg vergleichen, der den Buchdruck erfunden hat. Man kann Gutenberg zugutehalten, dass er den Buchdruck entwickelt hat, aber niemand würde auf die Idee

kommen zu sagen, Gutenberg hat die Bibel erschaffen. Ähnlich ist es hier: Eine bestehende Information wird dupliziert. Das an sich ist eine tolle Leistung, aber es wird noch kein Leben geschaffen.

(Folie 36)

Neben dem Business as usual haben wir eine Art Reverse Engineering. Der Begriff kommt in der Synthetischen Biologie oft vor und bedeutet, dass die Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge umgedreht werden. Anwendungen werden kolportiert und in zukünftigen Szenarien dargestellt – immer mit einem gewissen Augenzwinkern, aber sie kommen doch immer wieder vor und können auch als Mittel zur Forschung an sich verwendet werden, um die Methoden zu testen, die möglicherweise einmal dorthin führen könnten.

(Folie 37)

Hier habe ich einen Slide von Drew Endy geborgt. Er hat das über Jahre hinweg verwendet und die Frage gestellt, warum können wir nicht einen Kürbis oder einen Baum so umprogrammieren, dass er eines Tages in ein ganzes Haus wächst und dann ökologisch Energie beschafft, im Sommer kühlt und im Winter wärmt. Das ist Science-Fiction und natürlich als zukünftige Vision dargestellt, aber immer verknüpft mit der Möglichkeit, das eines Tages mit den BioBricks zu schaffen.

(Folie 38)

Dagegen ist dieses Beispiel noch relativ harmlos: die Wiedererschaffung ausgestorbener Lebewesen, wie zum Beispiel des Mammuts, von dem schon 70 Prozent oder mehr des Genoms sequenziert wurden. Es gibt ernsthafte Bestrebungen, das Genom des Mammuts zu synthetisieren und in Eizellen des Elefanten austragen zu lassen.

(Folie 39)

Wir werden heute wahrscheinlich noch etwas hören zu Vergleichen der Synthetischen Biologie mit der Nanotechnologie oder mit der Grünen Gentechnik. Ich möchte Sie auf Metaphern und Vergleiche aus dem Bereich der Informationstechnologie, der Computer aufmerksam machen. Das ist der aktuelle Standard; die Biologie wird bereits jetzt als zukünftige Informationstechnologie betrachtet. Hier versucht man mit Metaphern zu beschreiben, wohin die Reise gehen soll, aber wir sind noch lange nicht dort. In vielen Fällen sind diese Metaphern noch nicht zielführend.

(Folie 40)

Ein Punkt, der immer wieder genannt wird, ist der Vergleich mit dem Moore'schen Gesetz, das aus der Elektronik stammt. Es besagt, dass sich die Anzahl der Halbleiter auf den Computerchips alle 18 Monate verdoppelt, weshalb wir einen solchen Anstieg an Computerleistung zu verzeichnen haben. Dies wird mit der Synthesefähigkeit und Synthesekapazität verglichen, wonach es ebenfalls zu einem logarithmischen exponentiellen Wachstum kommt in der Länge der DNA-Fragmente, der Genome, die hergestellt werden können. Hier wird suggeriert, dass es eine ähnliche Entwicklung gibt wie in der Halbleiterindustrie.

(Folie 41)

Ich möchte abschließen mit dem Aufruf, realistisch zu bleiben. Es gibt viele Forscher aus dem Bereich der Synthetischen Biologie, die versuchen, die Hoffnungen nicht ganz ausufern zu lassen. Wenn man die DNA-Synthesekapazitäten vergleicht, dann ist es etwa so, als wenn man eine riesige weiße Leinwand vor sich hat. Man hat Farben und Pinsel, aber im Prinzip weiß man nicht, was man malen soll. Man kann eine Million Basenpaare synthetisieren, aber der maximale Schaltkreis oder das maximale „neu“ herstellbare System umfasst 15 Gene. Somit

besteht eine enorme Diskrepanz zwischen der Synthesekapazität und dem Verständnis der Synthetischen Biologie und was man damit machen kann.

(Folie 42)

Hier sehen Sie noch einige Webseiten, auf denen Sie sich weiter über die Filme, die Ausstellung und andere Publikationen informieren können. Danke schön.

(Applaus)

Alfons Bora (DER)

Herzlichen Dank, Herr Schmidt, für den spannenden und aufschlussreichen Vortrag, über den wir nachher diskutieren können. Wir springen gleich weiter zum Vortrag von Professor Armin Grunwald. Er ist nach der Promotion im Fach Physik an der Universität zu Köln und der Habilitation im Fach Philosophie in Marburg nun Professor für Technikphilosophie und Technikethik in Karlsruhe. Er ist Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse in Karlsruhe, Leiter des Büros für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag und neben vielen anderen Ämtern auch Mitglied in der Nationalen Akademie, in der acadtech.

Armin Grunwald wird uns jetzt nochmals in die Welt der Inszenierungen einführen, aber auch fragen, ob es sich bei den Inszenierungen, bei den Bildern, die wir von Synthetischer Biologie haben, tatsächlich um einen wissenschaftlichen Durchbruch handelt oder nur um einen Hype. Herzlich willkommen, Armin Grundwald.

(Applaus)

Synthetische Biologie zwischen Durchbruch und Hype

Prof. Dr. rer. nat. Armin Grunwald ·
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Vielen Dank, auch an den Ethikrat für die Einladung. Das Thema ist mir gestellt worden, ich stelle mich ihm sehr gerne und möchte zu Beginn einiges zu den beiden Begriffen „Durchbruch“ und „Hype“ sagen, und das vor dem Hintergrund des Titels dieser Sektion „Faszination Zukunftstechnologie“.

Zunächst einmal „Durchbruch“. Zunächst denken Sie oder viele vermutlich an einen wissenschaftlichen Durchbruch. In der Tageschau, dem heute journal oder ähnlichen Sendungen kommt alle paar Wochen gegen Ende, kurz vor dem Wetterbericht, irgendein Bericht aus Labors, wo von einem wissenschaftlichen Durchbruch berichtet wird. In den letzten Sätzen kommt dann der Anwendungsbezug und dann heißt es oft: Mit diesem Durchbruch könnte es sein, dass in zehn, zwanzig oder dreißig Jahren ein Beitrag zur Lösung des Energieproblems oder zur besseren Gesundheit und so weiter geleistet wird.

Hieraus sehen Sie: Der Durchbruch, der nach Maßgabe des Wissenschaftssystems und des Erkenntnisfortschritts ein Durchbruch ist, bedeutet noch lange nichts für unser aller normales Leben, draußen in der wirklichen Welt. Es dauert oft sehr lange, bis dort etwas ankommt und bis dort ein Durchbruch erfolgt, weil vielleicht neue Produkte da sind oder neue Dienstleistungen möglich werden. Ein wissenschaftlicher Durchbruch wird in der Berichterstattung zunächst immer sehr positiv dargestellt. Ein Durchbruch heißt: Es ist etwas gelungen, wir haben etwas geschafft, was vorher nicht ging, wir haben eine Grenze überwunden, die vorher den Handlungsmöglichkeiten des Menschen entgegengestanden hat.

In anderen Situationen wird das Wort „Durchbruch“ jedoch nicht so positiv bewertet. Wenn Sie zum Beispiel an einen Blinddarm denken, dann ist es nach dem Durchbruch allerhöchste Zeit. Oder wenn das Hochwasser durch einen Damm bricht, nennen wir das nicht mehr Durchbruch, sondern Dammbbruch. Die Durchbruchmetapher wird also meistens positiv verwendet, aber in anderen Kontexten auch negativ.

Das Wort „Hype“ bedeutet: Etwas ist nur ein Kommunikationseffekt ohne reale Grundlage. Begeisterung schaukelt sich hoch, die Akteure übertreffen einander, es werden immer neue Erwartungen und neue Visionen aufgebaut und so weiter. Man kann sich dies wie eine Spekulationsblase vorstellen, in die investiert wird, in der sich die Akteure hochpushen, der aber die reale Basis fehlt. Irgendwann platzt diese Blase oder sie wird allmählich müde und die Luft entweicht.

Hype bedeutet also: nur Kommunikationseffekt, eine Blase; Durchbruch: etwas, was in der realen Welt passiert, aber hier muss man unterscheiden zwischen der wissenschaftlichen Realität und der Realität in der Gesellschaft dort draußen, wo wir unser Leben führen.

Damit komme ich zum Hype als Kommunikationsmuster. Wir hatten in den letzten Jahren genug Gelegenheit, einige dieser Hypes zu beobachten. Diese sind nicht neu, sie sind keine Erfindung der letzten zehn Jahre. Die Tatsache, dass mit Zukunftstechnologien eine Faszination ausgeht, reicht mindestens bis ins 19. Jahrhundert zurück, vielleicht noch weiter. Vielleicht hat Technologie schon immer gewisse Personen und Gruppen angesprochen und fasziniert.

Einige Beispiel aus dem letzten Jahrhundert: Werner von Braun hat mit seinen Visionen zur Raumfahrt viel bewegt und zeitweise einen Hype damit erzeugt, mit weitreichenden Entwicklungen, was alles zum Beispiel an Ressourcen aus dem Weltraum auf die Erde

geschafft werden kann, aber auch dass Menschen einmal auswandern könnten, wenn es hier zu ungemütlich wird, und so weiter.

Wenn Sie heute an die Berichterstattung zu Raumfahrt denken – das ist auch meistens kurz vor dem Wetterbericht, aber die Faszination, die ich selbst noch in den Sechziger- und Siebzigerjahren erlebt habe, die gibt es hier heute nicht mehr.

Die Kernenergie ist derzeit wieder ein aktuelles Thema. Wenn Sie in die Literatur und Zeitungen der Fünfzigerjahre schauen, dann sehen Sie dort, dass wirkliche Wundertaten erwartet worden sind. Es gibt ein schönes Zitat von dem Philosophen Ernst Block, der gesagt hat: 100 Pfund Thorium oder Uranium werden ausreichen, um aus der Wüste Sahara eine blühende Landschaft zu machen. Man hat von Atomautos und Atomheizungen geschwärmt. Atom war damals das Synonym für eine Technikgläubigkeit, für eine Erwartung an eine paradiesartige Zukunft mit ebendieser Technik.

Weniger bekannt ist die Mikrosystemtechnik; hier gab es in den Neunzigerjahren einen Hype mehr im wissenschaftspolitischen Bereich. Man hat sehr, sehr viel erwartet. Das ist nicht so schnell eingetreten; der Hype ist verpufft, veraltet und teils von der Nanotechnologie aufgenommen worden. Heute, fünfzehn Jahre nach diesem Hype, sieht man, dass die Mikrosystemtechnik jetzt reale Erfolge vorzuweisen hat. Jetzt kommen die Produkte, die damals nur versprochen worden sind. Das heißt: Der Hype ist weg, aber es passiert real etwas.

Die Nanotechnologie ist vielleicht das Paradebeispiel aller Hypes. Sie ist in den 1980er-Jahren in den USA aufgekommen als eine neue Technologie, mit der man auf der Ebene von Atomen und Molekülen operieren konnte. Lange Zeit wurde von ihr die Lösung praktisch aller Probleme der Welt erwartet: Ob Entwicklungsproblematik, Armutproblematik, Gesundheit,

Verlangsamung oder sogar Abschaffung des Alterns – alle Menschheitsprobleme sollten mit Nanotechnologie gelöst werden können. Das hat seinen Ausdruck gefunden in einem faszinierenden Titel, den Bill Clinton und Al Gore der ersten großen Fördermaßnahme gegeben haben: *Shaping the World Atom by Atom*. Die Welt gestalten, Atom für Atom, also die Welt so gestalten, dass wir die Atome so zusammensetzen, wie es am besten zu unseren Zielen und Zwecken passt.

Auch die Nanotechnologie hat, wie Herr Schmidt es für die Synthetische Biologie gezeigt hat, viel Interesse in der Kunst gefunden. Es sind schöne Bilder entstanden, faszinierende Welten, ein Nanokosmos wurde entdeckt. Dieser Hype hat bis mindestens vor einigen Jahren angedauert und dauert in Teilen vielleicht immer noch an.

Ein weiteres Beispiel: das Human Enhancement, die technische Verbesserung des Menschen. Ausgangspunkt war ein Bericht der National Science Foundation im Jahr 2002. In der Programmschrift wird eine neue Renaissance angekündigt. Die Renaissance wird dort als ein Zeitalter verklärt, in dem Menschen universell gebildet waren, das gesamte Wissen ihrer Zeit überblickt haben und nicht in die Zwänge unserer hochdifferenzierten und fragmentierten Welt eingebunden waren. Von den Converging Technologies Nano, Bio, Kogno und Info hat man erwartet, dass wir in zehn bis zwanzig Jahren – also ausgehend vom Jahr 2002 – eine ähnlich schöne, helle Renaissance bekommen werden. Leonardo da Vinci lässt grüßen. Dieser Hype läuft in vielen Feldern immer noch, aber ich glaube, er ist dabei, zu veralten.

Was sagen uns diese Hypes? Man könnte zunächst meinen: Das ist ja bloß Kommunikation. Wenn das nur Spekulationsblasen sind, wäre es dann nicht besser, sie zu ignorieren und sich nicht darum zu kümmern? Dem möchte ich entgegenhalten, dass diese Hypes etwas bewirken.

Sie sind Interventionen in die reale Welt, zum Beispiel mobilisieren sie Geld. Forschung funktioniert heute zum großen Teil darüber, dass man Förderung mobilisiert, und die Fördergeber, die Geldgeber brauchen große Geschichten, große Versprechungen. Das hat in der Wissenschaftslandschaft dazu geführt, dass eine Inflation von Versprechen eingesetzt hat. Wir müssen immer mehr versprechen, um an Forschungsgelder zu kommen.

Diese Hypes machen aber auch Stimmung. Sie können Stimmung für eine neue Entwicklung oder gegen eine neue Entwicklung machen, sie beeinflussen unser Bewusstsein, möglicherweise sogar unser Bild von Leben im Fall der Synthetischen Biologie; sie beeinflussen unser Bild von uns Menschen selbst, wenn wir über technische Verbesserungen des Menschen nachdenken und uns selbst immer stärker als ein Mangelwesen ansehen, das der Natur vielleicht nicht so gut gelungen ist. Diese Visionen, diese Hypes haben Einfluss auf die Art und Weise, wie wir denken. Sie motivieren Menschen, zum Beispiel zu dieser Veranstaltung zu kommen; sie motivieren junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, sich auf dem betreffenden Feld zu engagieren; sie haben Einfluss auf die Agenda der Wissenschaft, auf die Themen, die sich die Forschung vornimmt, haben also reale Folgen in der realen Welt. Deswegen ist es wichtig, dass man sich damit befasst, auch wenn sie vielleicht zu einem guten Teil Spekulationsblase sind.

Ein wichtiger Effekt dieser Hypes ist, dass sie nicht sehr langlebig sind. Hypes kann man nicht über Jahrzehnte aufrechterhalten. Es gibt drei Effekte, mit denen Hypes regelmäßig zum Erliegen kommen.

Der erste Effekt ist folgender: Stellen Sie sich vor, Wissenschaftler, Industrielleute, Manager pushen sich gegenseitig hoch, erzeugen immer neue Erwartungen und Versprechungen an eine neue Technik. Das heißt, die Radikalität der

Innovation, die auf uns, auf die Gesellschaft zukommt, nimmt immer größere Ausmaße an. Dann dauert es nicht lange, bis jemand aus dem Publikum aufsteht – das habe ich mehrfach in der Nanotechnologie erlebt – und sagt: „Aber Herr Professor oder Herr Direktor, wenn das alles so radikal neu ist und unsere Welt völlig auf den Kopf stellen wird, ist es dann nicht auch sehr gefährlich? Könnte es nicht sein, dass es Gewinner und Verlierer gibt? Wissen Sie über die Folgen Bescheid?“ Die Radikalität des Neuen impliziert, dass wir sehr wenig über das Neue wissen, und das heißt, wir wissen auch nichts über mögliche negative Folgen. Je radikaler das Neue, umso größer die Wahrscheinlichkeit, dass die Stimmung kippt, dass aus einer positiven Paradieserwartung eine negative Erwartung von Horrorszenarien wird.

Ich habe es mehrfach erlebt, dass Protagonisten der Nanotechnologie in der Frühzeit, als es noch ein unbelecktes Thema war, diese großen Erwartungen öffentlich kommuniziert haben. Sobald die genannten kritischen Fragen aus dem Publikum kamen, nach dem Motto: „Wissen Sie denn etwas über die Folgen?“, wurde kräftig zurückgerudert und gesagt: „Ach, wissen Sie, Wissenschaft ist evolutionär, wir machen nur kleine Schritte, und im Prinzip haben wir lange Erfahrungen und machen nur hier und da etwas besser.“ Also wurde zurückgerudert von einer Revolution zu einer Evolution, und in diesem Spannungsfeld bewegt sich ein Großteil der Hype-Kommunikation.

Ein zweiter Mechanismus, woran Hypes scheitern oder eine andere Wendung nehmen können (ich wähle wieder das Beispiel der Nanotechnologie), ist, dass Zukunftsgeschichten, die an eine Technologie gebunden werden, immer wieder anders erzählt werden können. Die offizielle Geschichte der Visionäre der Nanotechnologie war die: Die Nanotechnologie wird uns praktisch alles Üble abnehmen, sie wird uns eine Art Paradieszustand be-

scheren, es wird uns gelingen, kleine Nanomaschinen zu bauen, die sich weiterentwickeln, sich vermehren und uns alles abnehmen.

Dann hat Bill Joy, ein Ingenieur, diese Geschichte umgedreht und anders erzählt. Er hat gesagt: Wenn wir irgendwann diese Nanomaschinen, diese Nanoroboter haben, könnte es nicht auch ganz anders kommen? Könnte es nicht sein, dass diese Nanoroboter die Herrschaft über die Erde übernehmen, dass die gar nicht mehr einsehen, warum die sich von uns Menschen irgendetwas sagen lassen? Und wenn wir Glück haben und es handelt sich um emotionale oder sogar nostalgische Nanoroboter, dann hätten wir vielleicht das Glück, dass die ein paar Menschen im Zoo halten werden, um die Erinnerung zu bewahren, wo sie einmal hergekommen sind. Er hat also die Geschichte auf Basis der gleichen Technologievision ganz anders erzählt, und daraus hat sich eine internationale Risikodiskussion entspannt. Man sieht: Diese positiven Hypes sind fragil. Das liegt an der hohen Unsicherheit. Die Visionäre, die Protagonisten wissen nicht, wie die Zukunft wird; sie erzählen eine Geschichte über die Zukunft, und andere Menschen können ganz andere Geschichten erzählen.

Ein dritter Mechanismus, weshalb Hypes irgendwann zu einem Ende kommen, ist lapidarer: Man wird ihrer müde. Wenn man es lang genug gehört hat, dass die paradisischen Zustände kommen, und wenn sie dann immer noch nicht gekommen sind, wird man müde und kann es irgendwann nicht mehr hören. Es kommt zu Frustration, und dann ebbt der Hype ab, die Luft geht heraus.

Übrigens kann auch die Luft herausgehen aufgrund von Erfolg. Das ist eine vielleicht etwas ungewöhnliche Wendung. Denken Sie an das Apollo-Mond-Programm der USA: Das hatte Erfolg gehabt. Nur: In dem Moment, als es Erfolg hatte, war die Luft raus. Die großen wissenschaftlichen Hoffnungen haben sich nicht

erfüllt. Als man gezeigt hatte, dass man schneller als die Russen war, war die Luft raus und aus der Vision, die dahinterstand – der Mensch besiedelt allmählich den Weltraum und hat Stationen außen und so weiter –, ist dann bekanntlich wenig geworden. Das Veralten, das Ermüden von Hypes ist auch ein Mechanismus, der irgendwann zu einem Ende des Hypes führt.

Jetzt aber die Frage: Wo steht die Synthetische Biologie heute? Das zu beantworten ist eigentlich meine Aufgabe. Zunächst: Ich glaube, die Anzeichen für einen Hype sind da, auch wenn Herr Schmidt gesagt hat, die Medien berichten noch nicht so. Es kann aber auch sein, dass das erst in ein, zwei, drei Jahren kommt.

Ich möchte einige Indikatoren nennen, die die These belegen, dass der Hype kommt, dass wir sozusagen in einer ansteigenden Kurve sind. Zunächst einmal im wissenschaftlichen Bereich: Die Zahl der Publikationen zur Synthetischen Biologie ist stark gestiegen. Das heißt nicht, dass viel mehr zur Synthetischen Biologie geforscht wird, weil wir ja keine genaue Definition haben. Das heißt nur, dass viel mehr Biologen das Wort „Synthetische Biologie“ verwenden. Aber dies kann man in der Tat beobachten. Es gibt Konferenzen, Herr Schmidt hat die SB-Weltkonferenzen genannt, es gibt aber auch Workshops und kleinere Konferenzen. All das hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Es entstehen Netzwerke, es gibt das iGEM, das es durch seine Popularität schafft, auch die Bevölkerung zu interessieren. Es gab 2006 den bekannten Brief von NGOs an diese Konferenz in Sachen Selbstverpflichtung und Kritik daran, dass Wissenschaftler selbst zu viel regulieren. Es gab Stellungnahmen von acatech, der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften, schon 2009; das fand ich sehr früh für eine Akademie, die aus dem klassischen Technikbereich kommt. Der Bundestag interessiert sich jetzt dafür; wir sind gerade dabei, in Berlin eine Studie zur Synthetischen

Biologie für den Bundestag zu erstellen. Es gibt EU-Projekte, die sich mit ethischen, rechtlichen und sozialen Fragen befassen, auch BMBF-Projekte. Also verwendet nicht nur die Biologie selbst das Wort viel häufiger, auch die sogenannte Begleitforschung ist in einem Hype begriffen und über die letzten Jahre stark gestiegen.

Dies möchte ich mit einer persönlichen Beobachtung verbinden: Ich habe meinen ersten Vortrag zur Synthetischen Biologie am 2. Oktober 2009 in Freiburg gehalten, bei Ihnen, Herr Boldt, und das war in dem Jahr auch der einzige Vortrag. Im Jahre 2010 habe ich vier Vorträge zur Synthetischen Biologie gehalten und in diesem Jahr sind es über zehn. Ich hoffe, das geht nicht so weiter, aber das ist ein Anzeichen, dass sich hier etwas tut und ein Hype im Entstehen begriffen ist.

Was sind denn die großen Erzählungen, die diesen Hype ausmachen? Ein Hype entsteht ja nicht, weil irgendwie ein paar Enzyme verbessert werden können oder weil man hier und da Materialeigenschaften verbessern kann. Ein Hype braucht eine große Erzählung, ein Narrativ, möglichst anknüpfend an die Menschheitsgeschichte, an alte Erfahrungen. Was sind hier die großen Probleme, die großen Erzählungen, die einen möglicherweise oder wahrscheinlichen Synthetische-Biologie-Hype ausmachen?

Craig Venter hat selbst die Lösung des Energieproblems mitgenannt, Frau Schwille ist darauf eingegangen. Das passt natürlich zum Zeitgeist, zur aktuellen Diagnose, die wir haben: Wir haben ein großes Problem und deshalb ist es naheliegend, das zu nutzen, um zum Hype etwas beizutragen. Fragen von Gesundheit und Krankheit begleiten die Menschheit von ihrem Anfang an, und so wie diese in der Nanotechnologie-Erzählung eine große Rolle gespielt haben, spielen sie hier wieder eine große Rolle.

Dann das künstliche Leben. Ich habe mit Interesse gesehen, dass die Experten heute Vormittag weit von sich gewiesen haben, dass sie mit künstlichem Leben zu tun haben. Das tun die Synthetischen Biologen in der Regel. Trotzdem ist die Wahrnehmung in der Öffentlichkeit und auch in den Medien, soweit man das bisher sagen kann, eine andere: nämlich dass hinter der Synthetischen Biologie doch so eine Art Traum vom künstlichen Leben steht, ganz ähnlich wie viele Nanotechnologen abstreiten würden, dass sie *Shaping the World Atom by Atom* wirklich machen wollen oder können. Trotzdem steht diese Idee irgendwo dahinter, als diffuse Idee, als Weltanschauung, als nicht richtig fassbar. Die Idee künstlichen Lebens gehört, eben weil es eine alte Menschheitsgeschichte ist, zu den Hintergründen eines solchen Hypes, und sie ist auch besonders befähigt dazu, denn die Idee, künstliches Leben zu erschaffen, hat beide Seiten der Medaille: Sie ist faszinierend und sie erweckt einen Schauer zugleich. Das ergibt dieses Kribbeln. Beide Facetten sind darin enthalten, und das ist es, was einen Hype auszeichnet: Das Paradies und die Apokalypse lassen sich erahnen.

Die Büchse der Pandora kam schon vor. Wir wissen nicht, was drin ist, bevor wir sie geöffnet haben. Das ist das, was Herr Stegemann angesprochen hat: Wir ahnen, was in der Büchse ist, aber wir wissen es nicht, und wir möchten es gerne wissen, bevor wir es herauslassen. Das ist eine verbreitete Wahrnehmung in den entstehenden öffentlichen Debatten.

Auch der Aspekt der Hybris, Gott spielen, wird in der öffentlichen Wahrnehmung immer wieder genannt und gehört zum Hype. Dazu gibt es heute Nachmittag noch eine Extrasektion. Ich selbst halte von diesem Argumentationstyp nicht viel, aber man muss feststellen oder auch anerkennen, dass dies die öffentliche Debatte und die Medien bewegt.

Damit komme ich zu einigen kurzen Schlussfolgerungen. Erstens glaube ich, wir befinden uns in der Tat in einem entstehenden Hype der Synthetischen Biologie. Zweitens: Dieser Hype bewegt etwas, er hat Sie bewegt, zu kommen, er hat den Ethikrat bewegt, hierzu eine Veranstaltung zu machen, und es werden schon Geldströme und Forschungsgelder bewegt. Es entsteht eine Risikodebatte. Diese Diskussion, dieser Hype hat jetzt schon Folgen.

Wie ist es mit den Durchbrüchen bestellt? Alle Biologen und Biologinnen sind sich wohl darin einig, dass hier ein sehr großes Potenzial vorhanden ist. Nur: Das ist erst einmal wissenschaftliches Potenzial. Die Geschichte der Biologie der letzten Jahrzehnte – zum Beispiel seit Watson/Crick – ist eine Geschichte der großen Durchbrüche. Es ist atemberaubend, was in den letzten Jahrzehnten alles gelungen ist. Trotzdem: Es handelt sich um ein Potenzial für Durchbrüche in der realen Welt. Die biologischen Durchbrüche implizieren nicht unbedingt, dass es auch in der Lebenswelt und im Alltag, in der Wirtschaft Durchbrüche geben wird, die unser Leben verändern. Die Innovationsforschung zeigt, dass fast immer viel Zeit liegt zwischen dem wissenschaftlichen Durchbruch und der wirtschaftlichen Innovation, die man in Form von Systemen, Produkten oder Dienstleistungen kaufen oder installieren kann. Dazwischen liegen viel Zeit, viel Mühe und viele Entscheidungen, die getroffen werden, und auch viel Raum zum Beispiel für Partizipation, für Regulierung und für gesellschaftliche Debatten.

Der Durchbruch im wissenschaftlichen Bereich heißt nicht, dass wir sofort unser Leben ändern müssen. In dem Moment – nur als Analogie –, als das Human Genome erforscht war, hat sich zunächst in der Behandlung von neurophysiologischen Krankheiten überhaupt nichts verändert. Das war eigentlich eher ernüchternd, und es wurde eben schon gesagt: Es braucht eine lange Zeit vom wissenschaftlichen Durch-

bruch bis zu einer Innovation, die in die Lebenswelt eingreift. Manche bedauern es; ich finde es gut, dass es diese lange Zeit braucht, weil es uns dies möglich macht, Technikfolgen, Risiken und Missbrauchsgefahren zu erforschen und uns nach Maßgabe des Vorsorgeprinzips Schritt für Schritt diesen neuen Möglichkeiten zu nähern. In einem frühen Stadium gibt es niemals ein Entweder-oder. Dazu weiß man viel zu wenig. Wir brauchen diese Zeitspanne zwischen dem wissenschaftlichen Durchbruch und dem Gang in die Innovation, um Schritt für Schritt zu lernen, die neue Technologie einzuschätzen, zu bewerten und zu entscheiden, ob und in welcher Form wir sie wollen oder auch nicht wollen.

Ich komme zum letzten Punkt. Was heißt das für die Ethik oder für den Ethikrat? Es handelt sich hier um eine hypeartige Kommunikation auf beiden Seiten. Die hohen Erwartungen sind zu einem guten Teil Spekulation, ebenso die großen Befürchtungen. Wer recht hat, lässt sich im Moment nicht entscheiden. In der Ethik müssen wir aufpassen, dass wir uns nicht an bloßen Spekulationen festbeißen und diese bloßen Spekulationen zum Maßstab einer Ethikdebatte machen. Wir müssen die Plausibilität erforschen, mit der gewisse Spekulationen und Visionen vorgebracht werden. Sie müssen einen gewissen Realitätsgehalt aufweisen. Auch das Vorsorgeprinzip der Europäischen Union greift nicht, wenn nur ein bloßer Verdacht besteht, sondern es heißt dort mit gutem Grund: Es muss ein *reasonable concern*, ein begründeter Verdacht vorliegen. Was dieses Wort „begründet“ heißen mag, ist schwer festzustellen, aber auch darum muss es neben der ethischen Bewertung gehen. Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

(Applaus)

Diskussion mit dem Publikum

Alfons Bora (DER)

Vielen Dank für Ihren Vortrag. Im Unterschied zur Forschung ist zwischen den Vorträgen und dem Mittagessen nicht unbegrenzt Zeit. (Lachen) Wir wollen uns aber doch eine kleine Diskussion dieser beiden wirklich sehr spannenden Vorträge gönnen. Ich laden Sie, das Publikum, ein zu Fragen, Kommentaren, Bemerkungen.

Petra Schwille (TU Dresden)

Ihr Abschlusskommentar, die realistische Einschätzung, hat mir gut gefallen. Als jemand, der schon lange in Wissenschaft und Technik unterwegs ist, frage ich mich, aus welcher realen Bedrohungserfahrung eigentlich diese kritische Haltung kommt. Das ist mir einfach unklar. Dazu hätte ich gern aus berufenem Munde – und ein Institut zur Technikfolgenabschätzung ist durchaus berufen – Aufklärung darüber, woher eigentlich diese Angst vor technischen Neuerungen kommt. Außer der Atomkraft, die in puncto Gefährdung wirklich gehalten hat, was sie versprochen hat, haben wir eigentlich kein anderes dieser großen Felder Biotechnologie, Gentechnik, Nanotechnologie, die uns wirklich real erfahrene Bedrohungen eingebracht hätten, bisher jedenfalls. Bei allen Segnungen, die die Technologie uns bringt, ist es, glaube ich, mehr so ein Gefühl, dass man sagt: Das hat uns so viel Gutes gebracht, jetzt muss irgendwann einmal der ganz große Schlag kommen. Können Sie dazu vielleicht etwas sagen?

Alfons Bora (DER)

Wir sammeln jetzt die Fragen und antworten dann in einer Schlussrunde. Herr Catenhusen.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Zwei kurze Fragen. Die erste: Sie haben das Thema Nanohype schön beschrieben. Aber müsste man nicht darüber informieren, dass der Nanohype gezielt von Futorologen in die Welt

gesetzt worden ist? Das war kein Ergebnis von Fantasien in den Forschungslabors, sondern eine professionelle Truppe hat Futorologie betrieben, und seit sich die Nanotechnologie von dieser Hypeproduktion in Amerika befreit hat, verläuft auch die Diskussion dazu ganz anders.

Der zweite Punkt ist: Bei den Indikatoren, die den Hype in der Synthetischen Biologie kennzeichnen, fehlt eigentlich ein Punkt, nämlich: Was tut sich eigentlich in der Wissenschaft selbst? Ist es wirklich nur eine Umetikettierung oder sind es nicht auch in der Frage einer neuartigen interdisziplinären Vernetzung im Bereich der Wissenschaft neue Strukturen, die neue Fragestellungen im Sinne von technischem Engineering von biologischen Systemen erlauben? Das ist doch nicht nur eine Frage von Etikettierung, sondern auch eine Frage der Ausbildung einer Wissenschaftsstruktur.

Armin Grunwald (KIT, Karlsruhe)

Frau Schwille, es gibt in Deutschland keine Technikfeindlichkeit, das haben alle demoskopischen Untersuchungen gezeigt. Es gibt die bekannten Probleme in der öffentlichen Wahrnehmung der Kernenergie und der grünen Gentechnik. Die sind sehr stabil, teils über Jahrzehnte, aber es gibt keine generelle Technikfeindlichkeit. Das möchte ich wirklich so deutlich sagen, weil alle empirischen Ergebnisse – und wozu macht man empirische Forschung, wenn man es dann nicht glaubt? – das sagen.

Es gibt so etwas wie eine Skepsis. Das ist aber keine Feindlichkeit. Die Skepsis hat mit zwei Dingen zu tun: Einmal gibt es durchaus schlechte Erfahrungen. Ob man an Bhopal denkt oder an die Kernenergie oder an die Asbestproblematik, wo es nach Schätzungen in Europa etwa 200.000 bis 300.000 Tote geben soll, wenn die Krebswelle einmal abgeklungen ist, so ist das schon erheblich. Im Umweltbereich sind wir seit Jahrzehnten mühsam dabei, frühere Technikfolgen zu kompensieren oder zu mildern. Es gibt also durchaus Er-

fahrungen mit nichtintendierten Technikfolgen, wo es gut gewesen wäre, wenn man sie vorher gekannt hätte.

Dazu kommt: Es geht uns gut in Deutschland. Wir haben etwas zu verlieren. Reiche Gesellschaften fragen stärker nach: Brauchen wir wirklich Innovation, wenn Innovation auch Risiken mit sich bringt? Es geht uns gut im Vergleich zur Geschichte, im Vergleich zu vielen anderen Weltregionen, und daher wird stärker nachgefragt. Auch das ist keine Technikfeindlichkeit, sondern nur eine Form gesunder Skepsis. Risikodebatten sind in reichen Gesellschaften etwas völlig Normales; sie haben nichts mit Feindlichkeit zu tun, sondern es gehört einfach dazu, dass demokratisch über diese Dinge gesprochen, nachgedacht und beraten wird.

Herr Catenhusen, Sie haben recht mit den Futurologen. Diese Gruppe hat in den Achtzigerjahren diesen Nanohype gemacht. Es war teilweise die gleiche Gruppe, die das dann im Human Enhancement, quasi in einer zweiten Welle aufpoliert hat. Sie haben einen großen Impact erreicht, das kann man wohl sagen. Es ist beachtlich, was dadurch an Kommunikation und Diskussionen weltweit losgetreten worden ist.

Auch Werner von Braun war eine Person, die das sehr starkgemacht hat; auch da gab es eine Clique. Oft sind es in der Tat wenige Personen, die teils eigene Interessen damit verfolgen, teils aber auch von einer bestimmten Idee besessen sind.

Was den Hype betrifft: Ich möchte mit meiner Rede nicht sagen, dass in der Biologie nichts Neues passiert, sondern eher, dass es auch eine allmähliche Entwicklung sein kann, die durch Umetikettierung zu einem Hype als Hype erscheint. Und das ist der Fall, da tut sich viel Neues; Frau Schwille hat uns über einige Bereiche informiert. Besonders faszinierend ist gerade dieses Zusammenwachsen zwischen

dem ingenieurwissenschaftlichen Denken und dem naturwissenschaftlichen Bereich am Beispiel lebendiger Systeme.

Markus Schmidt (IDC, Wien)

Zum Punkt, warum Gefahren aufgebracht werden, obwohl keine entstehen. Die Personen, die besonders auf Gefahren hinweisen, kommen oft selbst aus der Gruppe der Wissenschaftler. Es gibt vereinzelt Wissenschaftler, die schon sehr früh auf mögliche Gefahren hingewiesen haben, auch in der Gentechnik. 1975 gab es die Asilomar-Konferenz, an der mehrere Nobelpreisträger teilgenommen haben. Diese haben das Biosicherheitssystem, Biosafety 1 bis 4, vorgeschlagen und darauf gedrängt, dass es umgesetzt wird. Auf Initiative der Wissenschaftler ist somit ein Sicherheitssystem etabliert worden, das mit dazu beigetragen hat, dass die Technologie auch heute noch im Prinzip sicher ist. Da macht es auch Sinn, sich frühzeitig mit dem Gedanken auseinanderzusetzen, um dann hauptsächlich die positiven Aspekte zu nennen und die Nachteile möglichst hintanzustellen.

Drew Endy hat bei der SB.5 den Begriff „Half pipe of doom“ aufgebracht. Das bedeutet, dass die Wissenschaftler einerseits stark überzeichnen, was alles möglich sein wird mit der Synthetischen Biologie, aber gleichzeitig auf die Gefahren hinweisen, dass die Welt von neuen Viren vernichtet werden könnte. Das ist wie ein Janusgesicht: Einmal wird es sehr positiv dargestellt, dann sehr negativ, und das trägt dazu bei, dass die Aufmerksamkeit gesteigert wird.

Außerdem gibt es Wissenschaftler, die beide Rollen einnehmen und zu diesem Hype beitragen. Nicht nur Leute außerhalb der Wissenschaft stimulieren dies also mit, sondern viele Wissenschaftler selbst – nicht alle, sondern einige wenige, die aber sicherlich sehr dazu beitragen.

Die Frage, was das Neue in der Synthetischen Biologie ist, kann man von naturwissenschaft-

licher Seite beantworten, aber auch von sozialwissenschaftlicher Seite. iGEM ist ein gutes Beispiel für eine Ingenieurskultur, wie wir sie zum Beispiel auch bei der Robocup, der Herstellung von Fußball spielenden Robotern sehen. Diese Begeisterung von Teams, die zusammenkommen, etwas bauen, einen Wettbewerb veranstalten – das kann man glaube ich, erstmals in der Biotechnologie sehen, eine soziale Transformation der Ingenieurskultur in der Biologie mit allen ihren Effekten. Naturwissenschaftlich gesehen gibt es auch ein paar Neuerungen, die aber vermutlich nicht allein diesen Hype begründen könnten.

Noch ein Nachsatz zum Hype im Vergleich USA und Europa: 2002 gab es einen Bericht in den USA, dass Converging Technologies das nächste große Ding seien, auf das man setzen müsse. In den USA ist das eher in Vergessenheit geraten, aber in Europa hatte man große Angst, ins Hintertreffen zu geraten, hat Programme aufgelegt und alles war Converging Technologies. Man missversteht auch die Rhetorik und die Strategie, die in Amerika herrscht, wie man zu Geldern kommt, wie man eine Idee forciert, um Fördergelder zu bekommen. Das läuft in den USA ganz anders als in Europa, aber in vielen Fällen werden die Aussagen aus Amerika in unseren Kontext versetzt, ohne dies zu adaptieren. Ähnlich findet das derzeit in der Synthetischen Biologie statt: In Europa gibt es eine große Angst, dass man ins Hintertreffen gerät, und das Bemühen, unbedingt mitzumachen, um ja nicht in der wissensbasierten Bioökonomie an die zweite oder dritte Stelle zu gelangen. Daher muss man in der Interpretation solcher Aussagen immer auch den jeweiligen kulturellen Hintergrund berücksichtigen.

Alfons Bora (DER)

Wir haben in beiden Vorträgen gelernt, dass gesellschaftliche Technikgestaltung immer auch so etwas ist wie die Auseinandersetzung über

Deutung, über das, was als narrative, als große Erzählungen bezeichnet wurde. Zu diesen Deutungen tragen viele gesellschaftliche Felder bei, auch die Wissenschaft; es war wichtig, das in beiden Vorträgen noch einmal zu sehen. Es ist eben nicht so, dass wir auf der einen Seite die nüchterne, nur an Fakten und Realitäten orientierte Wissenschaft hätten und auf der anderen Seite die großen Phantasmagorien. Die Verhältnisse sind sehr viel komplexer. Überall haben wir Deutungen, überall haben wir Bilder einer Zukunft, implizit oder explizit, auf die man hinsteuern kann oder die man vermeiden möchte.

Wenn man sich nun fragt, wie man diese Deutungen, diese Visionen, diese Phantasmagorien zu bewerten und zu beurteilen hätte, dann sollte man stark auf die einzelnen Felder schauen, zum Beispiel in der Wissenschaft darauf, was sie selbst dazu beitragen kann, der Logik des Hochschaukelns von Deutungen, von Phantasien, von Erzählungen um des Einwerbens von Fördermitteln willen etwas entgegenzusetzen.

Mit diesem Gedanken möchte ich Sie in die Mittagspause entlassen. Sie sind alle herzlich eingeladen, mit uns in den sogenannten Katakomben das Mittagessen einzunehmen. Wir sehen uns um 14 Uhr wieder.

(Applaus)

III. Lebenswissenschaft: vom Verändern zum Erschaffen?

Moderation: Prof. Dr. iur. Jochen Taupitz · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Meine Damen und Herren, ich hoffe Sie hatten eine ausreichend lange Mittagspause. Wir möchten nun mit dem nächsten Abschnitt fortfahren: „Lebenswissenschaft: vom Verändern zum Erschaffen“. Der Block ist zweigeteilt: Wir

haben zunächst ein Gespräch zwischen Professor Pühler und Professor Rehmann-Sutter zur Lebensfrage, die heute Morgen immer wieder angesprochen wurde. Anschließend wird es ein Streitgespräch geben zwischen Herrn Dr. Boldt und Herrn Professor Dabrock „Vom *homo faber* zum *homo creator*“.

Wir haben heute Morgen viel über Deutungen, Zuschreibungen und die Frage gehört, was eigentlich das Neue an der Synthetischen Biologie ist. Wird hier wirklich künstliches Leben geschaffen? Dieser Frage des Lebens, des künstlichen Lebens wollen wir uns im nächsten Tagungsabschnitt zuwenden.

Ich darf Ihnen zunächst kurz die beiden ersten Referenten unseres Blocks vorstellen. Herr Professor Alfred Pühler hat Physik studiert, sich dann aber in der Genetik habilitiert und war viele Jahre Inhaber des Lehrstuhls für Genetik an der Universität Bielefeld. Nach einem Ausflug in das Rektorat der Universität Bielefeld ist er jetzt Senior Research Professor am Zentrum für Biotechnologie der Universität Bielefeld. Er ist Präsidiumsmitglied der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften (acatech), die heute auch schon mehrmals erwähnt worden ist, Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Mitglied der Zentralen Kommission für die Biologische Sicherheit – auch diese Fragen wurden schon angesprochen – und Mitglied der Nordrhein-westfälischen Akademie der Wissenschaften und Künste.

Der zweite Referent unseres heutigen frühen Nachmittags ist Prof. Dr. Christoph Rehmann-Sutter. Er hat zunächst Molekularbiologie am Biozentrum der Universität Basel studiert, ist dann in die Philosophie abgewandert, hat sich an der Universität Basel in der Philosophie habilitiert, war viele Jahre Präsident der schweizerischen Nationalen Ethikkommission im Bereich der Humanmedizin – das ist die Schwesterorganisation unseres Deutschen Ethikrates – und seit 2009 Professor für Theorie

und Ethik in den Biowissenschaften am Institut für Medizingeschichte und Wissenschaftsforschung der Universität zu Lübeck, ist also aus der Schweiz zu uns nach Deutschland gekommen.

Jetzt darf ich beide Referenten nach oben aufs Podium bitten. Da es ein Gespräch zwischen den beiden – und auch ein bisschen mit mir – sein soll, werden beide zunächst kurze Eingangstatements halten und dann miteinander diskutieren. Nach dem nächsten Block wird es mit Ihnen, dem Publikum, eine halbe Stunde Diskussionszeit geben.

Die Lebensfrage – Gespräch

Prof. Dr. rer. nat. Alfred Pühler · Center for Biotechnology (CeBiTec) der Universität Bielefeld

Ich freue mich, dass ich hier auf diesem Podium sitzen darf. Ich werde mich mit meinen Eingangstatements kurz halten, damit genügend Zeit für das Gespräch bleibt.

Ich arbeite an einem Zentrum für Biotechnologie. Unsere Research-Gruppe beschäftigt sich mit Genomforschung an industriellen Mikroorganismen, und das heißt, dass wir zusammen mit Firmen Produktionsorganismen optimieren. Diese Optimierung geschieht durch Einsatz von Omics-Technologien, Bioinformatik und Systembiologie. Das sind die Voraussetzungen, auf denen die Synthetische Biologie aufbaut. Das ist ein wesentlicher Punkt, und ich sage das ganz deutlich: Synthetische Biologie ist ein Feld, das in Zukunft entwickelt werden muss. Es ist noch lange nicht da, wo es sein sollte.

Was werde ich hier tun? Ich werde versuchen, eine Abgrenzung oder auch einen Zusammenhang herzustellen zwischen Synthetischer Biologie zum einen und künstlichem Leben zum anderen. Es ist enorm wichtig, dass man weiß, wovon man spricht. Beide Begriffe dürfen nicht

synonym verwendet werden, denn das könnte Schwierigkeiten ergeben.

Bei der Definition der Synthetischen Biologie kann ich mich kurz halten, denn darauf wurde am Vormittag schon des Öfteren eingegangen. Ich gehe zurück auf die Stellungnahme der DFG und der beiden Akademien acatech und Leopoldina aus dem Jahr 2009 und ich möchte daraus einen Satz zitieren, auf dem ich dann aufbaue:

„Die Synthetische Biologie führt ein weites Spektrum an naturwissenschaftlichen Disziplinen zusammen und befolgt dabei ingenieurwissenschaftliche Prinzipien.“

Bei den naturwissenschaftlichen Disziplinen handelt es sich um Gentechnik, DNA-Sequenzierung, DNA-Synthese, Systembiologie und Bioinformatik. Diese Fachgebiete interagieren in Richtung Synthetische Biologie.

Aber was sind diese ingenieurwissenschaftlichen Prinzipien? Das ist für mich die neue Sichtweise: die Technisierung der Biologie. Hier werden Organismen mit neuen Eigenschaften zunächst am Reißbrett, das heißt am Computer entwickelt, indem man aus unterschiedlichen Organismen Genkassetten zusammenholt und unter Umständen theoretische neue Stoffwechselwege aufbaut. Wenn dann die Theorie so weit ist, dass sie in der Praxis funktionieren sollte, kann man den Prototyp, den man entwickelt hat, im Labor nachbauen, und das geschieht durch Genomprogrammierung.

Soweit die Synthetische Biologie. Man kann sich dies noch einmal an dem Experiment der Craig-Venter-Gruppe verdeutlichen: Diese Publikation stammt vom Mai 2010; die deutsche Stellungnahme zur Synthetischen Biologie wurde genau ein Jahr vorher Politik und Gesellschaft zur Verfügung gestellt. Man hat also schon lange Zeit bevor dieser große Hype begonnen hat, gesagt, was die Wissenschaft dazu ausführt und in welche Richtung man sich entwickeln muss.

Die Publikation der Craig-Venter-Gruppe trägt den Titel: *Creation of a Bacterial Cell Controlled*

by a Chemically Synthesized Genome. Ich möchte auf das Wort *Creation* abheben. Es bedeutet Schöpfung, und wenn man nachfragt, dann wurde es bewusst in die Überschrift aufgenommen, um Aufmerksamkeit zu erzeugen. Für mich ist das eine verkehrte Darstellung. Denn wir wissen, was in dieser Publikation geschehen ist: Eine bakterielle Genomsequenz wurde chemisch synthetisiert, dann wurde dieses chemisch synthetisierte Genom in eine lebende Zelle transplantiert. Auf diese Weise wurde diese chemisch synthetisierte Sequenz, dieses Genom, dann zum Leben erweckt. Aber offensichtlich ist doch: Hier ist nichts Künstliches dabei. Denn man hat die biologische Information, die über vier Milliarden Jahre Evolution entstanden ist, genutzt, und zwar sowohl auf der Genomseite als auch auf der Seite, wo es um eine lebende Zelle ging. Es handelt sich also an keiner Stelle um künstliches Leben.

Jetzt kommt die eigentliche Frage: Was ist denn künstliches Leben? Hier ist es schwierig, eine Definition zu finden. In der Stellungnahme der DFG und der beiden Akademien könnte man dazu folgenden Satz herauslesen: Künstliches Leben oder auch künstliche lebende Einheiten werden durch künstliches Leben erschaffen, die auf nicht biologischen Prinzipien aufbauen. Das ist für mich der wesentliche Punkt: dass man das weglässt, was die Biologie innerhalb der Evolution bis jetzt geschaffen hat, dass man sagt: Gibt es noch andere technische Möglichkeiten, um ein Konstrukt zu erzeugen, das Informationen verarbeitet, weitergibt und das sich repliziert? Dazu gehören natürlich auch die anderen Punkte. Das, was hier gemacht wird, wird unter dem Begriff Protozellforschung durchgeführt.

Die Protozellforschung wird dann zur Synthetischen Biologie gezählt, wenn sie biologisch basiert ist. Dort, wo sie nicht biologisch basiert ist, würde ich sie aus dem Begriff

Synthetische Biologie herausnehmen, um auf der einen Seite die Synthetische Biologie und auf der anderen Seite künstliches Leben zu unterscheiden.

Die Schlussfolgerung: Synthetische Biologie ist eine existierende Technologie, die vor allem der Biotechnologie zugutekommen wird. Künstliches Leben ist ein Forschungsansatz, der weit von dem entfernt ist, was er wirklich verspricht. Ich möchte keine Vorhersage machen, ob man wirklich zu einem künstlichen Leben, zu einem technischen Konstrukt kommen wird, das den Begriff verdient. Die Unterscheidung zwischen Synthetischer Biologie und künstlichem Leben ist aber sehr wichtig.

Wenn Sie die Studie der DFG ausführlich lesen, sehen Sie, dass an dieser Stelle hart darum gerungen wurde: Braucht man ein Moratorium oder nicht? Wir haben uns gegen ein Moratorium entschieden, denn synthetische Biologie schafft veränderte Organismen, wo es verwandte gibt, deren Eigenschaften man kennt. Wenn man vergleichbare Organismen in der Nähe hat, dann hat man die Möglichkeit, Technikfolgenabschätzung zu machen und Risiken abzuschätzen.

Wir haben an dieser Stelle gesagt: kein Moratorium, sondern ein Monitoring. Man braucht eine Stelle, die beobachtet, wohin sich die Synthetische Biologie entwickelt. Das war die Empfehlung an die Politik. Die Politik hat diesen Punkt aufgenommen und in der Zwischenzeit wurde eine solche Stelle eingerichtet bei der ZKBS (Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit), die nichts anderes tun soll als verfolgen, was die Synthetische Biologie macht. Wenn sie in dem Rahmen bleibt, den ich gerade genannt habe, kann man eine Technikfolgenabschätzung oder Risikobewertung durchführen; wenn sie davon wegkommt, also in Richtung künstliches Leben geht, dann hat man keinen Vergleichsorganismus mehr und weiß eigentlich nicht, wo die Risiken

liegen. Dann greift das Vorsorgeprinzip, und das heißt an dieser Stelle ganz klar Moratorium.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank. Bevor ich Herrn Professor Rehmann-Sutter das Wort gebe, möchte ich einmal nachfragen. Warum ist für Sie als Naturwissenschaftler die Frage entscheidend: Leben, ja oder nein? Die Vergleichbarkeit mit bestehenden Strukturen, Kunststoffen oder sonst etwas, das leuchtet mir als Jurist ein. Aber warum ist für Sie als Naturwissenschaftler die Frage, ob Leben vorliegt oder nicht, entscheidend für die Risikovorsorge oder die Beurteilung?

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Es geht darum, ob man eine Technikfolgenabschätzung überhaupt durchführen kann. Das ist der wesentliche Punkt. Wenn ich einen Organismus vor mir habe, dessen Eigenschaften ich nicht kenne, ist es unglaublich schwierig, eine Risikoabschätzung durchzuführen.

Jochen Taupitz (DER)

Aber das ist bei chemischen Stoffen doch genauso: Sie leben nicht, aber haben Gefahrenpotenzial.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Aber Sie haben bei chemischen Stoffen eine chemische Verbindung, die zu einer bestimmten Substanzklasse gehört. Diese Substanzklasse kennen Sie und wissen auch, welche Gefahren davon ausgehen oder nicht. Sie können genau sagen: Ist es ein neuer Stoff, der dort zugeordnet wird? Inwiefern verhält er sich anders? Und dann kann ich abschätzen, ob das etwas ist, auf das ich besonders Obacht geben muss. Wenn es ein komplett neuer Stoff ist, kann es zu Schwierigkeiten kommen. Da müssen Sie unwahrscheinlich viel durchtesten. Das geht also in die gleiche Richtung.

Jochen Taupitz (DER)

Für Sie als auch philosophisch ausgerichteten Menschen ist die Frage wahrscheinlich noch entscheidender, Leben, ja oder nein, nicht wahr? Aber bitte zunächst einmal Ihr vorbereitetes Statement.

Prof. Dr. phil. Christoph Rehmann-Sutter ·
Institut für Medizingeschichte und
Wissenschaftsforschung (IMGWF) der
Universität zu Lübeck

Vielen Dank. Es ist für mich tatsächlich nicht so entscheidend, ob Leben, ja oder nein, oder ob künstliches Leben, ja oder nein. Denn wenn ich an die Risiken der bisherigen Technologien denke, dann entstehen eigentlich die großen Gefahren für die globale Gesellschaft nicht aus einzelnen Techniken, sondern aus der Sozialisierung von Technik. Das Auto ist eine Technik; das einzelne Auto ist nicht so gefährlich, aber viele Autos mit ihrem gesamten CO₂-Ausstoß führen zur Gefährdung. Das wird auch möglicherweise auch hier der Fall sein, wobei man an die Sozialisierung und Ökologisierung von großflächig genutzten Technologien denken muss und nicht so sehr daran, ob jetzt eine Zelle künstlich ist oder nicht. Daran hängt es wahrscheinlich nicht.

Aber so, wie Sie es aufgerollt haben, birgt dies eine interessante philosophische Frage: Was wäre denn künstliches Leben? Man kann etwas künstlich machen, aber man müsste immer noch einen Vergleichsmaßstab haben. Und da ist letztlich die philosophische Frage versteckt: Was denn ist Leben? Wir können nicht etwas künstlich machen und nachher behaupten, es ist künstliches Leben, wenn wir uns nicht vorher darauf geeinigt haben, womit wir es vergleichen.

Dies Frage ist so interessant, dass man sie in der zweitausendjährigen Geschichte des Denkens immer wieder neu gestellt hat, als eine echte philosophische Frage, die sich schon dadurch auszeichnet, dass man gar nicht richtig weiß, wie man sie stellen soll.

Ich habe noch ein paar Punkte. Wenn wir über Leben sprechen, müssen wir den lebensweltlichen Zusammenhang des Lebensbegriffs im Auge behalten. Leben ist kein streng naturwissenschaftlicher Begriff. Wir müssen in der Biologie operationalisieren, Kriterienlisten angeben, um dies empirisch feststellen zu können. Aber Leben ist in unserem Umgang mit dem Lebendigen – inklusive uns selbst als Lebewesen, die wir sind – ein Begriff, der ein Phänomen von eigener Spontaneität und eigener Sinnhaftigkeit benennt. Leben ist eigentlich ein ethischer Begriff oder kann so aufgefasst werden: Wenn ich von etwas sage, es lebt, dann gebe ich ihm einen Kredit, eine Anerkennung; ich nehme an, es hat eine eigene Spontaneität, ein eigenes Zentrum, altert auf eine eigene Art, ist keine Maschine. Eine Maschine ist nie ein Lebewesen.

Wir können allerdings Lebewesen so beschreiben und erklären, als wenn sie Maschinen wären: *als ob* sie Maschinen wären, aber nicht *als* Maschinen. Sie sind keine Maschinen. Das sollten wir bei dieser Diskussion um Synthetische Biologie immer im Auge behalten.

Am wichtigsten aber scheint mir biopolitisch und bioethisch die Frage der Governance zu sein. Hiermit komme ich auf den Anfang meines Statements zurück. Viel wichtiger als die Frage nach der Künstlichkeit ist die Frage, wie synthetische Zellen eingesetzt werden. Hier geht es um biologische Gefahren und ökologische Risiken. Wir brauchen eine Ethical Governance, um diejenigen Anwendungen zu finden und zu realisieren, die für die Menschen und für die Biosphäre gut und zuträglich sind. Meine These, über die wir vielleicht nicht alle gleicher Meinung sind, ist, dass der Markt diese Steuerung nicht leistet.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank. Auch da möchte ich nachfragen: Warum ist es für einen praktisch denkenden Menschen wichtig, ob die Entität, die ich vor mir

habe, ein Lebewesen ist, eine kleine Mikrobe oder aber eine chemische Substanz, die natürlich biologisch-chemisch etwas anderes ist, aber warum spielt das für die Anerkennung, die wir dieser Entität zusprechen, eine Rolle? Natürlich ist es ein Unterschied, ob irgendwann einmal reale Lebewesen – Hunde, Katzen, Menschen – künstlich geschaffen werden könnten, aber muss man als praktisch denkender Mensch bei kleinen Mikroben im Labor einen Unterschied machen, ob das Leben ist oder nicht? Welche Bedeutung hat die Frage der Anerkennung, die Sie in das Zentrum Ihrer Überlegungen gestellt haben?

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Diese Anerkennung steckt gerade in diesem Begriff „Leben“. Wir müssen nicht sagen, wenn etwas ein Tier ist oder ein Mensch, dann hat es deswegen eine bestimmte Anerkennung verdient. Aber wenn wir sagen, es lebt, dann steckt in diesem Begriff schon eine prinzipielle Anerkennung, dass es ein Wesen ist, das den gleichen Stammbaum hat wie wir, das etwas mit uns teilt, nämlich eine Existenzform, die wir Lebendigkeit nennen.

Jochen Taupitz (DER)

Sie würden nicht von der Würde des Bakteriums sprechen, aber trotzdem das Bakterium anders behandeln als die unbelebte Natur.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Das wäre eine übertriebene Anwendung des Würdebegriffs.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

An dieser Stelle möchte ich einhaken. Ich gehe in vielem, was Sie sagen, mit Ihnen konform. Die Synthetische Biologie wird zurzeit hauptsächlich auf dem Gebiet der mikrobakteriellen Zellen durchgeführt. Hier stellt sich schon die Frage, wie ich mit einer Zelle und wie mit einem höher entwickelten Organismus umgehe, also Mensch oder Tier. Das ist ein klarer Unter-

schied, Herr Taupitz. Sie fragen: Stoff oder lebende Zelle. Die Gefahren ergeben sich aus der lebenden Zelle. Wenn ich einen Stoff habe, kann ich ihn lokalisieren; ich weiß, wo er sich befindet. Ich muss nicht befürchten, dass er sich vermehrt und sich dadurch in einem Gebiet ausbreitet, was ich nicht mehr kontrollieren kann. Hier liegt der große Unterschied. Wenn ich im größeren Maßstab die Veränderungen im Rahmen des genomischen Programmierens durchführe, so birgt das ein Risiko in sich und stellt eine Bedrohung dar. Das muss genau betrachtet werden.

Sie haben nachgefragt, wie ich so etwas reguliere. Ich war dabei, als diese Studie geschrieben wurde. Für uns war das ein wichtiger Punkt. Wir können derzeit das existierende Gentechnikgesetz auf die Konstrukte anwenden, die momentan synthetisch hergestellt werden. Die ZKBS greift an der Stelle. Es könnte aber sein, dass die Synthetische Biologie in Zukunft – denn wir können nicht vorhersagen, was in fünf oder zehn Jahren sein wird – in die Irre laufen wird und die Realität uns einholt. Darum braucht man ein Monitoring, eine Stelle, die das verfolgt und die Informationen sammelt, um den Finger zu heben und zu sagen: Jetzt laufen wir aus dem deutschen Gentechnikgesetz heraus, jetzt brauchen wir etwas Neues. Das heißt kein Moratorium, aber monitoren. Das war der weise Entschluss der Gruppe, die diese Synthetische Biologie, dieses Papier geschrieben hat.

Jochen Taupitz (DER)

Ich möchte zu unserem Thema zurückkommen, zur Lebensfrage. Was ist für Sie aus naturwissenschaftlicher Sicht entscheidend, um zu sagen, das ist Leben und das ist kein Leben? Sie haben die Reproduktionsfähigkeit genannt. Gibt es keine lebenden Organismen – lebend in dem Sinne, wie jedenfalls die Ethiker das Leben definieren –, die sich nicht selbst reproduzieren? Ist also die Reproduktionsfähigkeit für Sie das Entscheidende?

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Für mich kommt noch die Informationsverarbeitung hinzu. Denn ohne die Umsetzung von Energie, die verarbeitet werden muss, funktioniert es nicht. Das sind für mich die wesentlichen Punkte.

Jochen Taupitz (DER)

Ich habe gelernt, dass es in den Naturwissenschaften unterschiedliche Auffassungen über die Frage gibt, was Leben ist. Zwischen Biologie und anderen Disziplinen wird durchaus darüber gestritten. Könnten Sie unserem Publikum verdeutlichen, wo die Differenzen unter Naturwissenschaftlern liegen? Wir kommen gleich zur Philosophie und zur Ethik.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Jetzt müsste ich einen anderen Naturwissenschaftler neben mir sitzen haben, der eine andere Sichtweise hat. Für mich ist klar: Ich brauche Bedingungen, unter denen sie sich replizieren kann; wenn sie sich repliziert, dann lebt sie. Wenn ich sie nicht dazu bringe, dass sie sich repliziert, dann würde ich sie als tot einstufen.

Jochen Taupitz (DER)

Also ältere Menschen, die sich nicht mehr fortpflanzen ...?

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Nein, nein (Lachen), wir sind nicht auf der Ebene Mensch! Ich habe ganz klar gesagt, ich bin Mikrobiologe, ich behandle die einzelne Zelle.

Jochen Taupitz (DER)

Und die altern nicht.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Das ist die schwierige Frage bei Mikroorganismen.

Jochen Taupitz (DER)

Gut, also naturwissenschaftlich ist es schon schwierig; ethisch, philosophisch sicherlich auch. Sie haben es eben relativ losgelöst von den Naturwissenschaften angedeutet, was für Sie Leben ist. Könnten Sie unserem Publikum erläutern, was für Sie die Essentialia sind?

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Meine Frage hat sich tatsächlich aus den Naturwissenschaften heraus gestellt. Ich habe zuerst Molekularbiologie gemacht und dort gesehen, dass man „Leben“ als Kriterienlisten definieren muss, wie Sie es auch vorhin gemacht haben. Dort streitet man sich, welche Items in die Liste hineinmüssen. Aber es ist immer eine Liste. Wenn wir den Begriff „Leben“ gebrauchen, dann meinen wir ein Etwas, nicht eine Liste. Und wir können naturwissenschaftlich dieses Etwas nicht benennen, weil es letztlich eine philosophische Frage ist, was dieses Etwas ist. Die Naturwissenschaftler müssen dieses Etwas operationalisieren, indem sie eine Liste von Kriterien erstellen, die objektiv-empirisch feststellbar sind, wie: Irgendwo wird es reproduziert, es ist resilient gegenüber Irritationen, es ist autopoietisch oder was auch immer.

Jochen Taupitz (DER)

Aber dieser Aufgabe sind Sie doch nicht enthoben. Sie müssen doch dieses Etwas klassifizieren und Kriterien, Voraussetzungen haben, von denen Sie abhängig machen, ob das in die Kiste „Leben“ kommt oder in die Kiste „unbelebte Natur“. Bestimmte Kriterien brauchen Sie auch.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Wir tun das im Alltag sehr oft, wenn wir an etwas Unbekanntes herantreten, zum Beispiel irgendwo in einem Spinnennetz sitzt eine dunkle Masse und es ist schummeriges Licht und ich weiß nicht, was da ist. Ich blase gegen das Spinnennetz und es bewegt sich. Und ich weiß,

aha, da ist die Spinne, die zappelt jetzt. Ich erschrecke mich vielleicht, wenn ich allzu nah dran bin. Und dann sehe ich, dass etwas lebt. Dieses Sehen ist kein naturwissenschaftliches Sehen, sondern es ist ein In-Beziehung-Treten mit etwas, das eine Existenzweise teilt, nämlich Leben. Es ist schwer zu explizieren, was das bedeutet, aber das Beste, was mir in den Sinn gekommen ist, um das zu benennen, ist die eigene Spontaneität, das eigene spontane Dasein in einem Sinnraum.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Darf ich an dieser Stelle einhaken? Ich hatte gesagt, ich beziehe mich mit meinen Aussagen auf die einzelne mikrobielle Zelle. Da greift dieses Argument natürlich gerade nicht.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Und warum nicht?

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Weil es nicht spontan etwas tun kann.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Aber die schwimmen herum, paaren sich, machen Parataxis, das ist sehr komplex.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Die Lebenseigenschaften einer solchen Zelle kann ich maschinell verstehen, wenn ich an dieser Stelle naturwissenschaftliche Forschung betreibe. Sie haben Molekularbiologie studiert, Sie wissen, was ich darunter verstehe.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Das könnte man wahrscheinlich bei einem höheren Organismus auch.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Nein, da bin ich noch nicht so weit, weil ich die Verhältnisse noch nicht ganz kenne. Aber an dieser Stelle würde ich nicht sagen, dass da noch etwas mitspielt, was ich zurzeit – zumindest als Naturwissenschaftler – nicht erfassen kann. Von all dem, was Sie sagen –

Konjugationen, Bewegung oder Änderung der Bewegung – weiß ich heutzutage, warum das passiert; das kann ich nachvollziehen. Ich kenne die Apparatur, die das macht, und ich weiß, wie diese durch einen Umweltreiz verändert wird, sodass ein Bakterium nicht mehr auf die Quelle zu-, sondern wegschwimmt, oder auch mit Begeisterung darauf zuschwimmt: Das kann ich alles nachvollziehen. Ich habe die maschinelle Vorstellung von dem, was Lebensvorgänge sind, die Sie hier nennen. Und die Frage ist, wo ist der Punkt, den Sie zusätzlich unter dem Begriff „Leben“ aufnehmen? Den sehe ich zumindest beim Mikroorganismus nicht. Ich gehe nicht auf höhere Organismen ein, da kenne ich die Verschaltungen zu wenig.

Jochen Taupitz (DER)

Aber auch höhere Organismen – wenn Sie Tiere im Winterschlaf ansprechen, werden die auch nicht reagieren. Also wären die nach Ihrer Definition tot. Denn Sie sprechen doch von der Interaktion.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Nein, die wachen ja wieder auf. Wenn sie nicht mehr aufwachen, sind sie tot.

Jochen Taupitz (DER)

Es geht doch um die Frage, ob das, was unter dem Mikroskop liegt, diese Zelle, ob das Leben ist, ja oder nein. Und wenn da die Interaktionen offenbar ...

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Da muss ich etwas erklären: Ich vertrete keinen Vitalismus. Ich kann mir gut vorstellen, dass die Naturwissenschaft sowohl ein Bakterium als auch einen höheren Organismus vollständig physikalisch erklären kann, inklusive das, was wir als spontane Bewegungen wahrnehmen. Aber das, was wir dann erklärt haben, ist nicht das Leben. Denn das Leben ist etwas, was ein Eindruck ist, ein Phänomen, was wir auch an uns selbst als Phänomen, als dieselben

lebendigen Wesen, kennen. Man könnte auch die Menschen – das ist aber sehr komplex, wir kommen wahrscheinlich nie dazu – letztlich objektiv erklären. Ich glaube nicht, dass es daran hängt, dass hier irgendwo eine naturwissenschaftlich nie schließbare Lücke klafft, in der dann dieses Leben oder Lebenskraft oder wie auch immer die Vitalisten es genannt haben, liegt. Es ist eine Beziehung, eine Interaktion, in der dieser Begriff Leben Sinn macht. Wenn ich naturwissenschaftlich an ein Lebewesen herangehe, dann sehe ich das Leben, dieses Leben nicht.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Das ist eine Definitionsfrage. Ich will mich nicht gegen das sträuben, was Sie unter Leben verstehen, aber ich definiere das auf einer anderen Ebene.

Jochen Taupitz (DER)

Das ist das Fazit unseres ersten Teils: Sie definieren es unterschiedlich. Vielleicht nähern wir uns der Frage Leben und was ist Leben im zweiten Abschnitt unseres Nachmittagsprogramms, wenn es nämlich um die Frage geht: Schaffen wir Leben, schaffen Menschen Leben? Ich darf Sie beide bitten, unten Platz zu nehmen, und die anderen Referenten kommen gleich zu mir.

(Applaus)

Vom homo faber zum homo creator – Streitgespräch

Prof. Dr. theol. Peter Dabrock · Fachbereich
Theologie der Friedrich-Alexander-
Universität Erlangen-Nürnberg

Jochen Taupitz (DER)

Der erste Mitstreiter wird gleich Herr Dr. Joachim Boldt sein. Er hat Philosophie und Germanistik in Heidelberg, Sheffield und Berlin studiert, hat an der Humboldt-Universität zu Berlin promoviert und ist seit 2000 Stellver-

tretender Direktor am Institut für Ethik und Geschichte der Medizin in Freiburg. Er ist unter anderem Gutachter für die Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Außerhumanbereich, die Kommission, die Herr Rehmann-Sutter lange Zeit präsiert hat. Für diese Ethikkommission hat er als Gutachter zur Ethik der Synthetischen Biologie gearbeitet. Er war Sachverständiger für den deutschen Nationalen Ethikrat zum Thema medikamentöses Neuro-Enhancement und hat weitere Gutachtertätigkeiten ausgeübt, die ich nicht alle vorlese.

Ich komme zu unserem zweiten Streitgesprächsteilnehmer, Herrn Prof. Dr. Peter Dabrock. Er hat evangelische und katholische Theologie, Philosophie und Soziologie in Würzburg, Bonn und Bochum studiert. Er war einige Jahre Professor für Sozialethik am Fachbereich Evangelische Theologie der Philipps-Universität Marburg und ist seit 2010 Professor für systematische Theologie (Ethik) am Fachbereich Theologie der Friedrich Alexander Universität Erlangen. Er ist seit 2011 Mitglied der wichtigen European Group on Ethics in Science and New Technologies und der Senatskommission für Tierexperimentelle Forschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und war zwei Jahre lang Vorsitzender der Adhoc-Kommission zu Fragen der Gesundheitspolitik der Evangelischen Kirche Deutschlands. Wir werden also jetzt nicht nur in die Philosophie, sondern auch in die Theologie hineingehen. Ich darf Sie beide bitten, hier hochzukommen.

(Applaus)

Wir haben uns geeinigt, dass Herr Dr. Boldt uns in das Thema „Vom *homo faber* zum *homo creator*“ einführt.

Dr. phil. Joachim Boldt · Institut für Ethik und Geschichte der Medizin der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Vielen Dank, Herr Taupitz. Vom *homo faber* zum *homo creator* – das ist natürlich auch ein

Schlagwort, aber eines, mit dem sich wesentliche Charakteristika der Synthetischen Biologie gut beschreiben lassen; das wird heute meine Aufgabe auf diesem Podium sein.

Warum können wir davon sprechen, dass es einen Übergang gibt von dem Umschaffen, vom Manipulieren, vom Verändern von etwas zum Herstellen, Produzieren, Schaffen von etwas im Bereich der Synthetischen Biologie? Denken Sie einmal an das zurück, was heute Vormittag gesagt wurde, auch zur Geschichte der Synthetischen Biologie vor dem Hintergrund der Chemie, dem Übergang von der analytischen zur synthetischen Chemie. Da gab es diesen begrifflichen Wechsel auch schon: Die analytische Chemie hat beschrieben, analysiert, hat versucht zu verstehen, wie bestimmte chemische Prozesse ablaufen. An einem bestimmten Zeitpunkt hat man genügend analytisches Wissen gehabt und genügend Enabling Technologies, genügend Technologien, um den Schritt in das Produzieren, in das Herstellen zu tun, in die synthetische Chemie. Und die synthetische Chemie hat nicht nur reproduziert, was in der Natur schon bekannt ist, sondern auf Grundlage dieses weit gediehenen analytischen Wissens auch neuartige chemische Stoffe hergestellt. Natürlich sind das alles Kombinationen von uns bekannten Stoffen, aber die Kombinationen konnten sich so weit von dem entfernen, was wir an chemischen Stoffen kennen, dass wir von neuen Stoffklassen gesprochen haben.

Vor dem Hintergrund dieser Vision entfaltet sich auch die Synthetische Biologie. So ist der Begriff zunächst geprägt worden: in Absetzung zur analytischen Biologie. Als man diesen Begriff eingeführt hat, stand dahinter die Idee: Die Biologie wird sich ab einem bestimmten Zeitpunkt ändern – man hat ja relativ früh von diesem Begriff Gebrauch gemacht – und irgendwann werden wir nicht nur analysieren müssen, sondern synthetisieren, irgendwann werden wir

herstellen können im Bereich der Biologie. Natürlich kann man sagen, dass die Gentechnik schon ein erster Schritt in diese Richtung gewesen ist, aber eben doch ein sehr beschränkter. Einzelne Gene wurden an Organismen ausgetauscht, und auch das Vorgehen, die Methodik ist eher handwerklich geprägt.

Im Bereich der Synthetischen Biologie beginnen jetzt die Ingenieurwissenschaften mit ihren Paradigmen eine große Rolle zu spielen. Das ist ein Zeichen dafür, dass wir in den Bereich der Biotechnologie hineinkommen, in dem wir vom Herstellen, Schaffen sprechen müssen. Denn wir beginnen zu designen, im Computer zu entwerfen, lange DNA-Sequenzen zu nehmen und neu zu kombinieren und metabolische Netzwerke in Zellen zu implementieren und so weiter. Wir können das Umschaffen so weit treiben, dass es keinen Grund mehr gibt, nicht auch die Begriffe von Herstellen und Schaffen in diesem Kontext zu verwenden.

Die große und eigentlich schwierige Frage ist: Was genau schaffen wir da eigentlich? Schaffen wir Leben? Da würde ich sagen: Nein, das tun wir nicht, aus verschiedenen Gründen, auf die wir vielleicht im Verlauf des Gesprächs noch zu sprechen kommen. Aber wir müssen uns in diesem Begriffsfeld bewegen. Wir sind im Begriffsfeld von Konstruieren, Schaffen, Herstellen und deshalb auch in Kreieren, von Kreation. Von dieser Beschreibung müssen wir ausgehen, wenn wir uns Gedanken darüber machen, welche ethischen Konsequenzen da dranhängen.

Jochen Taupitz (DER)

Wobei sich für mich die Frage stellt, ob man herstellt oder nur umgestaltet; das ist sicherlich ein fließender Übergang. Die springende Frage ist: Herstellen von Leben, von künstlichem Leben? Es geht nicht darum, irgendetwas herzustellen, man kann auch eine Maschine herstellen. Unser Thema aber ist Herstellen von künstlichem Leben. Können Sie das noch einmal auf den

Punkt bringen? Sagen Sie Ja? Oder sagen Sie für die Zukunft voraus, ja, das ist ein Quantensprung? Oder ist das doch eher so im Wege des Veränderns, Herstellens neuer Dinge, aber jedenfalls nicht Leben?

Joachim Boldt (Freiburg)

Man muss differenzieren zwischen den verschiedenen Forschungsrichtungen, die es in der Synthetischen Biologie gibt. Wenn man Herstellung von Leben überhaupt auf einen bestimmten technischen Vorgang anwenden kann, dann sicherlich nur auf die Bottom-up-Ansätze, also diejenigen Ansätze, bei denen man aus unbelebter Materie Zellen inklusive aller Inhalte herstellt, die zu einem Resultat führen, das wir lebendig nennen wollen. Auch da würde ich noch vorsichtig sein.

Beim Herstellungsbegriff geht man davon aus, dass man das, was man als Produkt hergestellt hat, erklärt und verstanden hat, auch im Hinblick auf die Entwicklungsfähigkeiten, die dieses Objekt hat. Das Paradigma ist die Maschine. Sie kann kaputt gehen, aber man kann sie reparieren und wenn man lange genug nachschaut, weiß man, woran es gelegen hat. Man kann die Verhaltensweise der Maschine relativ gut prognostizieren.

Wenn wir aber etwas ein lebendiges Objekt nennen, ist die Frage: Wie gehen wir damit um, dass sich da etwas irgendwie selbsttätig, autopoietisch verhält? Auf diesen Punkt hat Herr Rehmann-Sutter schon hingewiesen. Im Rahmen der Biologie zeigt sich dies auch an den Definitionsmerkmalen wie, dass es sich fortpflanzen kann, sich selbst organisieren kann und so weiter. Hier sind die Prognosemöglichkeiten sehr beschränkt. Daher würde ich die Frage stellen: In welchem Sinne können wir Leben herstellen? Wir können ein Produkt herstellen, das sich lebendig verhält, aber die Frage ist, ob wir damit wirklich Leben als solches, als Qualität geschaffen haben. Diesen Punkt muss

man auch in Bezug auf die Bottom-up-Ansätze immer noch im Auge behalten.

In Bezug auf die Ansätze, für die ja auch Craig Venter steht, also die Ansätze, wo man am lebendigen Objekt arbeitet und reorganisiert, können wir sicher nicht von der Erschaffung von Leben sprechen. Das ist wohl unstrittig, wir haben das heute oft gehört. Aber man kann mit Fug und Recht davon sprechen, dass es sich um die Herstellung neuartiger, für uns so nicht bekannter Lebewesen, Lebensformen handeln kann, je nachdem, wie weit sich das von natürlichen Ausgangsorganismen entfernt. An diesen Punkt wird man kommen können, und dann wird man diese Begriffe so verwenden können.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank. Herr Dabrock, Ihre Gegenposition, Sie sollen ja streiten.

Peter Dabrock (Erlangen)

Natürlich. Wir haben uns darauf geeinigt, dass wir uns jetzt streiten. Das tun wir auch deswegen gerne, weil wir zusammen in einem Forschungsprojekt zu diesem Thema sind und das sozusagen Ausdruck dessen ist.

Ich möchte einen Punkt aufgreifen, den Herr Boldt mit Kollegen zusammen in die Debatte hineingebracht hat und die für uns Anlass ist, uns hier zu streiten. Er hat die Formel „Vom *homo faber* zum *homo creator*“ mitgeprägt und damit signalisiert, dass es jetzt besonders gefährlich wird. So habe ich es jedenfalls gedeutet – und ich war nicht der Einzige. Da muss ja etwas passieren, wenn es einen Wechsel vom *homo faber* – das ist schon der Herstellende, der Machende, der Handwerker – zum *homo creator* gibt. Damit soll möglicherweise ein Skandal der Synthetischen Biologie angesprochen oder aufgegriffen werden. Als Ethiker, der vor allem Ethik der Wissenschaften betreibt, und als evangelischer und katholischer Theologe frage ich mich, ob das sinnvoll ist, und

zwar in beiderlei Hinsicht: wissenschaftsethisch und theologisch.

Herr Pühler hat uns gerade noch einmal daran erinnert, dass dieser Programmaufsatz, der uns heute zusammengeführt hat, von Craig Venter *Creation of a Bacterial Cell* hieß und dass dieses Wort bewusst gewählt war, um diese Skandalisierung voranzutreiben. Da werde ich als Ethiker hellhörig. Eine Wissenschaft bringt Forschungsergebnisse – wir hatten es heute Morgen von Herrn Grunwald eindrücklich gehört – und sorgt gleich für die eigene Skandalisierung, Craig Venter hat in den Veröffentlichungen, den Pressemitteilungen, den Hunderten und Tausenden von Interviews, die er im Zusammenhang mit dieser Veröffentlichung geführt hat, darauf hingewiesen und gesagt, es sei etwas Schwieriges und Gefährliches passiert, es sei vielleicht eine Grenze überschritten und jetzt komme heraus, wir seien nichts anderes als Informationsmaschinen. Er ist also tief philosophisch eingestiegen und hat das Ethikkomitee einberufen, das diese Skandalisierung noch einmal aufarbeiten soll und dann zum Ergebnis kommt: So schlimm ist es gar nicht. Aber erst für den Skandal sorgen und dann das Instrumentarium dafür bereithalten – das verbindet er tatsächlich mit dieser Formel *creation*, die soll natürlich theologische Assoziationen wecken.

Jetzt komme ich zum zweiten Punkt. Als Theologe sage ich: Vorsicht, sich an der Stelle, *homo faber* zum *homo creator*, auf dieses Sprachspiel einzulassen. Was verbindet man damit, wenn man sagt, der Mensch spielt Gott, indem er sich als Schöpfergott aufspielt? Man sagt zum einen: Skandal! Das darf nicht sein! Und zum anderen deutet man an, was die eigentliche Vision des Tuns ist. Man inszeniert eine eigentümliche Spannung.

Theologisch wird man sagen können: Im jüdischen, christlichen, biblischen theologischen Verständnis gibt es nur einen Schöpfer, der die

Welt aus dem Nichts erschaffen hat. Der Mensch ist nicht der Schöpfer der Urschöpfung. Nun könnte man sagen: Gut, der Mensch hat nicht die Schöpfung aus dem Nichts heraus geschaffen, aber in dem Prozess der Erhaltung der Schöpfung – das wird binnentheologisch als *creatio continua* bezeichnet – ist der Mensch doch mit an Bord. Es gibt hier lange theologische Debatten, die aber aus guten Gründen immer noch eine Differenz zwischen Gott und den Menschen hergestellt oder auf diese Differenz aufmerksam gemacht haben. Das scheint mir auch theologisch für unsere Fragestellung enorm wichtig zu sein, nämlich theologischerseits sagen zu können: Der Mensch kann gar nicht Kreator, *homo creator* sein. Er kann höchstens *homo plagiator* sein (diesen schönen Terminus hat sich mein Mitarbeiter Jens Ried ausgedacht). Wenn er als *homo plagiator* aber so tut, als wäre er *homo creator*, dann wird es tatsächlich problematisch. Die Aufgabe der Theologie wie der Wissenschaftsethik besteht dann darin, diese Selbstinszenierung zu demaskieren und auf verantwortliche Wissenschaft hinzuweisen. Man tut sich als Wissenschaftsethiker, auch aus theologischer Sicht, keinen Gefallen, wenn man sagt, es gibt diesen Shift vom *homo faber* zum *homo creator*.

Einen Gedanken möchte ich noch anschließen: Warum wird diese Gottesmetaphorik immer mit ins Spiel gebracht? Das liegt daran, dass in der Gesellschaft – und das greift Craig Venter geschickt auf – ein Unbehagen da ist, dass durch so etwas wie die Synthetische Biologie, aber auch durch viele andere Techniken altbekannte Unterscheidungen zwischen lebendig und künstlich, und ich sage ganz bewusst: irgendwie ins Wanken geraten. Dadurch entsteht eine kulturelle Verunsicherung. Bearbeitet werden kulturelle Verunsicherungen oft durch den Rückgriff auf Sinnressourcen – wenn es dann noch religiöse, philosophische, metaphysische Ressourcen sind, greift es besonders intensiv. Das scheint mir das Motiv zu sein. Es ist ein ge-

sellschaftlicher Indikator dafür, dass irgendein Unwohlsein spürbar ist, dass eine Veränderung stattfindet, und es ist mehr eine Anzeige als eine Lösung der Probleme. Dies sollte man ernst nehmen, aber nicht noch verstärken.

Jochen Taupitz (DER)

Darf ich einen Gedanken von Herrn Dabrock aufgreifen? Er sagte, es gibt auch in vielen anderen Bereichen Manipulationen, die uns die Frage aufdrängen, ob hier etwas Neues geschaffen wird und damit der Mensch zum *homo creator* wird. Würden Sie zum Beispiel für Klonierungsversuche auch diesen Ausdruck verwenden? Würden Sie da auch sagen, es wird etwas Neues hergestellt? Es ist natürlich eine andere Art der Herstellung eines Lebewesens; bei Tieren funktioniert das Klonieren, bei Menschen Gott sei Dank nicht, man versucht es gar nicht erst. Würden Sie auch sagen, wenn man es beim Menschen machen würde, dann würde sich derjenige, der das Klonieren durchführt, damit zum Gott aufspielen? Oder ist das eine andere Kategorie, für die Sie diese Metapher nicht verwenden würden?

Joachim Boldt (Freiburg)

Zwei Dinge sind mir hier wichtig: Ich finde es nicht richtig, diesen *homo-creator*-Begriff gleich so theologisch zu deuten, wie Sie das gemacht haben. Aber vielleicht stelle ich das erst zurück und versuche direkt auf Ihre Frage zu antworten.

Wenn man diesen *homo creator* oder überhaupt diesen Begriff von Herstellen und Kreieren verwenden möchte, ist es wichtig, dass es eine Distanz gibt zwischen demjenigen, der etwas tut und etwas herstellt, und dem Produkt, das am Ende dieses Prozesses steht. Es muss so etwas wie ein bestimmtes Verständnis dafür geben, was man tut, wenn man es dann tut. Es muss ein Ziel geben, auf das hin man das tut, und das Ziel muss auf effiziente Weise erreicht werden, wenn man diesen Prozess in die Wege leitet. Es

muss also diese ingenieurwissenschaftlichen Ideen geben von Design, vom Produktionsprozess und von dem entstehenden Produkt. Wenn das auf das Klonieren zutrifft, und das tut es wahrscheinlich – warum soll man dann nicht vom Herstellen sprechen?

Der *homo-creator*-Begriff ist nicht gedacht als Wiederholung der Craig-Venter'schen Selbstinszenierung und auch nicht als der Playing-Dart-Vorwurf, also als die Idee, da spielen wir Gott, da versuchen wir uns selbst zu Gott zu machen. Und zwar deshalb nicht, weil klar ist, dass wir in dem Sinne, wie Gott die Welt geschaffen hat, niemals selbst Objekte schaffen können. Wir können kein *creatio ex nihilo* tun, da können wir uns anstrengen, wie wir wollen. Das soll mit dem *homo-creator*-Begriff auch nicht angedeutet werden, sondern vielmehr, dass wir ein großes Spektrum von Verhaltensweisen innerhalb der uns gegebenen Welt haben, wo wir mehr oder weniger miteinander umgehen können, wo wir aber auch mehr und mehr in den Bereich von kontrollierter Herstellung kommen können. Theologisch könnte man es vielleicht Co-Kreation nennen, wenn ich Ihre Aufsätze richtig verstehe, Herr Dabrock. Dazu soll es gehören. Der *homo creator* ist die Spitze der Fähigkeit zur technischen Herstellung, das ist alles Co-Kreation natürlich. Dabei greifen wir immer auf die uns gegebenen Elemente des Lebens und der Natur zurück. Aber in dem Herstellungsprozess distanzieren wir uns von dem, womit wir arbeiten, und rekombinieren es auf diese technische Art und Weise, sodass wir gezwungen sind, die Objekte, die entstehen, neuartig oder neu zu nennen.

Peter Dabrock (Erlangen)

Sie sagen, man soll Ihr eingeführtes Motiv *homo creator* nicht theologisch konnotieren. Da habe ich erstens Schwierigkeiten im Blick auf die Abgrenzung zum *homo faber*, denn all das, was Sie jetzt funktional für den *homo creator* benennen, sind meines Erachtens Elemente, die

es, jedenfalls auf einem hohen technischen Niveau, beispielsweise auch im Gene Engineering schon gegeben hat. Da sehe ich keinen Unterschied.

Sie haben diesen Paradigmenwechsel vom *homo faber* zum *homo creator* an der Synthetischen Biologie festgemacht. Hier sehe ich keinen Quantensprung; auch glaube ich, dass man die theologischen Assoziationen an der Stelle nicht wegreden kann. Die kauft man mit ein, das muss man wissen und will es an der Stelle auch wissen.

Interessant ist: Wie spricht man dann von dem Menschen? In der amerikanischen Diskussion spricht man von ihm als *created co-creator*. Von unserem theologischen Verständnis würden wir eher vom *cooperator dei in creatione* sprechen, das ist ein Unterschied. Wir sind nicht einfach *co-creator*, sondern es gibt eine Differenz, die Sie auch klar benannt haben, weil wir immer etwas aufgreifen, was wir auch jenseits theologischer Sprache vorgefunden haben in diesem lebensweltlichen Sinne, wie Christoph Rehmann-Sutter eben das Verständnis von Lebendigkeit angestellt hat. Außerdem ist sicherlich noch einmal zu untersuchen, was das Besondere der Synthetischen Biologie an der Stelle ist, das diese Motive aufgreift. Was Sie angesprochen haben, ist sehr wichtig, und ich fände es auch für die Wahrnehmung der Synthetischen Biologie in der Öffentlichkeit wichtig, dass hier in einem verstärkten Maße das Ingenieursparadigma hineinkommt, also mit Modularisierung. Wir hatten auf einer Konferenz aber auch das spielerische, konstruierende Element noch einmal benannt.

Bei dem Punkt, warum es ein Unbehagen bei der Synthetischen Biologie gibt, scheint mir der Aspekt sehr wichtig zu sein, dass hier Wissenschaft, ökonomische Erwartungen und mediale Inszenierung zusammenwachsen. Die mediale Inszenierung nimmt die Selbstkandalisierung in Kauf und schafft einen Riesenbegriff:

Synthetische Biologie. Zunächst wollen alle dabei sein, weil eine wahnsinnige Aufmerksamkeit geweckt wird – noch, wie Herr Grunwald gesagt hat, das kann aber schnell abebben. Wenn es dann aber so weit ist, dass wirklich ein Skandal entsteht, sagen viele Leute: Ach nein, ich mache ja nur Gene Engineering, bei mir ist das alles gar nicht so schlimm. Das hatten wir ja schon einmal als Phänomen.

Die Wissenschaft muss sich über dies im Klaren sein, wenn sie über die verantwortete Synthetische Biologie nachdenkt. Sie muss sich dieses Motiv, Leben schaffen, immer auch als kritisches Selbstregulativ sagen lassen, ob sie das tatsächlich so machen möchte. Daher ist dieses Motiv für eine Ethikwissenschaft und auch eine theologische Ethikwissenschaft wichtig, dass man es als Marker nimmt, um zu schauen, in welche Richtung man eine verantwortliche Wissenschaft vorantreiben möchte, die aber auch realistisch mit ihren Zielen ist und nicht einen so irrsinnigen Hype inszeniert.

Joachim Boldt (Freiburg)

Letztlich sind wir uns über unser Ziel einig, aber trotzdem möchte ich noch einmal versuchen, den Unterschied zwischen Gentechnik und Synthetischer Biologie stark zu machen, auch im Hinblick auf eben dieses Kreative, was da mit drinsteckt. Für mich ist der iGEM-Wettbewerb ein gutes Beispiel, weil er einen solchen Enthusiasmus entfacht hat. Irgendwie scheint bei diesem Wettbewerb und bei der Aufgabenstellung etwas zu sein, etwas Neues im Bereich der Gentechnik, was es so noch nicht gegeben hat. Diese vielen jungen Leute, das Maß, in dem die Mitgliederzahlen, die Teilnehmerzahlen wachsen: Das ist enorm. In diesem Jahr haben, glaube ich, Gruppen aus vierzig Ländern teilgenommen.

Was macht diesen Enthusiasmus und die Faszination aus? Zu nennen sind sicherlich viele Faktoren, aber ein Faktor ist sicherlich folgender: Man arbeitet mit diesen Modulen, den

BioBricks, soll selbst welche entwickeln und ist zunächst ganz frei in der Zielsetzung, was man damit machen soll, auf welche Art und Weise man *E. coli* oder andere Bakterien verändern soll. Man kann seine Fantasie schweifen lassen und sich überlegen, was man möchte. In einer früheren Version einer Homepage des iGEM-Wettbewerbs hieß es: Prämiert wird, was besonders cool ist und die Juroren überrascht, fasziniert. Den Eintrag gibt es nicht mehr auf der Homepage, soweit ich das weiß; jetzt ist es eher an Anwendungsfeldern orientiert. Das ist wahrscheinlich richtig, aber es zeigt, dass im Bereich dieser gentechnischen DNA-Restrukturierungen eine Perspektive möglich wird, die es bei der Gentechnik so nicht gegeben hat: Wir machen einfach mal etwas, was neu und überraschend ist. Das hat mit den ingenieurwissenschaftlichen Ideen zu tun, die in das Feld hineinkommen, mit den weiter voranschreitenden Möglichkeiten der Sequenzier- und Synthetisieretechniken. Das sind alles graduelle Änderungen, die aber doch diese erweiterte Perspektive zulassen, die es in der Gentechnik so nicht gegeben hat. Diese erweiterte Perspektive des Kreierens, des Schaffens, vielleicht auch die Nähe zur Kunst, die sich manchmal andeutet – auch dazu haben wir heute etwas gehört – deutet für mich die Perspektive des Kreators an. Vielleicht schwingt da gerade auf Deutsch zu sehr die theologische Komponente mit drin ...

Peter Dabrock (Erlangen)

Das ist Latein.

Joachim Boldt (Freiburg)

Ja, aber auch das *creation* wird im Englischen oft relativ naiv benutzt. Abgesehen von den theologischen Implikationen, die da mit-schwingen, ist das schon die richtige Art und Weise der Wahrnehmung dessen, was man da tut.

Peter Dabrock (Erlangen)

Dass das kreative Element hier eine Rolle spielt, ist geschenkt. Dieser iGEM-Wettbewerb hat auch etwas Antiinstitutionelles, was ich sehr spannend finde: Dieses Kreative, auch Subversive, das gegen das Establishment durchgeführt wird, kommt mit hinein. Aber Sie sprechen in Ihrer ursprünglichen Publikation zum *homo creator* deutlich von einer Grenzüberschreitung, nämlich dergestalt, dass in einer systematischen Art und Weise Leben konstruiert wird und Menschen den Anschein erwecken, als wollten sie mit der Synthetischen Biologie in einer exzeptionellen Weise Leben kontrollieren. Angesichts der vielen großartigen Entwicklungen, die uns die Wissenschaft beschert hat – das sollte man bei aller legitimen Kritik und bei allen legitimen Fragen nach den Grenzen der Wissenschaft immer mit im Auge behalten –, kann man dies aber für die Synthetische Biologie so nicht sagen, und erst recht nicht, wenn wir an die erste Gesprächsrunde zurückdenken, wo uns jeder eindeutige Definitionsversuch unter den Händen zerronnen ist.

Daher kommt diese relativ einheitliche Interpretation, dass mit der Synthetischen Biologie (wir wissen gar nicht, was das ist) der Paradigmenwechsel vom *homo faber* zum *homo creator* kommt. Wir tun einer verantwortlichen Verantwortungsethik keinen Gefallen, wenn wir das als Paradigmenwechsel in den Raum stellen, bei allen Kritikpunkten, die man an einzelnen Sachen, gerade bei Craig Venter, durchaus vorbringen kann.

Jochen Taupitz (DER)

Von mir zum Schluss kurz die Frage, die ich abgewandelt auch in der ersten Runde gestellt habe: Warum kommt es auf die Abgrenzung Leben versus Nicht-Leben überhaupt an? Warum kommt es darauf an, ob der Mensch zum *homo creator* wird? Verändert sich das Selbstbild des Menschen, wenn wir davon ausgehen, dass hier neues Leben geschaffen wird?

Oder ist das letztlich eine rein philosophische Diskussion, die aber auf unsere Gesellschaft letztlich keine Auswirkungen haben wird? Warum streiten Sie so heftig? Ist das ein rein theoretischer Streit oder wird es praktische Auswirkungen haben, wenn wir einer der beiden Positionen folgen?

Joachim Boldt (Freiburg)

Wenn man meiner Position folgt, wird man, so hoffe ich, etwas aufmerksamer werden auf die Entwicklungsmöglichkeiten, die solche Organismen in der freien Natur haben – dies ist einem Synthetischen Biologen selbst gar nicht mehr so bewusst. Wenn ich irgendeine ethische Konsequenz nennen sollte, dann diese.

Jochen Taupitz (DER)

Das wäre die Position von Herrn Pühler.

Joachim Boldt (Freiburg)

Ja. Man sollte bei der Frage der Risikoabschätzung nicht davon ausgehen, dass man über diesen Organismus, weil man ihn hergestellt hat – oder meint ihn hergestellt zu haben in allem, was ihn ausmacht –, gute Prognosen darüber abgeben könnte, wie er sich in der freien Natur verhalten würde, wenn man ihn dort verwenden wollte.

Jochen Taupitz (DER)

Aber das ist der Sicherheitsaspekt, der die Identität betrifft und nicht den Menschen, der das herstellt.

Joachim Boldt (Freiburg)

Ja, das hängt zusammen mit der Idee, die man von sich selbst haben kann, wenn man sich als jemand beschreibt, der herstellt und kreierte. Wenn man sagt, es gibt einen Wechsel vom *homo faber* zum *homo creator*, dann ist die Idee, dass man besonders aufmerksam darauf ist, dass es mit dieser Selbstbeschreibung als *homo creator* auch Vorstellungen darüber gibt, was man alles unter Kontrolle hat und kennt.

Das ist möglicherweise eine Selbstüberschätzung.

Jochen Taupitz (DER)

Ich blicke ein wenig auf die Zeit. Eine kurze Antwort?

Peter Dabrock (Erlangen)

Gern. Ist die Unterscheidung Leben – Nicht-Leben an der Stelle entscheidend? Wenn es bei den vielen nachdenkenswerten Sätzen, die es heute gegeben hat, einen gibt, der mich besonders nachdenklich gemacht hat, dann war das einer von Ihnen, Frau Schwille. Sie haben gesagt: Was Leben ist, weiß ich nicht genau, aber ich weiß, es versetzt mich immer wieder in Erstaunen. Das war für mich ein Schlüsselsatz, denn dann kommt es auch darauf an, nachzudenken, welche Form von Leben wir meinen.

Ich möchte nicht, dass wir in der Synthetischen Biologie eine Symboldebatte führen, ob wir hier in einer massiven Form in das Leben eingreifen, und dass wir möglicherweise deshalb von anderen Eingriffen in das Leben oder in Lebendiges ablenken, die meines Erachtens viel gravierender sind, indem man sich auf dieses Feld fokussiert – es geht hier im Wesentlichen um Bakterien! Ich möchte nicht, dass man an dieser Stelle sein Pulver verschießt und nicht auf die Fragen schaut, die wirklich relevant sind, von denen die Dame heute Morgen einige genannt hat. Da müssen wir aufpassen und immer auf das Verhältnis achten zwischen den Fragen beispielsweise nach der Biodiversität oder der Frage nach den Lebensmöglichkeiten von in Anführungsstrichen „höheren Lebensformen“. Das wäre für mich wissenschaftskritisches und selbstkritisches gesellschaftliches Verständnis, was von der Synthetischen Biologie ausgehen könnte, aber weit darüber hinausreichen müsste.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank. Jetzt darf ich Herrn Pühler und Herrn Rehmann-Sutter nach oben bitten. Sie im

Publikum darf ich bitten, an die Mikrofone zu gehen. Jetzt haben Sie in bewährter Manier die Möglichkeit, Fragen zu stellen und kritische Anmerkungen zu machen.

Diskussion mit dem Publikum

Herr Wenske

Wenske, Hochschule für Philosophie aus München. Ich bin Chemiker, Physikochemiker. Herr Pühler, Sie hatten gesagt, im Wesentlichen kann man voraussehen, wie welche Mikroorganismengruppen sich wie verhalten werden, sehr giftig, sehr aggressiv und so weiter. Das ist etwas schwieriger als bei den chemischen Substanzen; auch da wissen wir manchmal ganz wenig im Voraus.

Beispiel: Ich möchte den chemischen Namen nicht sagen, eine Substanz, die als Medikament verkauft wurde, in angelsächsischen Ländern Thalidomid, bei uns Contergan. Das ist eine teratogene Substanz, die üble Missbildungen hervorgebracht hat; in Deutschland sind, glaube ich, 40.000 Menschen davon betroffen gewesen. Und jetzt kommt's: Diese chemische Substanz ist vollkommen identisch miteinander, also selbe chemische Zusammensetzung, selber chemischer Bau, bis auf den einen Punkt, dass die eine das polarisierte Licht rechtsherum und das andere linksherum dreht. Sie wissen, wovon ich spreche. Für die, die nicht so viel von Chemie verstehen: Es sind identische eineiige Zwillinge, der eine ist Rechtshänder, der andere Linkshänder, sonst alles gleich. Die eine drehende Substanz ist teratogen, die andere – es sind zwei Spiegelbildmoleküle – ist jetzt wieder ein Medikament, ein Kandidat für Epilepsie, möglicherweise Parkinson. Verwandter können die Moleküle nicht sein, als rechts- und linksspiegelbildlich. Keiner hat es vorhergesehen, sonst wäre Chemie-Grünenthal nie auf die Idee gekommen, dieses Medikament zu verkaufen. Das war nur eine Anmerkung.

Der größere Teil der Diskussion im zweiten Teil ging um den *creator creator*: Schöpft der Mensch wirklich oder geht er nur kombinatorisch mit den Bausteinen um? Wir haben ein Seminar in München mit Craig Venter. Der hat nur modifiziert, der hat nicht einmal richtig synthetisiert. Das ist richtig, wenn Sie das bezweifeln. Sie sagen: Das ist eigentlich nicht schöpferisch. Wo aber ist der schöpferische Akt? Wo ist das Neue, das vorher nicht da war? Ihr spielt mehr oder weniger, wie der Mathematiker sagt, die Kombinatorik mit den Bauelementen durch. Ja, das wird oft gemacht. Das macht die Natur auch, *trial and error*, ganz klar; sie probiert, was funktioniert.

Der Mensch ist wirklich Schöpfer. Ich möchte zwei drastische Beispiele nennen, die wir auf die Synthetische Biologie übertragen können. Der Mensch hat zum Beispiel Zahnräder und Getriebe entworfen. Er hat die Schraube mit Mutter und Gewinde. Dafür gibt es kein Vorbild in der Natur. Da haben wir nicht die Natur abgewandelt oder etwas kombiniert, sondern da hat der Mensch etwas geschaffen, was ohne Vorbild ist.

Für diejenigen, die mehr in der Wissenschaft als in dieser greifbaren Technik sind: Ich kann mit einem Getriebe beliebige Übersetzungen machen, acht zu zehn, zehn Zahnräder und so; die Natur hat nicht einmal im Ansatz so etwas. Da ist der Mensch schöpferisch gewesen.

Ich bin Physikochemiker, ich bringe ein Beispiel aus der Physik: Seit dem Big Bang, das ist 13,7 Milliarden Jahre her, ist der Kosmos abgekühlt auf zurzeit 2,72 Kelvin. Es gibt auf diesem Kosmos keine Stelle, die kälter ist. Der Mensch hat es geschafft, so stark herunterzukühlen, dass es keine vergleichbare Stelle im Kosmos. Da entstehen neue Materiezustände, Quanteneffekte, also Helium-II-Supraflüssigkeiten, ein bekanntes Phänomen. Was der Mensch an diesen Stellen geschaffen hat – woher nehmen Sie die Gewissheit, dass er das auf dem Gebiet

der Synthetischen Biologie nicht auch schaffen wird, etwas, was noch nicht da war. Warum ist er wirklich kein Creator? Das ist meine Frage.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank, das war eine ausführliche Frage.

(Applaus)

Ich schlage vor, dass wir wie in der ersten Runde die Fragen sammeln. Darf ich Sie dort bitten? Bitte keine Koreferate, sondern kurz und präzise.

Kai Sohn

Kai Sohn, Fraunhofer Institut, Stuttgart. Die Diskussion hat mich etwas verwirrt insofern, als hier viel von Begriffen die Rede. *Homo faber*, *homo creator*, ich finde auch von Jens Ried dieses *homo plagiator* interessant. Man könnte auch *homo creativo* dazunehmen, vielleicht ist das dann positiver bewertet. Denn so, wie man es benennt, ist auch die grundsätzliche Einstellung. Zum Beispiel funktioniert die Synthetische Biologie in Amerika pragmatisch orientiert vielleicht besser als in Deutschland, wo eher die risikobehafteten, provokativen Elemente gesehen werden. Aber ganz konkret: Wie steht denn die Theologie oder Kirche tatsächlich zur Synthetischen Biologie?

Christopher Coenen

Christopher Coenen, ITAs, KIT. Die Fragen beziehen sich eher darauf, was die Synthetische Biologie als Diskursphänomen mit der Wissenschaft macht. Da wäre meine Frage an Herrn Pühler: Wir hatten heute Morgen Herrn Zelder gehört, dass unter diesem Begriff ziemlich viel zusammengeworfen wird. Ist das aus wissenschaftlicher Sicht überhaupt sinnvoll? Die nächste Frage: Ist es aus einer politischen Sicht überhaupt sinnvoll, da ganz verschiedene Dinge zusammenzuwerfen?

An Herrn Boldt geht die Frage: Ist vielleicht der *homo creator* der Wissenschaftler als Künstler? Da geht eine alte Trennung verloren, und

vielleicht ist es sogar gefährlich, denn man würde sagen: Wissenschaft ist ernsthaft und das andere ist vielleicht eher spielerisch und könnte gefährlich werden.

Und an Herrn Dabrock schließlich: Kontrollanspruch ist nicht nur die Synthetische Biologie, sondern auch die Nanotechnologie. Ist nicht vielleicht eher die große Gefahr, dass – die Komplexität der Natur, der belebten wie der unbelebten, ignorierend – auf einmal der Anspruch erhoben wird, man könne mit diesen Ingenieursmetaphern etwas kontrollieren, was eigentlich nicht möglich ist?

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Ich stimme mit Ihnen überein. Man sollte genau wissen, wie diese Begriffe definiert wurden. Nun habe ich darauf abgehoben, dass ich Synthetische Biologie und künstliches Leben trennen würde, denn das kann man nicht gemeinsam behandeln. Ich habe genau definiert, was Synthetische Biologie ist; ich beziehe mich dabei auf Studien, die weit verbreitet sind. Das wäre der Punkt, wo man mit der Gesellschaft in Kontakt treten kann, um zu erklären, was Synthetische Biologie momentan wirklich durchführen kann, was sie umsetzen kann. Es ist noch viel wichtiger, dass man das der Politik sagt. Also momentan habe ich den Eindruck, dass bestimmte politische Kreise das Wort Synthetische Biologie nicht in den Mund nehmen, weil sie genau so etwas fürchten: dass die Öffentlichkeit an dieser Stelle unter Umständen auf eine Art und Weise reagiert, die ihnen nicht genehm ist. Hier muss man die Begriffe klar definieren, um zu wissen, wie man das in einem Diskurs aufarbeitet und wie man politisch darauf reagiert.

Peter Dabrock (Erlangen)

Kurz zu den drei Fragen. Zum Ersten: Schafft der Mensch Neues? Natürlich kann der Mensch Neues schaffen, aber muss man ihn deswegen als *homo creator* bezeichnen? Zumal vom theo-

logischen *creator*-Verständnis her Gott eben nicht als Handwerker gedacht werden soll, sondern der Begriff *creatio* ist eigentlich liebevoll-wohlwollend ohne irgendeine Gegenleistung, den anderen ins Dasein gesetzt zu haben, auch ihn in dieser Beziehung zu halten und zu erhalten. Das ist eigentlich der *creator* und der *creatio*-Begriff, und Gott vom Handwerker her zu denken halte ich auch theologisch an der Stelle für unangemessen. Wenn man sich an Gott orientiert, wie er den Menschen über dieses Handwerkermodell denkt, ist das meines Erachtens für beide, Gott und den Menschen, ein nicht hinreichendes Verständnis dessen, was man unter Kreativität fasst.

Zweitens: Was sagt die Kirche zur Synthetischen Biologie? Die evangelischen Kirchen sind in Fragen der Lebensführung und des Verhaltens – und das aus guten theologischen Gründen – pluraler verfasst als die katholische Kirche, obwohl auch sie sich am geglaubten Wort Gottes orientieren, das aus der biblischen Botschaft entnommen wird. Das Entscheidende ist der Gedanke des verantwortlichen Handelns. Das verantwortliche Handeln, bei dem es um die eigene und die gemeinschaftliche Identität geht, kann man beispielsweise über die Eingriffstiefe von bestimmten Handlungen festmachen, aber nicht primär an solchen Symboldebatten. Als Beispiel kam, dass man nicht weiß, was mit bestimmten Entitäten passiert, aber Risikoabschätzungen sind ein erster wichtiger Schritt, bevor man sich in solche Ja- oder Nein-Diskussionen hineinbegibt. Selbst die katholische Kirche hat an dieser Stelle das Motiv, hier würde *playing God* gespielt, nicht aufgegriffen. Das muss man bedenken.

Das Dritte: Die Komplexität ist hoch, das ist richtig. Aber man sollte im Gegenzug nicht sagen, weil die Welt, auch die naturwissenschaftlich beschriebene Welt, so komplex ist, kann man nichts mehr tun, sondern man muss auch ein Monitoring haben, wie es Herr Pühler

gesagt hat. Dazu gehört aber auch: Wie definieren wir uns, wenn wir in eine bestimmte Richtung gehen? Was passiert da mit unserem Selbstverständnis? Es kann nicht nur ein technisches Monitoring sein. Deswegen würde ich dieses Komplexitätsargument nicht als ein Totschlagargument bringen, wie eben auch das *playing-God*-Argument ein Totschlagargument ist, unter dem oft die realen Probleme verschwinden, und die sind dringender zu lösen.

Joachim Boldt (Freiburg)

Vielleicht zur Frage von Herrn Coenen, zum Verhältnis von Kunst und Synthetischer Biologie. Es ist kein Zufall, dass es auf einmal diese Nähe zwischen Kunst und Synthetischer Biologie gibt und dass das gerade bei diesem Wissenschaftsfeld so ist. Das hängt einmal an den Visionen, die man hat, aber auch an der Methodik: Sie scheint so viele neue Möglichkeiten zu eröffnen, und es werden so umfassende neue Arrangements von Bestandteilen von Organismen möglich, dass man wirklich davon sprechen kann, dass man neue Dinge erschafft. Das spricht natürlich die Kunst an. Da gibt es Parallelen, die sich vielleicht befruchten können. Trotzdem glaube ich nicht, dass das wirklich zusammenwächst. Im Bereich dieser *do-it-yourself*-synthetischen Biologie gibt es manchmal kleine Communities, in denen Künstler und Wissenschaftler zusammenarbeiten, wenn ich das richtig verfolgt habe, aber ich glaube nicht, dass das wirklich zusammenwächst. Denn letztlich ist die Art des Vorgehens zu unterschiedlich. Die Kreativität des Künstlers ist anders als die des technischen Wissenschaftlers.

Zur ersten Frage möchte ich einen Satz sagen. Das sind schöne Beispiele, wie wir uns gezwungen sehen, etwas als einen Akt des Schaffens, des Schöpfens vielleicht zu beschreiben. Man kann da natürlich auch sagen: Wir tun nichts anderes, als Materie, die schon da ist, auf eine bestimmte Art und Weise zu re-

kombinieren, neu zusammensetzen. Auch das Rad besteht ja nicht aus etwas völlig Neuem, sondern aus Dingen, die wir vorgefunden haben. Nur die Form und die Funktion gab es so nicht vorher in der Natur. Insofern würde ich das als Bestätigung nehmen für die These, dass wir auch innerhalb des gegebenen Kosmos etwas tun können, wo wir uns gezwungen sehen, das als Kreation, als Herstellung, Neuschöpfung zu beschreiben.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Das vielleicht radikalste Experiment zu Synthetischer Biologie und künstlichem Leben, das ich kenne, stammt tatsächlich von einem Künstler. Theo Jansen, ein holländischer Künstler, hat aus unbelebten Stoffen, nämlich Elektroplastik, Elektrorohren, riesige Gebilde geschaffen, die sich, mit Windenergie angetrieben, bewegen. Man hat den Eindruck, da geht eine riesige, überdimensionale Strandkrabbe, und man hat fast Scheu davor. Da ist aber nichts Lebendiges dabei, es ist alles nur Plastik. Es vermehrt sich auch nicht, aber es erweckt diesen Eindruck von künstlichem Leben.

Das heißt eigentlich: Das, was uns mit Recht zur Vorsicht mahnt, ist nicht die Künstlichkeit von Leben selbst, sondern es sind Systeme, die sich vermehren könnten, die in die Ökosysteme gelangen und dort eventuell Schaden anrichten könnten. Diese Fragen diskutieren wir seit fast dreißig Jahren in der Gentechnologie; da haben wir Mechanismen und Instrumente zur Technikfolgenabschätzung entwickelt, die wir jetzt einsetzen müssen.

Frau Hihn

Hallo, mein Name ist Helena Hihn. Meine Frage bezieht sich auf den Begriff „künstliches Leben“. Es wurde gesagt, dass wir eigentlich nur mit bereits Lebendigem arbeiten und dass man heutzutage künstliches Leben gar nicht definieren kann. Wie wahrscheinlich ist es über-

haupt, dass wir irgendwann einmal, in absehbarer Zeit von künstlichem Leben sprechen können?

Herr Hoyn

Mein Name ist Chang Hoyn, ich bin ein Emigrant aus Vietnam. Die Diskussion ist ziemlich heftig und geht hin und her. Zum Begriff Kreator bringen Sie, der Theologe, die Verantwortung; der Herr Boldt bringt den Begriff „kreativ“ und eben, bei der Antwort, sagt er wieder, man bringt etwas zusammen, was vorher nicht da war. Was ist Kreator? Ich nehme an, das ist ein christlicher Begriff. Ich bin Vietnameser, ich habe im Integrationsprozess etwas gelernt vom Christentum hier in Europa. Also was ist Kreator?

In der Schöpfungsgeschichte gibt es einen Satz, ich erinnere mich an die Bibelstunde: *fiat lux*. Gott hat das gesagt. Aus dem Nichts haben wir Licht. Also was bedeutet Kreator? Er muss aus eigener Kraft etwas machen, was nicht da war, während wir Menschen überhaupt nicht Kreator sein können. Was wir machen können, ist zum Beispiel Kernschmelze: Wir bringen die Uran-Atome zusammen; bei der Kernschmelzung haben wir Energie, Hitze. Sind wir Kreator, wenn wir das machen? Das ist ein physikalisches Gesetz. Wir bringen es nur zusammen, wie Herr Boldt eben gesagt hat. Wir bringen eine Eizelle und ein Spermium zusammen, da kommt keine Energie, da kommt ein Baby!

(Lachen)

N. N.

Das ist ziemliche Energie!

Hoyn

Wir schaffen etwas, so wie Frau Schulle es heute früh gezeigt hat. Irgendein Gesetz ist vorhanden, wir finden es heraus. Mit der Zeit werden wir noch viel mehr Neues entdecken, vielleicht per Zufall. Aber Kreator? Der Begriff ist mir unklar, und Ihre Definition ist mir unklar.

(Applaus)

N. N.

Was ich fragen wollte, wurde von Herrn Boldt schon angesprochen, aber ich möchte es gern genauer erfahren. Es wurde gesagt, dass alles, was wir machen, letztlich darin besteht, Materie zusammenzufügen. Das der ausschlaggebende Unterschied: Gott hat alles aus nichts erschaffen, während wir aus Materie, die uns Gott gegeben hat, Neues erschaffen. Das ist für mich der grundsätzliche Unterschied, und mir ist nicht klar, wieso man jetzt diesen Vergleich macht oder sagt, der Mensch greift in Gottes Kreationen oder in seine Pläne ein.

Rüdiger Stegemann (BUND)

Ich möchte eine konkrete Frage an Herrn Pühler richten. Sie haben Moratorium und Monitoring gegenübergestellt vor dem Hintergrund der Wahrnehmung von Verantwortung. Monitoring, so wie Sie es beschrieben haben, verstehe ich so, dass man zuschaut, wie etwas passiert, Sie lassen es passieren. Moratorium bezieht sich auf etwas anderes. Passieren lassen klingt wie – ich möchte Ihnen das nicht unterstellen, sondern Gelegenheit zum Kontern geben – *sitting on defence*, mal schauen.

Steht dahinter nicht ein starker Fortschritts-optimismus? Es wird schon nichts Schlimmes passieren, denn sonst könnte ich es ja nicht verantworten, zuzuschauen, dass oder ob etwas passiert.

Das ist meine konfrontative Frage. Weiterführend können wir das vielleicht zusammenführen, wenn wir fragen: Ein verantwortungsbewusstes Monitoring muss klar definierte gesellschaftlich konsensuelle Fragen und Kriterien haben. Dann sind wir da, ob wir nicht besser erst einmal diese Kriterien und Fragen entwickeln. Das erfordert Zeit, und das drücke ich mit dem Wort „Moratorium“ aus. Danke.

Harm Schäfer

Harm Schäfer aus Berlin, freischaffender Künstler. Die Frage, ob das, was man als Künstler produziert, etwas Eigenständiges ist, stellt man sich immer wieder. Ich bin mittlerweile dahin gekommen, dass alle Eindrücke, die ich aufgesammelt habe, entliehen sind: Viele Künstler, die vor mir da waren, haben etwas geschaffen und mich beeinflusst.

Trotzdem ist das, was ich produziere, notwendig, sodass ich sage, es ist eine eigene Kreation von mir, denn es steckt eine Lebenssicherung darin. Indem wir uns dazu bekennen, dass wir eine Kreation geschaffen haben, sichern wir gleichzeitig unsere Existenz. Es ist meins, so ungefähr wie: Mein Finger gehört mir, den möchte ich mir nicht von irgendjemandem abnehmen lassen. Diese Dazugehörigkeit finde ich sehr wichtig.

Wenn jetzt eine große Firma sagt, wir kreieren einen neuen Typ, und sie entwickeln dadurch Macht und andere sagen: Dadurch habe ich weniger, dann ist das ein Eingriff. Das muss man bedenken. Man kann das, was man ist, nicht so weit ausdehnen, dass andere nicht mehr existieren können. Ich würde also die Kreation vom Überleben und der Existenzsicherung her betrachten.

Alfred Pühler (CeBiTec, Bielefeld)

Ich möchte auf zwei Fragen antworten. Die erste Frage war: Wann gibt es oder welche Vorstellung habe ich vom künstlichen Leben, wann lässt sich das verwirklichen? Momentan sind wir so weit davon entfernt, dass man keine Vorhersagen machen kann. Es wäre vielleicht interessant, einmal zu schauen, was weltweit und darüber hinaus zurzeit existiert. Außerirdisches Leben – gibt es so etwas? Das wäre ein Hinweis darauf, dass es noch andere Lebensformen gibt.

Die zweite Frage dreht sich um Moratorium oder Monitoring. Ich möchte das Monitoring nicht so verstanden wissen, dass man so lange wartet,

bis etwas passiert, und dann erst eingreift. Das Monitoring ist gerade das Gegenteil davon: Man beobachtet die Szene, wie sie augenblicklich ist. Wenn man die Szene jetzt bewertet, dann hat man das Gefühl – zumindest hatte das die Gruppe, die das geschrieben hat –, dass wir bis jetzt wenig Widerspruch bekommen haben, dass das deutsche Gengesetz an dieser Stelle zurzeit greift, wobei nicht sichergestellt ist, dass man das langfristig vorhersagen kann. Deswegen ist eine Monitoringgruppe oder -stelle wichtig, die genau sagen muss, wann in der Synthetischen Biologie Vorgänge passieren, wo man ein Ausrufezeichen setzen muss. An der Stelle muss man sich das neu überlegen, und dann ist es auch gerechtfertigt, ein Moratorium zu machen. Also es hängt hier von der Risikogröße ab, die als solche existiert. Zurzeit scheint Monitoring zu funktionieren.

Christoph Rehmann-Sutter (IMGWF, Lübeck)

Ich möchte direkt anknüpfen. Mir fehlt ein Begriff: Zwischen Moratorium und Monitoring kommt Governance. Moratorium ist eine extreme Form von Governance, wo man sagt, halt, wir lassen fünf Jahre verstreichen und schauen dann noch einmal. Monitoring heißt: intelligent schauen, was läuft, und Moratorium heißt: möglichst nichts tun, höchstens in den geschlossenen Laboratorien und dann, in zehn Jahren, mal schauen.

Governance wäre für mich eine andere Idee. Ich bin gespannt, was der Deutsche Ethikrat zum Thema Governance sagen wird und was er der international globalisierten Gesellschaft vorschlagen wird, wie mit den Möglichkeiten der Synthetischen Biologie kreativ für die Menschen und für die Biosphäre zuträglich umzugehen ist. Wir haben hier ein Vorbild bei der Gentechnik, aber wir haben auch ein schlechtes Vorbild. Wir sehen, dass Governance gescheitert ist. Bei der grünen Gentechnik hat es in der Schweiz, wo ich herkomme, zu einem Moratorium geführt. Und in Deutschland sind die Fronten gespalten,

man kann quasi nichts tun. Es ist ein De-facto-Moratorium, weil keine Bewilligungen möglich sind, weil auch die richtigen Projekte nicht zustande gekommen sind, weil niemand einsieht, warum die grüne Gentechnik überhaupt sein soll. Für wen ist das überhaupt gut außer für die Industrie und für diejenigen, die Freude am Forschen haben? So etwas sollte nicht geschehen.

Joachim Boldt (Freiburg)

Eine Bemerkung zur Frage, wann es künstliches Leben geben wird in dem Sinne, dass man wirklich aus unbelebter Materie erschafft, was dann als lebend gelten muss. In einer Diskussion mit Steve Benner – das ist einer der Forscher aus den USA, die an solchen Projekten arbeiten – wurde er das neulich auch gefragt. Der Fragende, so Mitte 50, fragte, ob es wohl noch zu seiner Lebenszeit passieren werde. Das Einzige, was Benner daraufhin gemacht hat, war ein kryptisches Lächeln. Ich weiß nicht, wie man es deuten soll, ich kann es hier nur weitergeben. Vor der Tür steht es sicherlich nicht, dieses künstliche Leben.

Zum Aspekt Kreator gab es zwei Fragen, die in diese Richtung gingen. Wir können die Begriffe Herstellen, Schaffen, Schöpfen und Kreieren in ganz normalen, alltäglichen Kontexten verwenden und tun das auch, ohne damit den Anspruch zu erheben, dass wir im christlich-theologischen Sinne wie ein Gott die Welt von Neuem erschaffen. Es ist keine gute Idee, zu sagen, wir dürfen diese Begriffe im alltäglichen Kontext nicht mehr verwenden, weil wir nie wie Gott etwas von Grund auf Neues erschaffen. Uns reichen andere Kriterien, wann wir sagen möchten, etwas ist herstellen, schaffen oder schöpfen. Die Beispiele mit dem Rad finde ich gut.

Noch ein historischer Hinweis: Der Begriff *homo creator* kommt aus der philosophischen Tradition und Diskussion. Günther Anders hat ihn zum Beispiel in Bezug auf die Physik und

auf die Herstellung neuer Elemente verwendet und fand, dass das ein schlagendes Beispiel ist, wo man davon sprechen müsste, dass es hier diesen kreativen Aspekt gibt. Dies lässt sich prinzipiell auf die Synthetische Biologie übertragen. Wir müssen damit nicht den großen Anspruch verbinden – das ist die einzige Grenze, die ich da ziehen würde –, dass wir damit auf dieselbe Art und Weise schöpferisch sind wie Gott. Vielleicht kann es dieses Missverständnis geben, vielleicht auch von Seiten der Leute, die sich selbst so beschreiben; das wäre nicht gut. Aber die Berechtigung, diese Begriffe zu verwenden, sollten wir uns nicht nehmen lassen mit dem Hinweis darauf, dass wir nicht wie Gott schöpferisch tätig sind. Das sind wir in vielen Kontexten nicht.

Peter Dabrock (Erlangen)

Diesen Punkt möchte ich aufgreifen: Selbstverständlich heißt das Pochen auf der von mir eingebrachten Differenz – das war ja auch kritisch gegen *homo creator* gewandt – nicht, dass der Mensch nicht wunderbar kreativ ist oder sein soll. Das Gegenteil ist der Fall. Der Hinweis darauf, dass der Mensch eben *nicht* in dem, was man theologisch als Gotteskreativität bezeichnet, kreativ sein muss, führt meines Erachtens dazu, dass man eine viel höhere Dynamik an menschlicher Kreativität entwickeln kann. Und so ist dieses Motiv von mir als Verantwortungsethik gemeint: nicht, um Kreativität zurückzunehmen, sondern um menschliche Kreativität zu intensivieren, weil wir eben nicht im Gottessinne kreativ sein müssen, sondern um unsere eigene Kreativität – und dann wird es verantwortungsethisch wichtig – immer als eine solche zu begreifen. Ein Theologe hat das einmal als schlechthinnige Abhängigkeit bezeichnet. Anders formuliert: Wir sind in einer lebendigen Beziehungshaftigkeit, die all unsere Versuche, diese Beziehungshaftigkeit zu fassen, übersteigt. Und das ist doch der beste Impuls für Kreativität, und dann weiß man auch, dass

Energie und Baby ziemlich viel miteinander zu tun haben können.

Jochen Taupitz (DER)

Vielen Dank insbesondere den Referenten, aber auch allen Diskussionsteilnehmern. Ich entlasse uns jetzt alle in die Kaffeepause.

IV. Handlungsperspektiven

Moderation: Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Meine Damen und Herren, wir kommen jetzt zum vierten und letzten Block unserer heutigen Veranstaltung, zur Frage der Handlungsperspektiven auf dem Feld der Synthetischen Biologie. Dabei haben wir offengelassen, wer möglicherweise zum Handeln aufgefordert wird.

Ich darf als Referenten, als Vortragenden herzlich Pat Mooney begrüßen. Er ist seit über dreißig Jahren auf dem Feld der Arbeit von Organisationen der Zivilgesellschaft tätig zur Frage der Entwicklungshilfe, zu Fragen des Welthandels, der Entwicklung mit Bezug zu Landwirtschaft, Biodiversität und neuen Technologien. 1985 erhielt er für sein Engagement auf diesem Feld den alternativen Nobelpreis vom schwedischen Parlament.

In den Achtzigerjahren erweiterte sich sein Arbeitsfeld auf die Biotechnologie, und in den späten Neunzigerjahren wandte er sich verstärkt dem Themenfeld der Emerging Technologies zu, etwa der Nanotechnologie, der Synthetischen Biologie und dem Geo-Engineering und auch neuen Entwicklungen auf dem Feld der Genomik und Neurowissenschaft. Weltweit bekommt ist Pat Mooney seit 2001 als Executive Director von ETC. ETC ist eine weltweit tätige kleine Organisation der Zivilgesellschaft, aber mit sehr großer Vernetzung etwa zu großen Unterorganisationen der Vereinten Nationen, etwa im Bereich der Biodiver-

sität. In seinem Auftrag ist von ETC im letzten Jahr die Studie *The New Biomasters* in Reaktion auf die Pläne von Craig Venter erschienen. Lieber Herr Pat Mooney, Sie haben das Wort.

(Applaus)

Die neuen Biomaster: Wer will die Kontrolle über die Grüne Ökonomie?

Pat Roy Mooney · ETC Group

Danke, vielen Dank! Ich muss gestehen, in mir hat sich über den Tag ein wahrer englischer Wortschwall aufgestaut, der jetzt raus will. Den ganzen Tag will ich schon Fragen stellen, und ich bin den Dolmetschern wirklich sehr dankbar für ihre Unterstützung, die es mir ermöglicht hat, den deutschen Beiträgen zu folgen. Ich hatte irgendwie das Gefühl, keine Fragen auf Englisch stellen zu können. Also lasse ich jetzt so schnell und kontrolliert wie möglich meinen aufgestauten englischen Redefluss heraus.

Am besten fange ich mal damit an, Farbe zu bekennen und zu sagen, wo ich stehe. Zunächst einmal halte ich persönlich nicht sehr viel von der Idee eines Moratoriums für synthetische Biologie. Leider gibt es jedoch angesichts unserer Regierungen und der Dummheit, mit der diese handeln, wohl keine andere Wahl als ein solches Moratorium einzurichten. Deshalb unterstütze ich vollkommen, was Herr Rüdiger Stegemann vorhin in seinem Vortrag gesagt hat. Und ich werde noch darauf eingehen, warum ich glaube, dass wir keine andere Wahl haben und warum ich denke, dass es speziell bei den internationalen Regierungen keine anderen Alternativen gibt.

Zweitens möchte ich etwas sagen zu der Debatte um Craig Venter und ob er als „Schöpfer“ zu bezeichnen ist. Ich vertrete die Meinung, dass Craig Venter in der Tat etwas geschaffen hat. Mit Sicherheit hat er Arbeits-

plätze für Ethiker geschaffen, die noch lange Zeit bestehen werden..., und vielleicht hat er sogar etwas aus dem Nichts geschaffen. Das werden wir über die Jahre noch feststellen. Mich überrascht es ein wenig, dass ich zu fortgeschrittener Stunde hier am Nachmittag in einem Saal voller Menschen bin, die sich Gedanken um ethische Fragen machen. Dabei bleibt uns noch darüber zu diskutieren, und vielleicht fällt mir diese Aufgabe zu, wer eigentlich diese Technologie besitzt und kontrolliert. Welche ökonomischen Folgen sich daraus ergeben, nicht nur speziell für die Randbevölkerungen überall auf der Welt, sondern für uns alle. Und es gibt viele Fragen, die wir uns stellen können, zum Sinn und Zweck dieser Technologie: Was genau macht sie? Wofür ist sie gut bzw. schlecht? Es erstaunt mich, dass wir unseren Blickwinkel da auf die Ethik beschränken können. Meiner Meinung nach ist die Debatte darum, ob Craig Venter nun tatsächlich Leben geschaffen hat oder nicht, im Grunde irrelevant. Womit wir es hier zu tun haben, sind lebende Organismen, wie sie die Welt zuvor noch nie gesehen hat, und die sich selbstständig vermehren. Und diese Organismen sind am Computer entstanden. Die Eltern sind Computer! Mir persönlich ist es dabei völlig egal, ob wir es hier mit komplett künstlichem Leben zu tun haben oder mit etwas anderem. Als Craig Venter das gelungen ist, haben wir einen Fehler bei unserer Arbeit gemacht. Wir wussten natürlich schon vorher darüber Bescheid. Er hat jahrelang überall davon erzählt, dass die Schaffung seiner Lebensform nur noch 2 Jahre in der Zukunft liegt. Und das hat er Jahr für Jahr immer wieder verkündet. Wir wussten, dass er irgendwann ans Ziel kommen würde, dass er etwas erschaffen würde, und wir haben den Fehler gemacht zu sagen: Naja, jetzt hat Gott wohl Konkurrenz. Und unsere Website brach unter dem Gewicht der eingehenden Emailfluten zusammen, und natürlich beteiligten

sich noch viele andere an der Debatte, die Craig Venter selbst initiiert hatte.

Aber mal ganz ehrlich, das ist nicht das Problem, um das es hier geht. Der Punkt ist, dass hier eine Spezies geschaffen wurde, die unser Planet noch nie gesehen hat, und dass sich diese Spezies selbstständig vermehrt, und dass diese Arbeit weitergeführt wird. Ich habe heute die Gespräche hier mitverfolgt, und einige der Fragen machten für mich ganz deutlich, dass gewisse Dinge möglich sind und gewisse Dinge unmöglich. Und ich erinnere mich noch an die Aussage von Arthur Clarke – ich weiß nicht mehr, ob das aus einem seiner Romane oder Sachbücher stammt – wo er sagt: „Wenn ein weiser alter Professor dir sagt, was möglich ist, dann kannst du ihm glauben. Wenn ein weiser alter Professor dir sagt, was nicht möglich ist, dann glaub ihm nicht! Und ich glaube, das gilt gleichermaßen für weise oder auch weniger weise alte Aktivisten wie mich. Aber für mich ist das Realität.“

Wir haben heute Vormittag auch gehört, dass wir noch viel Zeit haben, dass dies erst die Anfänge der synthetischen Biologie sind. Ich bin da anderer Meinung. Wir haben heute auch gehört, dass wir nicht wirklich genug wissen, um zu handeln. Es gibt so vieles, was noch unbekannt ist – wie die Zelle überhaupt funktioniert, oder welche Rolle die vor ein paar Jahren noch als ‚Junk-DNA‘ bezeichnete Substanz spielt. Wir wissen diese Dinge nicht, also können wir hier auch nicht so schnell vorgehen. Und wir haben heute auch gehört, dass es sich bei dieser Technologie in Wirklichkeit gar nicht um eine Technologie handelt, sondern um viele unterschiedliche Technologien und dass es wahrscheinlich sogar ein Fehler war, sie überhaupt als „synthetische Biologie“ zu bezeichnen. Die Sache ist eigentlich viel komplexer, und die Grenzen sind verschwommen. Und uns wurde heute auch gesagt, wir sollen uns keine Sorgen machen, denn das Ganze liegt ja wahrscheinlich

noch weit in der Zukunft, andererseits ist es auch nichts Neues. Heutzutage ist es ja inzwischen gang und gäbe zu hören, dass jede Technologie sich schon mal mindestens auf die alten Ägypter und Maya zurückführen lässt. Die Maya sind ja derzeit sehr populär als Erfinder jeglicher Art von Technologie. Und daher ist das Ganze im Grunde schon uralt.

Ich erinnere mich an eine Diskussion mit dem niederländischen Chemieunternehmen DSM in Afrika, in der gesagt wurde, dass die Nanotechnologie ja eigentlich überhaupt nichts Neues sei - alles brandneu, und alles ein alter Hut - und am Ende des Vortrags waren, glaube ich, die meisten der Anwesenden der Überzeugung, dass sich DSM an der Schwelle zum Bronzezeitalter befindet. Worum ging es denn bei all den Mustern überhaupt, wenn die gar nicht neu waren und sich nichts geändert hatte? Es gibt da eine Art sprachliche Tendenz, und das erinnere ich noch sehr gut aus dieser Debatte damals: mit dem Erste, was mit einer neuen Technologie passiert, wenn sie kontrovers wird, ist dass diejenigen, die ihr einen Namen gegeben haben, nervös werden und die Terminologie verwässern wollen, damit man sie nicht mehr so leicht mit dem, was sie tun, in Verbindung bringen kann. Und genauso sind wir auch schnell an den Punkt gekommen, wo genau das in der Debatte über Gentechnik passiert ist. Die Bezeichnung Gentechnik wurde ursprünglich von denjenigen gewählt, die daran gearbeitet haben, und wurde dann zu „genetisch veränderten Organismen“, und dann „lebende veränderte Organismen“. Und jetzt, wo es ein Problem mit der genetischen Umweltverschmutzung gibt, bezeichnen wir diese nicht als Genverschmutzung, was ein Fachterminus ist, sondern als adventives Vorkommen, was sich ein bisschen so anhört wie ein Vorweihnachtsereignis oder so etwas. So wird die Terminologie verändert.

Ich erinnere mich noch an eine andere Diskussion, an der ich teilnahm, und zwar im Europäischen Parlament. Da war eine Wirtschaftsvertreterin aus der Nanotechnologie, die sagte: Wissen Sie, die Nanotechnologie als solche gibt es in Wirklichkeit gar nicht. Wir sollten einen solchen Begriff nicht verwenden, denn es handelt sich hier im Grunde um ein so breites Spektrum verschiedenster Technologien. Und diese Dame war die Vorsitzende des Europäischen Handelsverbandes für Nanotechnologie. Man fragt sich da natürlich, warum sie den Namen ihrer Organisation nicht ändert und als Vorsitzende des Europäischen Verbandes für irgendwelche diffusen Technologien auftritt, aber sie selbst verwendet ja den Begriff. Man fragt sich also, wo da die Logik des Ganzen liegt.

Ich möchte noch einmal auf die Zeitfrage zurückkommen, und darauf eingehen, wie viel Zeit uns zum Handeln bleibt. Dabei sollte ich wohl auch meine eigene Redezeit im Hinterkopf behalten... bitte stoßen Sie mich sachte an, wenn ich noch 3 Minuten habe, und dann nicht mehr ganz so sanft, wenn ich noch eine Minute habe – ich möchte meine Redezeit nicht überziehen. Jedenfalls existiert wohl die Vorstellung, dass wir noch viel Zeit haben. Ich glaube nicht, dass das der Fall ist. Ich glaube, in der Geschichte jeder neuen Technologie haben Ethiker vielleicht eine Nanosekunde, in der man ihnen eventuell Gehör schenkt. Und wenn diese Nanosekunde um ist, kann man es vergessen. Und diese Nanosekunde ist vielleicht in der synthetischen Biologie längst verstrichen. Wenn eine Technologie erst einmal an dem Punkt angekommen ist, wie es bei der synthetischen Biologie der Fall ist, an dem Regierungen in Westeuropa und Nordamerika zwischen 2004 und 2010 500 Millionen Dollar in Grundlagenforschung allein im Bereich Biotreibstoffe investiert haben – das sind im Übrigen 28 Prozent aller Investitionen in Biotreibstoffe – dann besteht ein finanzielles Interesse an der

synthetischen Biologie, wenn von staatlicher Seite solche Summen investiert wurden. Wenn zahlreiche Unternehmen und große Wirtschaftszweige riesige Summen in Joint Ventures und Partnerschaften mit neu gegründeten Firmen stecken und Produktbeteiligungen erwerben, und es gibt bereits solche Produkte am Markt, dann nimmt die Wahrscheinlichkeit, dass man auf Ethik- oder Gesetzesvertreter hört, ganz rapide ab.

Letztes Jahr war das zehnjährige Jubiläum der US-amerikanischen National Nanotechnology Initiative, und das Weiße Haus hat eine Bewertung dieser Initiative durchgeführt, und ich war wie immer eingeladen als Kritiker aus den Reihen der Zivilgesellschaft. Es war sehr interessant, die Privatgespräche der Gesetzesvertreter im Raum mitzukriegen. Unter sich haben sie ganz offen darüber geredet, dass sie keinerlei Hoffnung mehr sehen, die Nanotechnologie noch zu regulieren, es sei denn, es passierte etwas absolut Schreckliches, dann hätten sie eine Chance, aber nur im Falle einer Katastrophe. Seit 2001 wurden 50 Milliarden Dollar an öffentlichen Mitteln zu beiden Seiten des Atlantiks in die Nanotechnologie investiert (nicht nur in die synthetische Biologie). 50 Milliarden. Da sagen die Regierungen nicht auf einmal: „Hoppla, lieber doch nicht“. Das machen die nicht. Und wenn du erst mal 3000 Produkte auf dem Markt hast, von denen einige gegessen werden, andere auf den Feldern versprüht, und andere in die Haut gerieben, dann will die Wirtschaft keine negativen Nachrichten hören. Und die Entscheidungen werden von der Wirtschaft getroffen, nicht von den Regierungs- und Gesetzesvertretern.

Dasselbe gilt für die synthetische Biologie. Wenn Sie möchten, dass man Ihnen zuhört, dann reden Sie lieber schnell, denn es bleibt nicht mehr viel Zeit. Ob Gesetzesvertreter oder Ethiker – und hoffentlich haben wir beide im Saal vertreten. Die Zeit rennt. Wir haben bisher

noch nichts über die Größenordnung dieses Marktes für unsere Wirtschaft gesagt, aber wir sollten eine Minute darauf verwenden. Und dann möchte ich vor allem über Fragen der Eigentumskontrolle in der synthetischen Biologie sprechen. Die Größenordnung ist gigantisch. Uns sind 36 Länder bekannt, in denen es nationale Initiativen zur synthetischen Biologie gibt, die sich verpflichtet haben, in diesem Bereich im öffentlichen Sektor zu arbeiten. Wie gesagt liegen die Investitionen bereits bei einer halben Milliarde Dollar allein im Bereich Biotreibstoffe mit synthetischer Biologie, und es wird mehr und mehr investiert. Schon jetzt ist das Investitionsvolumen im Bereich synthetische Biologie angesichts der allgemeinen wirtschaftlichen Lage ziemlich hoch. Wir haben derzeit einen Markt, der mit ca. 230 Millionen Dollar bewertet wird – das ist die niedrige Schätzung, die ich für realistisch halte. Die hohen Schätzwerte gehen bis zu 2,4 Milliarden Dollar bis zum Jahr 2013, oder gar bis zu 5 oder 5,5 Milliarden Dollar bis 2015, je nachdem, mit wem man spricht und wie viel Unsinn die Zahlen enthalten. Die Zahlen enthalten immer etwas an Unsinn, aber sie enthalten auch einen Teil Realität. Das Potential dieser Technologie ist immens. Und wenn wir als zivilgesellschaftliche Organisation uns Gedanken machen, dann deshalb, weil wir uns Gedanken machen müssen, dass bei allen Halbwahrheiten die Sache Wahrheit genug enthält, um uns wirklich Grund zur Sorge zu geben.

Wir müssen sehen, dass der Markt, um den es hier geht, wahrscheinlich in zwei Sektoren unterteilt ist. Der eine Sektor ist Geschmacks- und Duftstoffe, ein Teilgebiet des Marktes für spezielle Chemikalien, Spezialmaterialien, die aus biologischen Stoffen hergestellt werden können. Die Idee dahinter, die in den siebziger und frühen achtziger Jahren entstand, war dass Technologien zur Biofermentation es uns irgendwie ermöglichen könnten, alles im Fass herzustellen, sodass wir ohne all die Äcker und Wälder auskommen, die uns heute diese Er-

zeugnisse liefern. Das hat aber nicht funktioniert. Dennoch sind einige dieser Unternehmen jetzt wieder aufgetaucht und sagen: Jetzt haben wir die synthetische Biologie. Das war die fehlende Zutat. Jetzt glauben wir, dass wir den 20-Milliarden-Dollar-pro-Jahr-Markt für Geschmacks- und Duftstoffe übernehmen können, insbesondere die Branche für biologische Materialien. Und das hat natürlich immense Auswirkungen auf die Entwicklungsländer, insbesondere die Länder in den Tropen und Subtropen, in denen die meisten dieser Rohstoffe erzeugt werden. Und auf die Millionen von Menschen, die ihren Lebensunterhalt mit diesen Erzeugnissen verdienen. Wenn das, was diese Leute sagen, stimmt, wenn die Arbeit, die heute in Produkte wie Vanille, Lakritz, Kakao und Palmöl gesteckt wird, tatsächlich fruchtet, wie sie behaupten – und Palmöl ist ein riesiger Markt – dann werden einige Wirtschaftszweige in Asien, Afrika und Lateinamerika komplett zerstört werden. Und niemand sagt diesen Leuten, dass es hier nicht nur ein rein ethisches Problem geht, sondern auch um ein wirtschaftliches. Und dass es Risiken gibt, derer sie sich bewusst sein müssen, dass wir uns ihretwegen Sorgen machen.

Der andere Marktsektor, über den noch nicht gesprochen wurde, ist schlicht Biomasse. Das hat eine unglaubliche Faszination für die Wirtschaft, insbesondere die Energie- und Chemieunternehmen, sagen zu können: Alles, was wir zu tun haben, ist Biomasse herzustellen und sie dann in all das umzuwandeln, was fossile Kohlenstoffe heute leisten können. Wir bewegen uns von einer Wirtschaft der fossilen Kohlenstoffe hin zu einer Wirtschaft der „lebendigen“ Biokohlenstoffe. Und die synthetische Biologie ist der Weg dorthin. Das ist der größte Markt auf unserem Planeten. Das ist der Energiemarkt, das ist der Nahrungsmittelmarkt, das ist der Materialmarkt, das ist ein großer Teil des Marktes für Pharmazeutika, das ist einfach alles. Das ist das Ziel. Die beunruhigendste Zahl, die

ich kenne, wird immer wieder von risiko-freudigen Investoren genannt, und solche haben wir über die Jahre oft getroffen, insbesondere zum Thema synthetische Biologie. Diese Investoren sagen, dass erst 23,8 Prozent der jährlich verfügbaren terrestrischen Biomasse erschlossen und Teil der westlichen Marktwirtschaft (oder was davon übrig ist) sind. Das heißt, dass nach Auffassung dieser Investoren 76,2 Prozent der jährlich verfügbaren terrestrischen Biomasse noch zu monopolisieren sind. Diese gilt es noch sich einzuverleiben, das ist das Ziel. Die LG oder Mikroorganismen oder Mikroben zu finden, die in einer Fabrik zur Umwandlung der Biomasse in was auch immer man daraus herstellen will eingesetzt werden können. Was sie wollen, ist Zuckerrohr, Bäume und jedes andere beliebige zelluläre Material nehmen und es in Brennstoffe, Kunststoff, pharmazeutische Materialien oder Nahrungsmittel umwandeln. All diese verschiedenen Bereiche. Es ist anzunehmen, dass an irgendeinem Punkt, wenn sie die Fabrik gebaut haben, nach der Produktion, nach der Ernte der Bäume oder Agrarpflanzen dann in der Fabrik entschieden wird, ob sie Menschen damit füttern oder Autos füttern oder ihre eigene Habgier füttern, oder was auch immer sie sonst damit machen wollen. Das Ziel lautet: Wie konvertieren wir diese Biomasse? Darum geht es, das ist die ‚grüne Ökonomie‘, von der die Regierungsvertreter bei ihren derzeitigen Verhandlungen in Vorbereitung des Erdgipfels sprechen, der nächstes Jahr im Juni in Rio de Janeiro stattfindet.

Wie überzeugen wir die tropischen und subtropischen Länder, die zusammen 86 Prozent der jährlich verfügbaren terrestrischen Biomasse besitzen, uns diese zu überlassen? Indem wir diese zu einer vermarktbareren Ware erklären, die wir als groben und nahezu wertlosen Rohstoff behandeln? Und wie können wir die synthetische Biologie nutzen, um die größtmögliche Menge an Biomasse zur Umwandlung zu

gewinnen? Das Entscheidende ist sich anzugucken, wer die Patente hat. Nicht ob nun Leben hergestellt wurde oder nicht, sondern vielmehr ob die Patente, die dafür beantragt und vergeben werden, vor allem in den Vereinigten Staaten aber auch in Europa, tatsächlich Lebensprozesse und Möglichkeiten, Leben herzustellen, regulieren. Das sind Patente über große Teile der DNA, die in so gut wie jeder lebenden Spezies vorkommen, auf jeden Fall aber in jeder lebenden Agrarpflanze.

Bislang wurden weltweit über 300 Patente zugelassen, die sich in der Tat auf DNA-Stränge beziehen, bei denen gesagt wird: „Ja, das haben wir in einer Maispflanze oder Sojabohnenpflanze gefunden“, dabei findet sich dieselbe DNA tatsächlich in jeder ausgewachsenen Agrarpflanze auf dem Planeten, oder zumindest in jeder Einjahrespflanze der Erde, und manchmal auch in perennierenden Getreidearten. Diese Patente wurden genehmigt. Sechs Unternehmen halten 77 Prozent der Patente. Ein paar davon sitzen hier in Deutschland. Sie haben damit ein Monopol und sie kooperieren miteinander, sogar beim Management dieser Patente. Wenn Sie sich mal anschauen, wer bei der synthetischen Biologie so mitmischt, dann sehen Sie, dass sechs führende Chemieunternehmen, sechs der Top 10 Chemieunternehmen, sich stark im Bereich der synthetischen Biologie engagieren, sowie sechs der Top 10 Energieunternehmen der Welt und sechs der Top 10 Agrarhandelsunternehmen der Welt. Alle beschäftigen sich mit Biomasse, im Übergang von fossilen zu „lebendigen“ Kohlenstoffen. Wenn wir diese Besitz- und Kontrollverhältnisse nicht berücksichtigen, wenn wir nicht berücksichtigen, welche Auswirkungen das auf nachgelagerte Bereiche haben könnte, und zwar wie gesagt nicht nur für die Randbevölkerungen sondern für jeden, der einen Arbeitsplatz will, dann übersehen wir etwas entscheidend Wichtiges.

Heute Vormittag haben einige hier gesagt, wir wissen ja noch nicht mal, ob das Ganze überhaupt funktioniert. Und damit haben sie Recht. Aber ich möchte dennoch zwei Dinge hier klarstellen: Erstens muss eine Technologie nicht funktionieren, um einen Wandel herbeizuführen und für gewisse Leute äußerst profitabel zu sein. Sie müssen nur Ihre Wettbewerber davon überzeugen, dass Sie die Technologie haben, die gewinnen wird, Regierungen davon überzeugen, dass sie sich diese Technologie nicht leisten können und Sie unterstützen müssen, die Technologie auf den Markt zu bringen und durch Patente zu schützen, die Sie brauchen, um Ihre Wettbewerber von der Technologie fernzuhalten. Wenn Sie diese drei Dinge haben, dann kann die Technologie dahinter eine reine Illusion sein.

Und ich würde behaupten, dass zumindest die ersten Generationen genmodifizierter Agrarpflanzen genau das waren. Diese recht schlampige Technologie ist viel zu schnell auf den Markt geworfen worden und mit viel zu wenig Wissen darüber, was für Konsequenzen sie haben könnte, in jeglicher Hinsicht. Sie können über genmodifizierte Agrarpflanzen denken, wie Sie wollen, letztendlich haben wir es hier mit einer schlampigen Technologie zu tun. Das mag sich in Zukunft vielleicht irgendwann bessern, wer weiß. Jedenfalls wurde sie auf den Markt gebracht. In nur wenigen Jahren sind wir von weltweit 7000 Saatenernter, die jeweils nicht einmal ein halbes Prozent des Weltmarktes für Saaten hielten, auf derzeit drei Saatenernter zurückgefallen, die 53 Prozent des Weltmarktes für Saatgut kontrollieren. Nur drei Unternehmen kontrollieren 53 Prozent. Die Top 10 Unternehmen kontrollieren nebenbei bemerkt 73 Prozent des Saatenhandels. Und das ist in vielerlei Hinsicht dem Mythos geschuldet, dem Regierungen und kleine Saatenernter aufgesessen sind, dass dies der richtige Weg sei. Das war die Voraussetzung. Man musste das regulatorische Umfeld

schaffen, in dem dies geschehen konnte, man musste auf Kartellpolitik verzichten, damit diese Firmen in einer Weise verschmelzen konnten, die sonst niemals erlaubt gewesen wäre... Pestizidunternehmen, die Saatenernter kaufen. Was für eine Absurdität! Doch es wurde zugelassen, weil es sich um eine große, neue, interessante Technologie handelte. Und jetzt haben diese Unternehmen genau das, was sie wollen. Sie müssen keine Forschung mehr betreiben. Sie müssen sich nicht mehr die Mühe machen, weil sie den Markt kontrollieren.

Und die andere Sache bei diesen neuen Technologien ist, dass sie nicht unbedingt funktionieren müssen. Man muss nicht unbedingt wissen, ob sie funktionieren oder nicht, oder wie sie funktionieren. Es wurde heute ein paar Mal gesagt, dass wir zuerst einmal diese Dinge wissen müssen. Das müssen wir nicht.

Sehen wir uns die chemische Industrie an. Die chemische Industrie und die Energiewirtschaft arbeiten seit fast einem Jahrhundert mit Katalysatoren. Sie wissen aber nicht, wie der Prozess der Katalysation funktioniert, niemand ist sich da so ganz sicher. Es funktioniert, aber man weiß nicht so genau, wie es funktioniert, und versucht es besser zu verstehen, und doch setzen zwei der größten Industriezweige auf diesem Planeten jahrzehntelang im großen Stil Katalysatoren ein, ohne die Technologie dahinter genau zu verstehen. Und sie haben ohne dieses Wissen für Milliarden von Dollar Raffinerien und Produktionswerke gebaut. Man sieht also, dass die Wirtschaft auch ohne das erforderliche Wissen voranschreitet.

Oder sehen wir uns den Einsatz von Antibiotika in der Futtermittelindustrie an. Ich weiß, Europa schafft das jetzt ab, und die USA versprechen, dass sie das auch vorhaben, aber das haben sie nicht. Seit einem halben Jahrhundert werden Antibiotika an Hühner verfüttert, und niemand weiß genau, wie genau Antibiotika das Wachstum der Hühner beschleunigen. Aber wen

interessiert das schon, wir werden sie trotzdem weiter einsetzen, wie wir sie bereits seit 50 Jahren einsetzen, weil es Geld bringt. Die Wissenschaft hat keine Ahnung, aber es werden Gewinne erzielt. Deshalb sage ich jedem, der argumentiert, die synthetische Biologie sei zu neu, zu jung, zu ungewiss: das ist ein Irrtum! Sie entwickelt sich weiter, sie ist immens profitabel. Die Theorie, man könne einfach drei Viertel der verbleibenden Biomasse unserer Erde nehmen – die im übrigen einen Zweck erfüllt, diese Biomasse ist ja zu irgendetwas gut im Ökosystem und macht irgendetwas – und diese in einfach alles umwandeln, was man will, ist zu attraktiv. Wahr oder falsch? Diese Kontrollmethode ist einfach zu attraktiv, als dass man sie ignorieren könnte. Also wird man sie anwenden. Und wenn wir nicht über die Fragen und Probleme des Eigentums an der Natur diskutieren, und nicht nur darüber, ob eine bestimmte Lebensform nun einzigartig ist oder nicht, wenn wir darüber nicht diskutieren, dann haben wir ein Problem. Wie viel Redezeit bleibt mir noch, wenn ich fragen darf? Eine Minute? Dann komme ich besser zum Schluss. Okay, ich kann es wohl dabei belassen.

Für mich sind die zentralen Fragen folgende: Wem gehört die Technologie? Wer kontrolliert sie? Welche Auswirkungen wird sie auf das tägliche Leben der Menschen haben? Was bedeutet sie für unsere Zukunft? Wie wir gehört haben, lassen sich damit die Probleme des Klimawandels lösen. Und wie wir heute Vormittag gehört haben, kann diese neueste Technologie angeblich all unsere Probleme lösen. Dabei schafft sie auch neue Probleme für uns. Und sie könnte mehr Nutzen bringen. Wir haben uns für ein Moratorium bei den Vereinten Nationen ausgesprochen. Die Gespräche dazu laufen im Übrigen noch. Sie werden vermutlich auf der Konferenz zur Artenvielfaltskonvention in Hyderabad, Indien, dieses Jahr im Oktober fortgesetzt. Aber im Moment gibt es zwei Vorschläge zu einem potentiellen Moratorium. Der

Grund dafür, dass wir ein Moratorium befürworten, ist dass es im System der Vereinten Nationen kein anderes Instrument gibt, das Regierungen und Staaten bei neuen Technologien ins Gebot und in die Pflicht nehmen kann. Es gibt keine Möglichkeit dazu.

Die gab es im Übrigen mal. Auf dem Erdgipfel 1992 in Rio de Janeiro haben Regierungsvertreter gesagt, dass wir weltweit ein System zur Technologiebeurteilung auf globaler, regionaler und nationaler Ebene brauchen. Das war 1992, und alle Regierungen haben sich dazu verpflichtet. 1993 haben die Vereinigten Staaten dann die UN-Kommission für Wissenschaft und Technologieentwicklung abgeschafft. Die einzige Stelle innerhalb des Systems der Vereinten Nationen, die Technologiebeurteilungen durchführte, verschwand also 1993, nur ein Jahr nach dem Gipfel. Ein weiteres Gremium, das 1993 von den Vereinigten Staaten zerstört wurde, war die UN-Kommission zu transnationalen Konzernen die einzige Stelle innerhalb der Vereinten Nationen, die Beratung für Entwicklungsländer zum Thema Technologietransfer anbot und dazu, wie diese Länder bessere Konditionen bekommen können und wo Patente existieren und was für Alternativen es gibt. Diese Stelle wurde ebenfalls abgeschafft. Zu Beginn der Wissenswirtschaft, wie die Vereinten Nationen sie bezeichneten, verpassten sich die UN selbst eine Gehirnamputation! „Wir sind eigentlich nicht in der Lage, die Technologien zu verstehen“. Das ist einfach absurd! Bleibt uns also nur, Technologien in einem späteren Entwicklungsstadium zu betrachten und zu sagen: „Das ist jetzt aber nicht so gut“, oder: „wir sind sehr beunruhigt und wir müssen das besser verstehen, wir müssen uns überlegen, was zu tun ist“, und die einzige Möglichkeit, die uns dazu bleibt, ist die Einberufung eines Moratoriums. Da werden die Regierungen aufmerksam und spitzen die Ohren. Es steckt zwar nicht viel Autorität dahinter, aber zumindest lässt es alle aufhorchen und nachdenklich werden. Deshalb

streben wir es für Geoengineering an, bei genmanipulierten Terminator-Samen, wo wir jetzt schon Moratorien haben, und auch für die synthetische Biologie.

Und vielleicht noch ein letztes Wort: Drew Endy ist einer der führenden Wissenschaftler, die beim iGEM-Projekt mitarbeiten, um das es ja heute ging. Er hat angefangen am MIT, jetzt ist er an der Stanford-Universität. Drew ist ein wunderbarer Mensch. Ich finde ihn großartig, und ich kann Ihnen sehr empfehlen, ihn zu einer Diskussionsrunde einzuladen. Ihm sind all diese Probleme sehr bewusst und vertraut, und er begeistert sich sehr für die synthetische Biologie. Drew war 2008 auf einer Tagung eines wissenschaftlichen Ausschusses der UN- Artenvielfaltskonvention, und da sagt er zu den anwesenden Wissenschaftlern: „Machen Sie sich keine Sorgen über den Verlust der Artenvielfalt. Ich kann sie Ihnen wieder herstellen!“ Und das war nur teilweise als Witz gemeint. Das ist so in etwa das Problem, um das wir uns Gedanken machen sollten. Vielen Dank.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Vielen Dank, Pat Mooney, für Ihre Einführung in die Frage, ob für die Gesellschaft und die Wissenschaft Handlungsbedarf besteht.

Podiumsdiskussion

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Wir werden jetzt drei Kommentare hören, die auf Pat Mooney eingehen, aber auch eigene Gedanken dazu beibringen.

Als ersten Kommentator darf ich Professor Bernd Müller-Röber begrüßen. Er leitet die entsprechende Arbeitsgruppe bei acatech und ist Professor für Molekularbiologie an der Universität Potsdam, hat früher als Gruppenleiter am Max Planck Institut für molekulare Pflanzen-

physiologie der Universität Potsdam gearbeitet und ist damit auch Experte auf dem Gebiet der grünen Gentechnik und grünen Biotechnologie. Herr Professor Müller-Röber, Sie haben das Wort.

(Applaus)

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Müller-Röber ·
Deutsche Akademie der
Technikwissenschaften (acatech)

Vielen Dank Herr Catenhusen. Sie haben es schon gesagt, wir haben uns viele Jahre mit der grünen Gentechnik beschäftigt und einen Teil der Diskussion, die wir heute hier geführt haben, haben wir im Zusammenhang mit der grünen Gentechnik auch schon gehört.

Ich möchte kurz durch meine Wahrnehmung der Synthetischen Biologie darstellen. Für mich als Molekularbiologen, der ich zwanzig Jahre in dem Bereich trainiert wurde, ist die Synthetische Biologie, so wie wir sie heute diskutieren, zu über 95 Prozent, wahrscheinlich zu über 98 Prozent eine geradlinige Fortführung der Molekularbiologie, Genforschung, Gentechnik. Dennoch schafft sie eine neue Sichtweise, und diese neue Sichtweise möchte ich kurz zum Ausdruck bringen, weil das eine Sichtweise ist oder ein Aspekt, der auch die Studenten bei uns begeistert. Wir bieten Synthetische Biologie in Kursen an und wir haben gemerkt, dass die Studenten sehr engagiert dabei sind und dass es einen starken Lerneffekt generiert.

Wenn ich überlege, was wir vor zehn oder zwanzig Jahren in der Molekularbiologie gemacht haben und was wir heute machen können, dann kann ich sagen, hochgradige Veränderungen von Organismen sind nichts Neues. Man hat vor zwanzig Jahren künstliche Chromosomen hergestellt. Die hat man genutzt, um das Humangenom zu sequenzieren. Heute benutzt man künstliche Chromosomen für etwas anderes, heute möchte man quasi Synthetische Biologie machen, rational herangehen, künst-

liche Chromosomen so verändern, dass sie mehrere Erbinformationen tragen, damit ich am Ende ein Produkt bekomme. Artemisinin ist heute genannt worden, das ist mit einer anderen Technologie gemacht worden, aber in diese Richtung geht das. Wir können also auch ohne Synthetische Biologie, so wie wir sie heute diskutieren, schon lange vielfältige Veränderungen vornehmen.

Was ist aber das Neue daran? Das Neue ist, dass wir im Grunde eine Bewusstseinsänderung wahrnehmen. Ich habe mich selbst gefragt, warum begeistere ich mich für Synthetische Biologie? Es ist eine Bewusstseinsänderung. Der Aspekt des Konstruktiven ist angesprochen worden; den Wissenschaftlern ist bewusst geworden, dass sie konstruktiv daran gehen können, Organismen so zu gestalten, wie sie es möchten, und zwar auf einer Ebene, die man am Computer durchführt.

Das konstruktive Herangehen setzt voraus, dass wir die Einzelemente, die wir haben, um solche Netzwerke beispielsweise in Zellen einzubauen, genau verstehen. Da haben wir im Augenblick Nachholbedarf. Wenn ich eine Schraube in die Wand drehe, verändert sich die Schraube nur marginal; es stört sie auch nicht, ob sie in diese Wand oder in eine andere Wand hineingeht. Bei einem biologischen Konstruktionsmerkmal haben wir eine Art von Nachbarschaftsbeziehung in der Zelle. Ob also ein bestimmtes Konstruktionselement überhaupt funktioniert, hängt damit zusammen, was an anderen Komponenten in der Zelle, die ich modifiziere, vorhanden ist. Es kann durchaus sein, dass eine bestimmte biologische Komponente in dem einen Organismus so funktioniert, wie ich es am Computer berechnet habe, in einem zweiten Organismus aber nicht.

Diese Art des Einflusses, der zellabhängig oder artabhängig ist, ist sehr wichtig, wenn man darüber nachdenkt, Zellen zu konstruieren. Und das ist genau der Punkt: Über die Konstruktion,

die Eigenschaftsbeschreibung von biologischen Bauelementen, machen sich die Studierenden jetzt viele Gedanken. Im iGEM-Wettbewerb ist das ähnlich; das ist angesprochen worden; auch hier müssen sie sich Gedanken machen, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Im iGEM-Wettbewerb war es die Bakterienzelle, die auf einmal auf Licht reagiert, obwohl sie es natürlicherweise nicht tut. Die Studenten haben sich also hingesetzt, haben überlegt, welche Elemente sie aus anderen Organismen, die für lichtregulative Prozesse eingesetzt werden, kennen und wie sie die so integrieren können, dass auf einmal ein Bakterium lichtsensitiv wird.

Dieses Bewusstmachen des Konstruktiven und die Notwendigkeit, die einzelnen Elemente, die wir benutzen, gut zu beschreiben, das unterscheidet die Synthetische Biologie von der klassischen Molekularbiologie, bringt aber rückwirkend wieder den Drive in die klassische Molekularbiologie.

Damit bin ich bei der ersten Handlungsempfehlung. Sie bezieht sich auf die Art und Weise, wie wir unsere Studierenden ausbilden. Wir müssen sie genau in diesem Aspekt trainieren. Wir sind noch am Anfang der Synthetischen Biologie. Wenn wir in dem Bereich weiterkommen möchten, dann müssen wir unsere Studierenden auf genau diese Aspekte trainieren.

Der zweite Punkt, den ich anbringen möchte, auch wenn er schon mehrfach dargestellt wurde, ist das Monitoring. Das Monitoring haben wir in unsere Stellungnahme DFG – acatech – Leopoldina mit aufgenommen, weil wir glauben, dass sich derzeit die Synthetische Biologie, die zu über 95 Prozent Molekularbiologie ist, anhand der Maßstäbe und Kriterienkataloge der ZKBS (Zentrale Kommission für die Biologische Sicherheit) etabliert hat und dass wir dieses Monitoring auf der Ebene voranführen können. Es mag durchaus neue Entwicklungen geben, bei denen wir keine Repräsentanz in der natür-

lichen Umwelt haben. Dann brauchen wir möglicherweise eine Erweiterung der ZKBS, eine Erweiterung der Bewertung solcher dann künstlich geschaffenen Organismen.

Wir brauchen auch die Firmen dabei. Die Firmen haben das erkannt. Die Firmen, die synthetische DNA anbieten, prüfen, wer welche DNA-Sequenzen von wo bestellt. Sind das verlässliche Partner, sind es keine verlässlichen Partner? Auf der DNA-Ebene kann man hier einiges tun, und wir müssen auch die Mitarbeiter darauf hinweisen, was es eigentlich heißt, Synthetische Biologie zu machen. Wo müsst ihr die Augen aufhalten? Wo müsst ihr sorgfältiger vorgehen als vielleicht bei der Molekularbiologie, die ihr bisher gemacht habt?

Was wir heute noch nicht angesprochen haben, ist der Aspekt der Interdisziplinarität. Er ist in dem Vortrag von Frau Schwille zum Ausdruck gekommen. Angesprochen wurde die andere Seite der Biologie, also die eher physikalische Herangehensweise der Biologie, aber wir haben auch eine stark technologische ingenieurwissenschaftliche Komponente dabei. Um die Synthetische Biologie in ihrer Breite als Technologie voranzubringen, brauchen wir Gespräche zwischen unterschiedlichsten Bereichen: Chemie, Physik, Ingenieurwesen, mathematische Modellierung, Bioinformatik und so weiter. Das ist in Deutschland nicht gut entwickelt; das merkt man immer wieder, wenn man dieses Thema adressiert. Da haben wir Nachholbedarf.

Wer kontrolliert die Technologie? Das wurde gerade im letzten Vortrag deutlich angesprochen. Auch in diesem Bereich brauchen wir weiterhin Patente. Es ist unglaublich teuer, solche Technologien zu entwickeln. Das kostet viel Zeit und Anstrengung. Das macht man nicht nebenbei, gerade wenn es dann darum geht, biologische Komponenten in ihrer Feinheit zu definieren und zu beschreiben. Als Unternehmen hätte ich schon den Wunsch, einen Teil

dessen, was ich investiert habe, zurückzubekommen. Hier gibt es auch Vertreter von Biotechnologie, von deutschen Biotechnologiefirmen, die natürlich am Ende des Tages ihre Mitarbeiter bezahlen müssen, und Patente spielen dabei eine wichtige Rolle. Dass man damit sehr sorgfältig umgehen muss, ist klar, und dass man nicht einfach eine DNA-Sequenz an sich patentiert, sondern in ihrer spezifischen Applikation, das ist auch klar. Aber ich würde mich dagegen erwehren, Patente in diesem Bereich nicht zuzulassen. Vielen Dank (Applaus)

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Das wird sicherlich noch Gesprächsbedarf bringen. Ich darf als Nächsten Professor Klaus Peter Rippe begrüßen. Er ist seit 2008 Professor für Praktische Philosophie in Karlsruhe und leitet ein Institut für Philosophie und Ethik in Zürich. Für uns ist er vor allem deshalb sehr wertvoll, weil er als Präsident der Eidgenössischen Ethikkommission für Biotechnologie im außerhumanen Bereich die dortige Studie und Stellungnahme des Schweizer Ethikrates zur Synthetischen Biologie mit vorbereitet und organisiert hat. Bitte schön.

(Applaus)

Prof. Dr. phil. Klaus Peter Rippe ·
Eidgenössische Ethikkommission für
Biotechnologie im Ausserhumanbereich
(EKAH)

Herzlichen Dank für die Einladung und die Einführung. Ich möchte kurz aus Sicht unserer Ethikkommission unsere Erfahrungen mit der Synthetischen Biologie zusammenfassen.

Ethische Probleme werden nicht nur durch den Technikbereich aufgeworfen, sondern auch durch Dinge, die wir eben gehört haben, wie die grüne Gentechnik oder die Patentierung von Genen. In der Schweiz wurde gerade das Patentgesetz revidiert, um bestimmte Punkte zu garantieren. Auf der einen Seite soll das Patentrecht weiterhin eine Möglichkeit zur Innovation

und Forschungsförderung bieten, aber auf der anderen Seite sollen gewisse Gerechtigkeitsempfindungen und -urteile besser gefasst werden, die besonders die Reichweite des Patents betreffen. So soll im Bereich der Biotechnologie der Schutzzumfang so definiert werden, dass Monopolbildungen nicht möglich sind. Zudem sollen bestimmte Privilegien der Forschung und Landwirtschaft garantiert werden. Das ist ein allgemeines Thema.

Wenn wir direkt in das Gebiet der Synthetischen Biologie gehen, hatten wir einige Schwierigkeiten, die Sie heute auch gehabt haben, nämlich: Um was geht es überhaupt? Ist es nur eine Radikalisierung der grünen Gentechnik, der Gentechnik insgesamt oder was ist das Neue? Wir haben ziemlich schnell gelernt, dass wir uns wirklich das anschauen sollten, was neu ist, und nicht das, was sich Synthetische Biologie nennt, um in bestimmte Förderungstöpfe zu kommen.

Hintergrund ist folgender: Unsere Kommission hat begonnen, weil der Schweizer Bund viel Geld in die Hand genommen hat, um das Gebiet zu fördern. Was ist jenes Gebiet, das wirklich interessant für uns ist? Das ist, wenn mit Bio-Bricks, mit Bausteinen aus biologischem Material, gemäß einem Design und mit einem Designwunsch etwas Neues synthetisiert wird. Das ist das, was am Ende interessiert hat.

Eine zweite Erfahrung war für uns sehr wichtig. Wir haben irgendwann gemerkt, dass wir zu viel darüber sprechen, wie sich die Wissenschaftler darstellen und wie Personen etwas präsentieren, und zu wenig darüber, was geschieht, und vor allen Dingen zu wenig darüber, was in den Schweizer Hochschulen geschieht, und das ist in der Schweiz das derzeitige Gebiet der Synthetischen Biologie. Wenn man betrachtet, was wirklich auf diesem Gebiet der Synthetischen Biologie geschieht, dann bilden sich bestimmte Fragestellungen heraus und bestimmte Begriffe, die auch heute eine Rolle spielten. Beispielsweise der Begriff des Neu-

artigen: Was ist wirklich neu? Der Begriff der Kontrollierbarkeit: Hat man hier etwas, was man kontrollieren kann? Der Begriff „Rückholbarkeit“ fiel heute. Ein Wort, das mit Kontrollierbarkeit zusammenhängt, ist Beherrschbarkeit. Und dann die Frage: Was heißt eigentlich herstellen in diesem Kontext?

Diese Punkte sind deswegen so interessant, weil sie einerseits mit dem Lebenskonzept verbunden sind und andererseits mit Risikofragen. Warum spielt diese Diskussion über die Begriffe des Lebens so eine große Rolle? Wie man die Begriffe „neuartig“, „Beherrschbarkeit“, „Kontrollierbarkeit“ oder „herstellen“ beurteilt, hängt von dem Begriff des Lebens an, den man zugrunde legt. Die eine Sicht des Lebens ist, idealtypisch dargestellt: Wir haben hier ein mechanistisches System, das wir gut verstehen, und das, was herauskommt, ist ähnlich, und als Ähnliches können wir Abschätzungen machen. Die andere Sicht des Lebens ist die, dass im Leben irgendetwas anderes enthalten ist, ein bestimmtes Phänomen, so wie es auch Christoph Rehmann beschrieben hatte, ein Phänomen, das uns zur Achtung anhält. Das sind die beiden Sichtweisen.

Die Leute, die es für kontrollierbar halten, betonen: Wir haben bereits genügend Daten für gewisse Risikoassessungen. In Ihren Worten ist das unmöglich. Die andere Seite betont, dass in diesem Bereich des Lebens etwas ist, was nicht so einfach beherrschbar ist. Und in der Tat, wenn man dann wieder nachfragt: Was meint ihr mit diesem „nicht beherrschbar“?, dann war das einerseits bestimmt von gewissen Ideen der Autopoiesis, eine selbststeuernde Institution, und zweitens davon, dass in der Entwicklung des Lebens immer auch Umweltfaktoren mitspielen, die die Risikowahrnehmung und -beurteilung letztlich indizieren. Insgesamt wurde bei uns der Lebensbegriff immer stark mit den Risikopunkten verbunden.

Wie lautete das Fazit unserer Kommission? Wir haben uns gegen ein Moratorium ausgesprochen, denn ein Moratorium muss einen Sinn haben. Man muss in diesem Innehalten etwas erkunden, entweder Wertfragen ausdiskutieren oder sich bestimmtes Wissen oder gesellschaftliche Prozesse letztlich erhoffen. Im Bereich der synthetischen Biologie schien uns dieser Zeitpunkt des Innehaltens noch zu früh zum einen. Denn was wollen wir überhaupt wissen? Das kann man noch schlecht generieren. Deswegen kamen wir nur zu der starken Forderung, in dem geschlossenen System, in dem wir uns befinden, zu versuchen, bestimmte nichtintendierte Folgen zu prüfen. Was ist erwartbar, was ist nicht erwartbar, was ist geschehen? Auf diese Weise können wir Informationen sammeln, um schrittweise weiterzukommen. Deswegen war unsere Position eher, den Monitoringprozess und die Kriterien zu definieren.

Der wichtige Punkt ist eben: Was ist wirklich das, was Synthetische Biologie tut? Wie verhält es sich mit den Begriffen des Neuartigen, des Beherrschbaren? Wie beherrschbar ist die Technik und wie weit können wir sie kontrollieren? Was heißt herstellen? Das waren die Kernpunkte, die sich eröffneten. Herzlichen Dank.

(Applaus)

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Jetzt ergänzt diese Runde noch Herr Professor Ralf Wagner. Er ist Forschungsvorstand der GENEART AG in Regensburg, einem der Weltmarktführer auf dem Feld Synthetisierter Gene; das wird er wahrscheinlich gleich selbst erklären. Er ist auch Mitglied des DECHEMA Arbeitskreises für Synthetische Biologie und Systembiologie. Diese Firma hat sich an einem Code of Conduct, einer freiwilligen Vereinbarung zu den Risiken für Biosicherheit beteiligt, um dem militärischen Missbrauch etwa bei der chemischen Synthese von Krankheitserregern

vorzubeugen, ein Geschäftsfeld, das ja durchaus real im Raum stehen könnte.

Prof. Dr. rer. nat. Ralf Wagner · GENEART AG

Es ist schwierig, nach dem vollen Tag tatsächlich noch Neues hinzuzufügen. Ich werde trotzdem versuchen, den einen oder anderen Punkt aus der persönlich gefärbten Perspektive aufzugreifen.

Ein erster Punkt, der mir bei der Definition der Synthetischen Biologie, bei den Projekten, die heute unter Synthetischer Biologie laufen, wichtig erscheint, ist, genau hinzuschauen, was sich dahinter verbirgt. Meine Wahrnehmung ist, und ähnlich haben wir es auch in den Beiträgen schon gehört: Wir machen nicht so viel andere Dinge wie vor zehn oder fünfzehn Jahren. Bei vielen Projekten hat sich nicht so sehr die Qualität verändert, sondern die Quantität. Wir haben heute ein breites Spektrum an neuen analytischen Tools, Altes, was heute unter der großen Überschrift Systembiologie läuft. Das führt dazu, dass wir Prozesse in Zellen – egal ob wir über Signaltransduktion sprechen oder über biochemische Prozesse – quantitativ besser erfassen können, und dies wiederum ist Grundlage dafür, dass wir konstruktiv eingreifen können.

Wir haben, was die Konstruktion anbetrifft, auch eine Reihe neuer Verfahren. Die Gensynthese ist eine Plattformtechnologie, die man definitiv dazuzählen muss. Es sind viele renommierte Projekte darunter; wir haben gehört von Artemisinin, die Dinge, die Jay Kiesling und Kollegen in den USA machen, das ist in meiner Wahrnehmung Genetic Engineering, Metabolic Engineering *at its best*, in der Kombination von Analyse auf der einen Seite, Systembiologie und Synthetischer Biologie, der konstruktive Part, auf der anderen Seite. Qualitativ ändert sich, wie gesagt, nicht viel gemessen an dem, was wir in der Vergangenheit gemacht haben. Die Entwicklungszyklen, die *turn-around times*, um

von A nach B nach C zu kommen, sind jedoch viel kürzer geworden.

Was die Synthetische Biologie auszeichnet – und da bewegen wir uns doch in gewisser Weise auf Neuland zu –, das ist der Anspruch, auf der Basis standardisierter Bauteile zu einem deterministischen Design zu kommen, basierend auf mathematischen Modellen, die die Größe des Heuhaufens signifikant einzuengen, sodass wir mit weniger Experimenten, mit schnelleren Zyklen zum gewünschten Ergebnis kommen. Das beinhaltet und impliziert, dass das, was wir heute tun, nicht mehr von reinen Molekularbiologen gemacht wird, sondern dass diese Leute anders und breiter ausgebildet sind. Molekularbiologie ist wichtig als Basisdisziplin; wichtig sind auch Informatik, Bioinformatik und konstruktive Fähigkeiten bis hin zur Mikro-systemtechnik. Es ist nicht einfach, solche Teams zusammenzustellen und Leute zu finden, die diese breite naturwissenschaftlich-technische Ausbildung aufweisen.

Ein Wort zu den Arbeiten von Craig Venter: Was mir heute Morgen gut gefallen hat, ist die, wie Sie sagen, PR-Maschine Craig Venter. Ich sehe sie zum Teil ähnlich. Abgesehen davon, dass Venter ein Visionär und guter Wissenschaftler ist und ein tolles Team um sich aufgebaut hat, ist er auch ein guter PR-Mann und überaus erfolgreicher Geschäftsmann. Wenn man sich anschaut, was er in seinem Institut und in der mit dem Institut assoziierten Firma macht, dann muss man feststellen, dass viel von dem, was praktisch umgesetzt wird, wiederum *Metabolic Engineering at its best* ist. In der Kooperation mit Novartis beispielsweise werden Impfstoffe entwickelt, Influenza-Impfstoffe, das ist eine tolle virologische und molekularbiologische Arbeit. Da kommen auch synthetische Gene drin vor, aber es ist nichts, was einen in irgendeiner Weise beunruhigen müsste.

Zu den ökonomischen Aspekten: Heute Morgen habe ich gehört, systemische Biologie ist eine

Vision, sie liegt noch weit weg, es wird noch lange dauern, bis Umsätze gemacht werden, bis wir in der Ökonomie, in der realen Wirtschaft ankommen, bis wir die Füße auf den Boden stellen können. Da möchte ich deutlich widersprechen. Das hängt ein bisschen an der Frage, wie wir Synthetische Biologie definieren. Wenn Sie akzeptieren, dass die Gensynthese eine Plattformtechnologie für die Synthetische Biologie ist, dann würde ich Ihnen zurufen: Allein in diesem Bereich werden mittlerweile mehrere hundert Millionen Umsatz pro Jahr weltweit generiert. Und wenn man die Endverbraucherumsätze mitberücksichtigt, die mit den Produkten, die auf synthetischen Genen, auf dieser neuen Form des *Metabolic Engineering* basieren, gemacht werden, dann bewegen wir uns gut und gerne im zweistelligen Milliardenbereich. Aus meiner Sicht ist all dies, was wir heute zusammenfassend – zu Recht oder zu Unrecht – als Synthetische Biologie bezeichnen, in der realen Wirtschaft angekommen und beflügelt sie. Wenn wir auf der Couch sitzend Nabelschau betreiben, müssen uns gut überlegen, ob wir diesen Prozess bremsen oder nicht lieber gut monitort, gut kontrolliert befördern möchten.

Ein Punkt, der gerade in der Einführung genannt wurde, ist das Thema Biosafety und Biosecurity. Wenn wir selbstkritisch auf das Thema Synthetische Biologie schauen, so halte ich es für sinnvoll, das Thema Biosafety, wie bei der ZKBS, auch im Kontext mit der Synthetischen Biologie aufzuhängen. Das Thema Biosecurity ist für mich aus der Perspektive der Company ein neues Thema gewesen. Ich kannte das in der Form aus der Hochschule nicht und bin da nicht ausgebildet worden. Biosecurity ist die Verwendung von Genen und Genprodukten unter dem Dual-Use-Aspekt. Dieses Thema sollte an die Hochschulen gebracht und die Wissenschaftler besser ausgebildet werden. Wir sind alle gut trainiert, was Biosafety angeht,

aber schlecht trainiert, was Biosecurity anbelangt.

Für unsere Firma ist es wichtig gewesen, hier Kontrollmechanismen zu incentivieren. Nichts könnte schlimmer sein, als wenn ein Antragsgen synthetisiert wird und in die falschen Hände gerät. Hier gibt es mittlerweile ein gutes juristisches Framework in Europa und in den Vereinigten Staaten. Ich wünsche mir, dass die Vorgaben noch präziser sind; es gibt die so genannten Dual-Use-Organismen, die sind in der Australian-Group-Liste aufgeführt. Es wäre sehr hilfreich, eine Ebene tiefer zu sagen: Das sind nicht nur die Organismen, sondern das sind tatsächlich die Gene, die mit der Pathogenität assoziiert sind, also quasi eine Black-List an Sequenzen zu haben, die man auch in Algorithmen einarbeiten und einspeisen kann. Genau das haben wir als Gründungsinitiator der IGC, also des Internationalen Gen-Synthese-Konsortiums, auf den Weg gebracht im Sinne und im Zuge einer Selbstkontrolle. Wer Mitglied dieses Konsortiums sein möchte, muss unterschreiben, dass er die von uns hinterlegten Sequenzen im Rahmen eines Screening-Protokolls berücksichtigt.

Im Interesse der Zeit möchte ich hier stoppen und den Rest der Diskussion überlassen.

(Applaus)

Diskussion mit dem Publikum

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Meine Damen und Herren, jetzt haben wir doch noch eine Stunde Zeit für eine Schlussdiskussion, bei der Sie selbst die Möglichkeit haben, Schwerpunkte durch Ihre Fragen oder Kurzkommentare mitzugestalten.

Frau Große

Mein Name ist Große. Es gibt eine Initiative: Kein Patent auf Leben. Das halte ich für ganz wichtig. Denn es kann nicht sein, dass die

Menschen hungern, aufgrund der Tatsache, dass andere Gewinn machen wollen. Ich weiß, dass es Initiativen gibt, die kritische Wissenschaften unterminieren, dass zum Beispiel jemand, der im Bereich Gentechnik zu mehreren Generationen von Ratten geforscht hat, vom Beruf her total geschädigt worden ist. Diese Sache wird auch in Studentenkreisen aktualisiert. Dass solche Sachen verhindert werden, dass Kritik unterminiert wird, das finde ich ganz wichtig.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Vielleicht darf ich noch eine kurze Frage zum Patent nachschieben, denn Pat Mooney hat diesen Punkt ja auch in seinem Beitrag stark gemacht. Hier gibt es möglicherweise ein Patentproblem, das Pat Mooney beschrieben hat. Viele Dritte-Welt-Staaten leben von der Verarbeitung, von der Produktion und vom Verkauf von Biomasse. Wenn es gelänge, diese Biomasse unter Umgehung der natürlichen Produktionsprozesse in den Dritte-Welt-Ländern identisch herzustellen, würden dann nicht Patentrechte auf diesen Bereich unter Umständen den Markt etwas schwieriger gestalten, weil ich dann für einen Rohstoff, den ich unpatentiert in den Dritte-Welt-Ländern herstellen kann, dann, wenn ich ihn technisch herstelle, impatentiert kriege? Könnte das nicht die Weltmarktstrukturen verändern, wie sehen Sie das?

Bernd Müller-Röber (acatech)

Das ist natürlich eine spezielle Situation. Pat Mooney, Sie hatten den Fall Vanille-Produktion angesprochen, wo die Vanille in bestimmten Ländern von der Landbevölkerung, aber auch mit internationalen Firmen sehr effizient verarbeitet und hergestellt wird, ohne Verwendung biotechnologischer Verfahren. Wenn jetzt eine deutsche Firma ein biotechnologisches Verfahren herstellt oder patentiert, um Vanille zu produzieren – wobei das nicht die natürliche Vanille ist, sondern nur ein Teilprodukt dessen, was man in der Vanille findet –, dann kann das

schon zur Verschiebung der Märkte führen. Das will ich nicht in Abrede stellen.

Dennoch: Wenn ein Wissenschaftler – egal ob er an der Universität oder an einer Firma ist – zum Beispiel ein Bodenbakterium isoliert und in diesem Bodenbakterium ein Enzym, ein Gen findet, das technologisch für einen bestimmten biotechnologischen Prozess zur Produktion einer Substanz relevant ist, die bisher nicht zur Verfügung stand, warum soll er dann nicht die Möglichkeit haben, die Funktionalität oder die Verwendung dieses Gens für diesen speziellen Fall zu patentieren oder ein Patent dafür zu erwerben? Denn er oder die Firma muss viel Geld investieren, um solche Gene zu identifizieren. Das schließt natürlich nicht aus oder sollte nicht ausschließen, dass, wenn ein anderer Wissenschaftler kommt und findet, dass dieses Gen für einen anderen biotechnologischen Prozess ebenso sinnvoll ist, dass er dann ein weiteres Patent darauf bekommt. Es darf nicht sein, dass ein Generalpatent geschaffen wird und jeder andere von der Nutzbarkeit einer solchen genetischen Information ausgeschlossen ist, sondern es geht immer um die spezifische Anwendung genetischer Information für einen spezifischen Prozess, und dann hat die Firma ein paar Jahre lang ihr Patent darauf.

Zur Verschiebung von Marktsituationen kann es natürlich in speziellen Fällen kommen. Das ist aber eine andere Diskussion, das ist kein Generalargument gegen Patente, sondern gegen ein Patent in dieser speziellen Anwendung. Der zweite Fall ist der, dass Gene benutzt werden, die ansonsten noch gar nicht identifiziert wurden und erst einmal ganz andere Märkte erschließen.

Pat Roy Mooney - ETC Group

OK. Wir vermischen hier Äpfel mit Birnen, denn ich halte Patente für problematisch und ich glaube ganz sicher nicht, dass sie Innovation fördern. Im Gegenteil, ich denke, sie hemmen den wissenschaftlichen Fortschritt, und ich kann

das auch belegen. Es gibt viele, die sagen, die Wissenschaft braucht keine spezielle Form von Unterstützung oder Schutz, aber unser heutiges System leistet das nicht.

Aber das andere Thema, das ich in der Diskussion über Vanille angesprochen habe, hat nichts mit Patenten zu tun, sondern es ist eine Tatsache, dass man eine Technologie von Madagaskar, wo die Vanille wächst, in ein Chemielabor nach Mannheim umsiedeln kann, was bedeutet, dass die Vanillebauern mit einem Mal arbeitslos sind. Es ist dieser plötzliche Wechsel, der mir Sorgen macht. Meiner Meinung nach ist das eine ethische Frage für unsere Gesellschaften. Wenn wir uns das Ziel der Technologie einmal ansehen – eine Palette von Geschmacks- und Duftstoffen im Wert von 20 Milliarden Dollar – und insbesondere Chemikalien und biologische Stoffe überall auf der Welt – dann könnten diese verschwinden. Wir haben die Verpflichtung, diese Realität für die betroffenen Menschen zu betrachten und eine Lösung zu finden. Die Lösung könnte dabei auch gut sein, dass die Bauern in Madagaskar etwas anderes anbauen, das für sie besser ist, und das Labor in Mannheim stellt die Vanille her. Das könnte am Ende durchaus so ausgehen, aber keine Überraschungen. In der Wirtschaft passiert sowas andauernd. Wenn die Wirtschaft sich einem Problem gegenüber sieht, dann wird alles erstmal aufgeschoben bis etwas Neues daherkommt und man alles ausgereizt und Lagerbestände angelegt hat und so weiter, und sich in die Lage versetzt hat, den neuen Wandel anzunehmen. Und so schafft man sich selbst diesen Zeitpuffer, wenn neue Technologien daher kommen. Ich finde, die Bauern in Dritte-Welt-Ländern haben dasselbe verdient.

Klaus Peter Rippe (EKAH)

Man muss hier unterscheiden: In der Tat geschehen solche Dinge in der jetzigen Anwendung des Patentrechts, vor allem des amerikanischen Patentrechts. Forschungsver-

änderungen finden wirklich statt. Man muss dann diskutieren, wie wir das Patentrecht ändern müssen, um solche negativen Effekte zu beheben und einzugrenzen. Das ist Gegenstand einer bereits seit zwanzig Jahren geführten Diskussion in verschiedenen Disziplinen, die sehr wichtig ist; wir müssen schauen, wie der Weg weitergeht. Ob kein Patent die Lösung ist, ist offen, weil man dann keine Motivationsanreize hat. Die Schwierigkeit liegt darin, hier diesen Mittelweg. Aber wir begeben uns auf sehr technisches Gebiet, da müssen wir vorsichtig sein; man müsste erst einmal erklären, entdecken, erfinden, was gemeint ist, und so weiter.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Das soll jetzt nicht der Schwerpunkt unserer Abschlussdiskussion sein. Ich habe jetzt noch zwei Punkte, Sie und Sie.

Herr N. N.

Es kann nicht sein, dass – da bin ich bei Herrn Mooney – zwei oder drei Firmen den Weltmarkt zu bestimmten Produkten kontrollieren. Wenn wir hier über Patentrecht sprechen, müsste man auch das Kartellrecht in die Diskussion hineinnehmen.

Rüdiger Stegemann (BUND)

Ich möchte noch einmal auf die Patente zu sprechen kommen, denn damit eng verknüpft ist die Frage von Entwicklungsrichtungen, Forschungsrichtungen und wer die Ziele bestimmt und was überhaupt die Ziele sind.

Erster Aspekten: Wir erleben in der Praxis auch des europäischen und deutschen Patentamtes – ich möchte nicht nur auf die böse USA schauen – eine Aufweichung und Ausdehnung der Entscheidungsgrundlagen der Patenterteilung. Das europäische Patentrechtübereinkommen ist Altpapier, gemessen an der Praxis des Patentamtes; niemand beaufsichtigt kontrollierend das Patentamt. Die Mitgliedstaatenkonferenz des EPÜ hat fast keinen Einfluss darauf und eine

Revision des Übereinkommens wäre dringend nötig. Was tun unsere Parlamentarier und die Mitgliedsregierungen da?

Wir sehen das zum Beispiel an der Konkurrenz zwischen der Patenterteilung in Deutschland und dem Sortenschutzrecht, wobei ich das Sortenschutzrecht hier nicht seligsprechen möchte, aber das hat schon eine andere Reichweite als ein Patent. Die Brokkoli-Entscheidung spricht hier Bände, dass über die Gentechnik hinaus längst in die konventionelle Züchtung hineingewirkt wird, was den Buchstaben der Europäischen Regelungen eigentlich widerspricht. Aber das Patentamt tut es, unter anderem aufgrund seiner Konstruktion, weil es seine Einnahmen aus Gebühren bezieht und nicht von den Mitgliedstaaten finanziert wird. Es tut mir leid, dass ich solche Details hier benenne, aber diese haben etwas mit Machtfragen zu tun.

Der zweite Aspekt ist: Ich möchte Patente in die Frage einreihen, welchem Zweck sie eigentlich dienen sollen. Der vorgebliche Zweck ist, dass sie Anreiz für Innovationen sein sollen. Frage: Haben wir eigentlich hinreichend danach gesucht, ob es Alternativen für Anreize für Innovationen gibt? Haben wir eigentlich genügend danach gefragt, ob es Alternativen für die Honorierung von Leistungen, die wir mit der Patentierung anerkennen, gibt? Gibt es vielleicht andere Systeme der Honorierung der Leistung und auch der Refinanzierung oder der laufenden Finanzierung von Innovation, die nicht mit restriktiver Verfügungsmacht verbunden sind?

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Uns ist sicherlich allen klar, dass sich diese Fragen nicht nur auf die Synthetische Biologie beziehen, sondern hier vielleicht neue Aktualität gewinnen können.

Peter Dabrock (Erlangen)

Vor dem Hintergrund, was Sie, Herr Stegemann, gerade gesagt haben, meine Frage an Pat

Mooney. Sie haben ausgeführt, dass man nicht nur darüber theoretisch nachdenken soll, was Synthetische Biologie ist, sondern auch darüber, welche Bedeutung das in einer global vernetzten Welt hat und welche Machtfragen damit zusammenhängen. Das ist ein extrem wichtiger Aspekt und ich bin Ihnen dankbar, dass Sie uns das nahegebracht haben.

Meine Frage an Sie: Warum verbinden Sie all das, was Sie gesagt haben, so eng mit der Synthetischen Biologie und sagen nicht einfach, ja, das ist natürlich ein Problem – und so habe ich Herrn Stegemann verstanden –, das weit darüber hinausgeht, aber man tut sich keinen Gefallen, wenn man das vor allen Dingen an die Synthetische Biologie knüpft? Deswegen meine Frage und Gegenthese: Bevor man diese wichtige Frage, die Sie an uns gestellt haben, beantwortet, muss man sich Rechenschaft darüber ablegen, was Synthetische Biologie ist und was nicht. Das haben Sie in Ihrem imposanten Report *Extreme Genetic Engineering* vor Jahren getan, bevor Sie jetzt diese zweite Frage gestellt haben. Deswegen meine Frage: warum diese Verknüpfung mit Synthetischer Biologie?

Pat Roy Mooney - ETC Group

Ich denke, darauf gibt es zwei Antworten. Die erste ist, dass man mich hier zu einem Seminar zum Thema synthetische Biologie eingeladen hat, und mir schiene es unhöflich, wenn ich dann nichts zu diesem Thema sage. Es ist ja das Thema, das hier auf der Tagesordnung steht, und diese Probleme beziehen sich ja auch tatsächlich auf die synthetische Biologie. Und Sie haben absolut Recht, sie beziehen sich natürlich genauso auf andere Technologien, und wir führen momentan auch dazu Gespräche. Die Regierungen bereiten sich auf den Gipfel Rio +20 im nächsten Jahr vor, und wir haben einigen Regierungen den Vorschlag unterbreitet, dass eine Kommission für Technologiebeurteilung auf UN-Ebene gebraucht wird,

sodass wir ein einigermaßen transparentes System zur Überwachung all dieser Technologien haben. Und damit wir kein Moratorium brauchen. Damit wir einen Prozess haben, mit dem wir Technologien in ihrer Entstehungsphase verfolgen können, und die Gesellschaft sich mit diesen Technologien anfreunden und Fragen dazu stellen kann. So hat jeder die Möglichkeit in etwa mitzukriegen, was gerade entwickelt wird. Natürlich haben wir in der wissenschaftlichen Forschung nie absolute Transparenz. Aber wir hätten dann genügend Transparenz, sodass die Leute Bescheid wissen und es innerhalb des Systems keine Überraschungen gibt. Und für die Gesellschaft, insbesondere in den Entwicklungsländern, die keine Kapazitäten zur Technologiebewertung haben - das ist übrigens etwas, was die Entwicklungsländer mit den USA gemein haben, die haben auch keine Kapazitäten zur Technologiebewertung... In Deutschland gibt es, Gott sei Dank, eine Stelle, aber wir brauchen ein solches Amt auf UN-Ebene. Und wir sagen, das gilt genauso für das Geoengineering wie für die Nanotechnologie oder Genomik oder Robotik, und so weiter. All diese Technologien sind unserer Ansicht nach mit derselben Problematik verknüpft, im Hinblick auf geistiges Eigentum und die anderen Probleme, die wir hier diskutieren.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Das heißt, wir sind in Deutschland auf dem Feld des Monitorings eigentlich schon in einem Prozess der Realisierung, wenn ich daran denke, dass auf Wunsch des Deutschen Bundestages Ende nächsten Jahres das Büro für Technikfolgenabschätzung einen Bericht über aktuelle Entwicklung auf dem Feld der Systembiologie erstellt. Deswegen brauchen wir in Deutschland das Thema Monitoring nicht so abstrakt zu diskutieren, sondern wir haben Strukturen und auch schon Entscheidungen, eine solche Informationsgrundlage für ge-

sellschaftliche Reflexion und für die Ermittlung möglicher Handlungsfelder in Deutschland zu erstellen. Da sind wir in Deutschland gut aufgestellt.

Das Thema Monitoring lässt sich in Deutschland leicht umsetzen. Die Frage ist nicht mehr, ob wir das überhaupt machen möchten, sondern ob wir geeignete Schritte haben. Allerdings gehört nach meinem Verständnis von Monitoring auch die Einbeziehung gesellschaftlicher Gruppen in diesen Prozess. Das Monitoring ist nicht nur eine Frage von Wissenschaft und vielleicht Ministerien, sondern muss offen für die Gesellschaft sein. Sicherlich könnten wir den Bereich Monitoring und das Thema Stakeholder-Involvement auch in Deutschland noch etwas positiver gestalten.

Sie nicken. Haben Sie dieselbe Einstellung, Herr Wagner?

Ralf Wagner (GENEART)

Ja. Wir haben in vielen Bereichen den Eindruck, dass wir in die gesellschaftliche und ethische Diskussion gut involviert sind. Wir haben die Diskussion zur biologischen Sicherheit selbst angestoßen. Ich habe den Eindruck, wir sind gut eingebunden.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Beim Thema Biosafety und Monitoring besteht in Deutschland eigentlich nicht nur Diskussionsbedarf, sondern es werden zum Teil schon Handlungsvorschläge umgesetzt.

Bernd Müller-Röber (acatech)

Das hatten wir vor zwei Jahren auch in unsere Stellungnahme hineingeschrieben. Noch einmal: Die ZKBS ist die richtige Einrichtung dafür, Synthetische Biologie, so wie wir sie heute machen, inhaltlich sachlich korrekt zu bewerten, weil es eben Gentechnik ist. In über 95 Prozent aller Fälle, wenn es zu großformatigen Änderungen kommt, also wenn ganze Genome eingebracht werden, muss man eventuell noch

auf einer anderen Ebene diskutieren. Aber die Personen, die in der ZKBS sitzen, sind genau für diesen Bereich trainiert und bringen das erforderliche Hintergrundwissen mit.

In dem anderen Fall, wo es um Technologien geht, die nicht die klassische Gentechnik betreffen, müssen wir in einer größeren Öffentlichkeit über das Thema sprechen und müssen andere Experten dazunehmen, die normalerweise nicht an diesem Tisch sitzen, um solche möglichen Probleme frühzeitig zu diskutieren.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Wir haben heute Morgen den Beitrag von Frau Professor Schwille gehört. Ist die Strategie, die sie dargestellt hat, ein Feld, das möglicherweise diese Fragen in der Zukunft aufwerfen könnte, im Sinne einer neuen Form der Risikobewertung?

Bernd Müller-Röber (acatech)

Wenn ich Frau Schwilles Arbeiten richtig verstehe, ist das zunächst ein Bakterium, das gentechnisch möglicherweise gar nicht verändert ist oder – ist es nicht verändert oder verändert?

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Bisher nicht, nein.

Petra Schwille (TU Dresden)

(unverständlich)

Bernd Müller-Röber (acatech)

Aber Sie bekommen doch die Proteine irgendwo her. Das meine ich – gut, also es sind einfach modifizierte Bakterien, die über das Gentechnikgesetz abgedeckt sind, das heißt, die ZKBS kann bewerten. Dann isoliert man diese Proteine und dann werden sie in vitro zusammengebracht. Solche Arbeiten hat man in ähnlicher Form bereits vor zehn, fünfzehn Jahren gemacht, als man auch isolierte Proteine genommen und in vitro nachgewiesen hat, dass bestimmte Prozesse funktionieren. Bei dem Beispiel, auf das ich hier rekurriere, geht es um den

Nachbau der circadianen, inneren Uhr, die auch Bakterien haben. Auf der Ebene sind das alles Sachen, die in das gentechnische Arbeiten hineinfallen. Da passiert nichts Neues. Es könnte etwas Neues passieren, wenn ein Chemiker in der Lage sein sollte, replizierende chemische Moleküle zu produzieren. Dieser Bereich wäre möglicherweise nicht mehr über das Gentechnikgesetz abgedeckt. Aber das, was Frau Schwille macht, sehe ich im Augenblick als vollständig durch das Gentechnikgesetz abgedeckt.

Petra Schwille (TU Dresden)

Ich sehe es genauso, es sind in der Tat keine modifizierten Bakterien. Wir sind auch echter Gentechnik noch relativ weit weg.

Aus diesen Kontext herausgenommen habe ich eine Verständnisfrage an Herrn Mooney. Eines der drängenden Probleme ist zum Beispiel die Energiegewinnung aus Biomasse. Wenn wir jetzt eine gute neue Möglichkeit finden, aus Biomasse Energie zu gewinnen, sollen wir dann immer bedenken, dass für Biomasse ein Erhaltungssatz gilt und dass wir es dann anderen Leuten wegnehmen? Habe ich das richtig verstanden? – Dann stellt sich allerdings die Frage, wie Sie Menschen, die in ihrem Land keine andere Möglichkeit haben, Energie zu gewinnen, so etwas verbieten möchten.

Pat Roy Mooney - ETC Group

Wir begrüßen Forschung im Bereich der Biomasse. Wir begrüßen es, dass die synthetische Biologie dabei helfen kann. So lange wie dabei, ich betone es nochmals, auch eine Diskussion darüber stattfindet. Das möchten wir gern sehen, und dass es ein klares Abkommen gibt, deshalb wird ja das Moratorium einberufen, und solange es Sicherheitsbestimmungen gibt, und im Moment gibt es die nicht. Und ich halte es für sehr gewagt anzunehmen, dass es irgendwann in Zukunft vielleicht so sein wird. Aber die Problematik mit der Biomasse ist, dass man uns

seit 2007 jedes Jahr erzählt, dass eine zweite Generation oder dritte Generation von Bioenergeträgern kommen wird, die das Problem des Wettbewerbs zwischen Autos und Menschen lösen werden. Und darauf warten wir noch immer. Das ist immer noch nicht in einer Weise eingetreten, die den Teilen der Welt hilft, die dazu aufgefordert werden, Pflanzen als Energieträger anzubauen anstatt als Nahrungsmittel. Wir sind der Auffassung, dass bei dem ganzen Prozess sichergestellt werden muss, dass Nahrungsmittel geschützt sind. Die Arbeit, die im Bereich der synthetischen Biologie von Firmen wie z. B. Amerist in Brasilien geleistet wurde, hat Unternehmen mehr unter Druck gesetzt, Agrarpflanzen als Energieträger anzubauen und nicht als Nahrungsmittel. Das ist gefährlich. Und das muss auch Teil der Diskussion sein. Wozu wird das Material verwendet? Es gibt einfach nicht genügend Biomasse auf dem Planeten, jetzt oder in absehbarer Zukunft, um den gesamten Bedarf an fossilen Brennstoffen abzudecken und fossile Kohlenstoffe durch lebendige Kohlenstoffe zu ersetzen. Das ist schlichtweg nicht möglich. Und doch sagt man uns, es sei möglich, aber das ist es nicht. Wir glauben, die Behauptung es sei möglich, ist falsch und darüber muss man diskutieren.

Sascha Dickel

Sascha Dickel, Universität Bielefeld. Ich möchte noch einmal auf die Themenbereiche Biosafety und Biosecurity zurückkommen. Es ist oft ein oft gehörtes Szenario in den Diskursen rund um Synthetische Biologie, dass es in absehbarer Zeit möglich sein wird, quasi in der Garage Synthetische Biologie zu betreiben, also in privaten Labors mit relativ geringem Ressourcenaufwand Dinge zu tun, die jetzt nur in großen Labors möglich sind. Betrachten Sie das als ein realistisches Szenario? Wann wäre es gegebenenfalls so weit? Wie müsste man dann Regulierung diskutieren, also ob dann

noch so etwas zu regulieren oder zu monitoren wäre?

Ralf Wagner (GENEART)

Meine private Einschätzung ist: Das ist ein unsägliches Szenario, ein solcher synthetischer Biologiebaukasten für wen auch immer, in der Garage oder für Kinder in Analogie zum Chemiebaukasten. Das ist nicht der richtige Weg und man sollte ein Regelwerk etablieren, um das zu vermeiden.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Aber Sie sehen da Handlungsbedarf?

Ralf Wagner (GENEART)

Ich sehe da definitiv Handlungsbedarf. Wir erkennen hier Tendenzen, ich weiß nicht, ob in Deutschland, aber definitiv in den Vereinigten Staaten. So etwas finde ich nicht gut und nicht richtig.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Es kann uns also auch nicht längerfristig beruhigen, dass, wie ich einmal gehört habe, 80 Prozent dieser BioBricks, weil sie eben nicht in standardisierten Verfahren entwickelt worden sind, als Tool im Forschungsbereich institutsübergreifend einsetzbar wären. Aber das ist wohl ein aktuelles Problem, das man schnell überwinden kann.

Pat Roy Mooney - ETC Group

Die Realität sieht heute so aus, dass Sie sich bei eBay einen Gen-Synthesizer kaufen können – zwar einen von sehr schlechter Qualität, wahrscheinlich zu einem Preis im Bereich von 400 Dollar, aber so können Sie selbst in diese Arbeit einsteigen und anfangen, Dinge herzustellen. Und Sie können sich Netzwerken und Gruppen in sozialen Medien anschließen und sagen: Okay, ich mach dieses Teil, du machst das Teil, und wir arbeiten zusammen und stellen daraus etwas her. Das Ganze ist noch extrem zeitaufwendig und sehr ineffektiv, aber es wird immer effizienter, also ist es möglich. Und wir

müssen uns bewusst sein, dass diese Problematik definitiv besteht.

Christopher Coenen

Christopher Coenen vom KIT. Meine Frage ist eine politische Fragen; möglicherweise würden Sie, Herr Catenhusen, die beste Antwort geben können, vielleicht auch Pat Mooney.

Wir haben einen Konsens, dass unter Beteiligung der Bevölkerung und vieler Stakeholder oder Interessengruppen über Emerging Technologies, neu entstehende Technologien verhandelt werden sollte, so zum Beispiel durch das Büro für Technikfolgenabschätzung oder diese sehr gute und gut besuchte Veranstaltung. Ich wäre der Letzte, das kleinzureden. Wir stehen aber immer wieder vor diesen Aufgaben stehen. Wäre es nicht sinnvoll, eine Art kontinuierliche Institution zu schaffen, die gleichzeitig demokratisch legitimiert ist? Sie, Herr Catenhusen, haben zum Beispiel auch die Nanokommission geleitet. Ist es wünschenswert, dass man eine permanente Institution hat, die sich damit befasst? Und dann: Auf welcher Ebene könnte das ansetzen? Im Moment gibt es gewisse Ansätze, zum Beispiel ist die ETC Group bei der Biodiversitätskonvention präsent gewesen, und alle möglichen Foren, EU, UN, auch nationale. Kann man nicht zumindest auf nationaler Ebene beginnen, eine Art permanente Institution zu schaffen? Oder halten Sie das für unrealistisch oder vielleicht für nicht wünschenswert?

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Ich möchte etwas zur deutschen Situation sagen. Meiner persönlichen Einschätzung nach muss man damit pragmatisch umgehen. Diese Veranstaltung setzt ein gewisses Startsignal, weil es die erste Veranstaltung in Deutschland ist, die auch ein Stück Stakeholder-Diskussion in seine Strukturen einbaut. Wenn sich die ZKBS mit den neuen Sicherheitsfragen beschäftigt und vielleicht auch neue Regulierungs-

ergänzungen vornehmen muss, entsteht natürlich die Frage, wie man die gesellschaftliche Transparenz und die Anfragen der Gesellschaft in diesen Prozess einbaut. Das muss man aber nicht mit Dauerinstitutionen machen. Es gibt aber Phasen in einer Technologieentwicklung, wo ein Klärungsbedarf helfen kann. Das sollte man auf diesem Feld pragmatisch diskutieren. Ich halte persönlich nichts davon, ein Oberwächteramt für neue Technologien zu schaffen, das völlig unabhängig von den spezifischen Eigenschaften einer solchen Technik der Wächter der Gesellschaft ist. Übrigens: Ein bisschen ist der Deutsche Ethikrat eine solche dauerhafte Institution.

(Lachen)

Pat Roy Mooney - ETC Group

Das sehe ich anders. Ich glaube, wir brauchen auf Ebene der Vereinten Nationen ein Amt zur Überwachung, Berichterstattung und Beratung über neue, in der Entwicklung befindliche Technologien. Diese Stelle sollte meiner Ansicht nach nicht die Entscheidungsbefugnis haben, eine Entwicklung verbindlich abzulehnen oder zu stoppen. Aber zumindest hätte sie die Kapazität zu sagen, dass etwas im Kommen ist. Es ist sehr bedauerlich, dass es zwar in Deutschland ein Amt für Technologiebeurteilung gibt, während Asien, Afrika und Lateinamerika fast ausnahmslos dafür keine Kapazität haben. Dabei kann es durchaus sein, dass gewisse Technologien zuerst in diesen Ländern eingesetzt werden, die keinen Zugang zu Informationen haben. Und das ist nicht vertretbar, und es muss einen Weg geben, das zu regeln. Es muss auf jeden Fall eine allgemein bekannte und befugte Stelle irgendeiner Art geben. Man kann Technologien nicht nur ab und zu beobachten, es muss einen kontinuierlichen Prozess dafür geben. Also muss man ganz klar einen solchen Prozess schaffen. Eines ist noch interessant: Bei der Problematik mit der Biomasse und der Besorgnis um die synthetische

Biologie ist es interessant, dass der wissenschaftlicher Unterausschuss der Artenvielfaltskonvention, bei dem ich letztes Jahr auf dem Treffen in Nairobi war – das sind insgesamt 190 Regierungen – einstimmig für ein Moratorium für synthetische Biologie gestimmt hat. Aber die Wissenschaftsvertreter wurden ein paar Monate später bei einem weiteren Treffen von den politischen Vertretern gestoppt. Damals ist das Ganze sogar fast durchgekommen. Und die Initiative dazu kam aus den Reihen der Länder, die jetzt, wie einige sagen, Biomasseenergie wollen: Asien, Afrika und Lateinamerika, und die sich große Sorgen darüber machen, was das für Konsequenzen für die Artenvielfalt und das Wohl der Menschen hätte, die heute von der Natur abhängig sind.

Klaus Peter Rippe (EKAH)

In der Schweiz gibt es inzwischen die durchaus bewährte Methode, dass einzelne Bundesämter oder auch Departements ad hoc solche Kommissionen schaffen. Allerdings legt man aus zwei Gründen sehr viel Wert darauf, dass es ad hoc bleibt: zum einen weil eine ständige Kommission eine starke Verflechtung von spezifischen Interessenvertretern und Verwaltung schafft. Es sind immer dieselben Player, die in bestimmten Entscheidungsprozessen mitwirken. Zum anderen steht in der Schweiz noch eine andere Form der Partizipation immer im Hintergrund, und das ist die Möglichkeit von Moratorien und Referenden. Aus diesen beiden Gründen wird es eingeschränkt. Die dauerhaften Kommissionen sind immer so konzipiert, dass ein Mitgliederwechsel stattfindet, um solche Gefahren zu verhindern.

Pat Roy Mooney - ETC Group

Ich möchte noch etwas berichtigen, das ich vorhin falsch wiedergegeben habe: Auf dem Treffen zur Artenvielfaltskonvention in Nairobi letztes Jahr haben sich zwei Länder gegen ein Moratorium ausgesprochen, und zwar Kanada und Mexiko. Die Vereinigten Staaten sind nicht

Mitglied der Artenvielfaltskonvention, und Kanada und Mexiko sind ihre Nachbarn, und sie sprechen im Namen der USA, selbst bei wissenschaftlichen Verhandlungen. Also haben sie sich dagegen ausgesprochen. Die Länder Europas waren alle dafür.

Bernd Giese

Bernd Giese, Universität Bremen. Ich möchte nach den vielen Fragen zu rechtlichen Aspekten noch einmal eine fachliche Frage stellen, vielleicht eher für die Naturwissenschaftler unter Ihnen, zu den Risikoaspekten, die heute schon angesprochen sind, wie Replikationsfähigkeit oder Evolutionsfähigkeit der Organismen. In der Biotechnologie haben sich in den letzten Jahren neben den zellbasierten Systemen die immobilisierten Systeme entwickelt, die zwei- oder dreidimensionalen immobilisierten Systeme. Sehen Sie da eine Chance, durch einen Strategiewechsel, auch wenn es vielleicht etwas teurer käme, bestimmten Risiken aus dem Wege gehen zu können?

Bernd Müller-Röber (acatech)

Die immobilisierten Systeme setzen sich in Teilbereichen der Biotechnologie mehr und mehr durch. Wir selbst nutzen sie stark, für bestimmte Anwendungen kann man sie durchaus einsetzen, und ich glaube, dass sie beispielsweise für bestimmte Biosynthesewege oder bestimmte Produktionswege durchaus eine Alternative zu echten lebenden Bakterien oder anderen Mikroorganismen sein können.

Ich glaube nicht, dass sie in absehbarer Zeit alles, was heutzutage Mikroorganismen durchführen, ersetzen können, dass man sie als Alternative nutzen kann. Ich glaube aber schon, dass man einen Teil auf reine In-vitro-Systeme umbauen können. Dennoch erfordert es am Ende immer, dass ich irgendwo eine Quelle habe für das, was ich auf einen Biochip oder in eine dreidimensionale Struktur einbaue, dass ich das aus irgendeinem anderen Mikro-

organismus erst einmal heraushole. Das ist ein Biomolekül. Normalerweise habe ich viele Biomoleküle, die in der zwei- oder dreidimensionalen Struktur angeordnet werden, damit sie ihren Prozess durchführen. Diese Biomoleküle muss ich aus Mikroorganismen isolieren, und die sind in der Regel aus Gründen der Optimierung genetisch verändert.

Wolf-Michael Catenhusen (DER)

Weitere Fragen oder Kommentare? – Meine Damen und Herren, wir sind an einem langen Tag unterwegs und für unser Wohlbefinden ist es vielleicht nicht schlecht, wenn wir jetzt die Veranstaltung beenden. Der Ehrgeiz einer Veranstaltung muss nicht immer darin liegen, dass man um eine halbe Stunde überzieht.

(Applaus)

Schlusswort

Wolf-Michael Catenhusen · Mitglied des Deutschen Ethikrates

Meine Damen und Herren, zum Schluss möchte ich einige Ausführungen machen, die auch die Frage berühren, die Sie womöglich an uns haben: Welche Bedeutung hat diese Veranstaltung für den Deutschen Ethikrat? Wie relevant ist dieses Themenfeld für den Deutschen Ethikrat?

Wir haben heute eine Diskussion um die Frage geführt: Ist jetzt der richtige Zeitpunkt, sich mit gesellschaftlichen Folgen und Implikationen der Synthetischen Biologie, eines neuen Forschungsfeldes zu beschäftigen? Dazu haben wir sehr unterschiedliche Stimmen gehört. Das eine: Dieses Forschungsfeld ist noch dabei, sich zu organisieren, es ist im Aufbau, die fächerübergreifende Vernetzung findet zunehmend statt. Auf der anderen Seite hat Pat Mooney uns darauf hingewiesen, dass es wie in allen neuen Forschungsfeldern auch hier Felder gibt, die

schon vor der Definition dessen, was Synthetische Biologie sein soll, an der Arbeit waren, und dass es hier schon Produkte und Produktionsfelder gibt, die bereits mit Milliardenumsätzen weltweit verbunden sind.

Daraus kann ich ableiten: Offensichtlich ist der Zeitpunkt richtig gewählt. Es gibt hier keinen Zeitpunkt des Früh-genug, denn die Frage ist: Wie kann man eine neue Wissenschaft bewerten, wenn man noch nichts über sie weiß? Konturenmäßig ist klar, was die Entwicklungsperspektiven der nächsten Jahre auf diesem Forschungsfeld sind.

Interessant war für mich die Beobachtung, dass in der Frage, die heute Morgen aus dem Publikum gestellt worden ist, nämlich was sich in den nächsten zehn bis fünfzehn Jahren tun könnte, alle Diskutanten es vermieden haben, hier dezidierte Einschätzungen vorzunehmen. Der Vortrag von Frau Schwille beinhaltet durchaus eine Zeitperspektive von zehn Jahren und mehr, denn das, was sie sich vorgenommen hat, sollte bis in die Produktentwicklung hineingehen, und das ist sicherlich eine Frage von zehn Jahren und mehr. Zur Frage des richtigen Zeitpunktes: In diesem Prozess einer Wissenschafts- und Technikentwicklung stehen wir nicht mehr ganz am Anfang, aber es besteht noch viel Klärungsbedarf.

Der zweite Punkt ist die Frage der Definition. Wir haben heute keine Definition erarbeitet. Aber es ist deutlich geworden, dass hier ein neues Forschungsfeld im Aufbau ist, das – ähnlich wie andere Forschungsfelder – noch um die Abgrenzung und die Verständigung ringt. Wenn ich an die Diskussion in den Achtzigerjahren über die Definition, was Biotechnologie ist, denke oder wenn ich heute an die Diskussion darüber denke, was Nanotechnologien sein sollen, oder nehmen wir alle Wissenschaftsfelder, die an der Schnittstelle zwischen verschiedenen Disziplinen entstehen, dann stellt sich die Frage, wie ich eigentlich das, was

dieses neue Forschungsfeld explizit ausmacht, Leben, definieren kann.

Damit ist auch deutlich, dass unsere Verständigung darüber, was der Kern und das wirklich Neue der Synthetischen Biologie sein könnte, in dieser Gesellschaft und weltweit noch nicht abgeschlossen ist. Das ist sicherlich eine der Hauptaufgaben auch eines Monitorings: die weitere Konturierung und Profilierung dieses Forschungsfeldes zu begleiten und so früh wie möglich die Frage zu beantworten, was hier als Potenzial einer neuen Eingriffstiefe, einer neuen Qualität des Eingriffs des Menschen in die Natur, auch in biologische, in lebendige Systeme denkbar und vielleicht schon da ist.

Zur Hype-Diskussion: Unser Referent hat gesagt, dass das kommen wird, aber dass der Hype auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie noch nicht so weit entwickelt ist, wie wir es in anderen Feldern schon erlebt haben. Bei diesem Thema befinden wir uns noch in der Frühphase eines gesellschaftlichen Hypes; das wird auch durch empirische Untersuchungen oder durch die Auswertung der Presse bestätigt.

Die Frage ist, welche Verantwortungsfragen sich jetzt für die Wissenschaft und die Gesellschaft auf dem Feld der Synthetischen Biologie stellen. Das eine ist wiederholt angemahnt worden: die Frage des Monitorings. Wie können wir die Entwicklung dieses Wissenschaftsfeldes entsprechend transparent gestalten und damit auch der Gesellschaft oder dem interdisziplinären Diskurs innerhalb der Wissenschaft so früh wie möglich die Chance geben, Anfragen an diese Wissenschaft zu stellen? Diese Anfragen reichen von der Frage möglicher neuer Sicherheitsrisiken über die Dual-Use-Problematik bis hin zur Frage eines verantwortlichen Beitrags der Synthetischen Biologie zu gesellschaftlichen Bedarfsfeldern, das heißt, auch zur Frage, was eigentlich Schwerpunkte einer sinnvollen Forschungs- und Entwicklungsstrategie auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie sein können.

Diese Art des Monitorings haben wir in Ansätzen in Deutschland. Sie könnten aber und müssten sicherlich noch systematischer entwickelt werden, mit der Zielsetzung, auf dem Feld der Synthetischen Biologie ein vom Precautional Principle getragenes Vorgehen zu etablieren, was sich derzeit durch Unübersichtlichkeit und Wissenslücken bei der Beantwortung bestimmter Fragen auszeichnet. Das ist die übliche Situation auf neuen Forschungsfeldern, und hier stellt sich die Frage des angemessenen Umgangs.

Das eine Tool wurde genannt: die Frage, ob ein Forschungsmoratorium ein sinnvolles Tool in diesem Vorgehen ist oder ob nicht eher die Transparenzherstellung und das Monitoring eine angemessene Umgangsform darstellt. Zu denken ist hier auch an die Etablierung einer Begleitforschung, die dabei hilft, so früh wie möglich notwendiges Wissen über mögliche Risiken oder Gefahren für Mensch und Umwelt aufzudecken und die Frage zu beantworten, wo Grundrechte des Menschen betroffen sein könnten und wo aus ethischen Gründen Grenzen der Anwendung dieser Technologie gezogen werden könnten.

Interessant war heute, dass wir uns de facto mit dem Feld der Mikroorganismen beschäftigt haben, denn alle Beispiele, die heute genannt worden sind, beziehen sich auf die Anwendung der Synthetischen Biologie auf dem Feld der Bakterien, der Pilze, etwa von Hefe. Nicht geklärt wurde die Frage, wie die Gesellschaft eigentlich mit Leben umgeht. Wir haben auf der einen Seite eine klare Differenzierung in unserem gesellschaftlichen Verständnis von Umgang mit Leben, dass wir dem Menschen eine eigene Würde zumessen, indem wir unter dem Stichwort Tierschutz bestimmte Lebensformen unter einen besonderen Schutz der Gesellschaft des Menschen stellen. Es wird bereits diskutiert, etwa in der Schweiz, ob auch für die Pflanzenwelt moralische Statusfragen gelten.

Wir stehen sicherlich auf Dauer vor der Frage, ob wir auch den Bereich der Mikrobiologie mit ethischen Grundsatzfragen versehen. Das haben wir in den letzten Jahrzehnten nie getan, zum Beispiel beim Umgang mit Bäckerhefe, die seit Jahrhunderten als technisches System vom Menschen praktiziert wurde, dann als Produktionsstamm in die industrielle Biotechnologie übergegangen ist und jetzt Objekt von Arbeiten der Synthetischen Biologie wurde. Die Frage ist, ob wir nicht doch, vorangetragen durch die Synthetische Biologie, zu einer Abklärung dessen kommen, was wir unter Leben verstehen, dass wir doch eine deutliche Abgrenzung vornehmen zwischen dem Bereich der Mikroorganismen, dem, was wir unter Tierschutz verstehen, und dem Bereich des Schutzes der Menschenwürde. Das heißt, dass wir zu einem drei- oder zweistufigen System vielleicht eine klarere Aussage machen und damit nicht am Beispiel der Bakterienkonstruktion grundsätzliche ethische Fragen aufwerfen. Diese Frage stellt sich für mich nach dieser Diskussion noch etwas unmittelbarer als vor dieser Tagung.

Der Aspekt, dass es eigene Spielregeln gibt, ist in der biologischen Sicherheit längst geklärt, denn die Fragen von Biosafety sind im Bereich der Produktionsstämme, die die industrielle Biotechnologie verwendet, kein großes Thema mehr. Da gibt es klare Verfahrensregelungen, wie solche Produktionsstämme unter Sicherheitsaspekten bewertet werden. Dies umfasst die Freisetzungsfrage; das ist das De-facto-Moratorium, das wir haben.

Die Freisetzungsfrage stellt sich in den Forschungsprogrammen, die hier in Deutschland und in Europa anstehen, offenkundig aktuell nicht. Die vorsichtige Form, in der auch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und acatech in ihrer Stellungnahme angedeutet haben, dass die Freisetzungsfrage – das betrifft die Arbeit der Synthetischen Biologie an Organismen, etwa an Pflanzen oder Tieren oder

auch an Krankheitserregern – neue Verantwortungsfragen aufwirft, führt derzeit dazu, dass wir ein faktisches Nichthandeln auf dem Gebiet der Freisetzung haben. Das heißt, die Frage eines Moratoriums für die Freisetzung von mit Synthetischer Biologie behandelten und bearbeiteten Organismen ist aktuell nicht relevant.

Der Deutsche Ethikrat hat nicht vor, einen Report zu diesem Thema zu erstellen. Das hat auch etwas mit einer pragmatischen Arbeitsteilung mit dem Büro für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages zu tun. Es macht wenig Sinn, hier in Doppelarbeit zu investieren. Außerdem gibt es deutliche Stimmen im Deutschen Ethikrat, die sagen, dass dieses Thema eigentlich zu früh ist, um einen umfangreichen Report über die aktuelle Entwicklung auf dem Gebiet der Synthetischen Biologie zu erstellen. Wir werden aber in der kleinen Arbeitsgruppe auch in Auswertung dieser Tagung überlegen, ob – das sage ich bewusst – wir dem Deutschen Ethikrat vielleicht einen Vorschlag unterbreiten, einige Punkte, die für die weitere Arbeit auf dem Forschungsfeld der Synthetischen Biologie aus der Sicht eines Ethikrates zu beachten sind. Das ist aber noch eine offene Frage, denn darüber muss erst einmal der Ethikrat befinden, ob wir eine solche kleine Stellungnahme vornehmen.

Ich darf mich jetzt bei allen, bei den Referentinnen und Referenten des heutigen Tages, bei den Diskutantinnen und Diskutanten für die lebhafteste und informative Diskussion über die aktuellen Verantwortungsfragen auf dem Themenfeld der Synthetischen Biologie bedanken. Ich darf mich vor allem auch beim Büro des Deutschen Ethikrates herzlich bedanken für die thematisch wie auch organisatorisch exzellente Vorbereitung dieser Tagung des Deutschen Ethikrates hier im süddeutschen Mannheim. Ich wünsche Ihnen allen ein gutes Nachhausekommen. Danke schön.

(Applaus)