



Synthetische Biologie

Von der Gentechnologie zur Synthetischen Biologie –
neue Chancen, neue Risiken?

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen einer gemeinsamen Tagung
der Akademie der Naturwissenschaften Schweiz und der
Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften vom
2. November 2010 in Bern

sc | nat 

Science and Policy
Platform of the Swiss Academy of Sciences
Forum for Genetic Research

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences

Weshalb eine Tagung?

Im Frühjahr 2010 ging die Nachricht um die Welt, dass erstmals das Erbgut eines Bakteriums vollständig synthetisiert worden sei; einzelne Fachleute setzten diesen Schritt mit der künstlichen Schaffung von «Leben» gleich (Gibson et al., 2010). Diese Meldung warf ein Schlaglicht auf das Forschungsgebiet der Synthetischen Biologie. Doch was ist Synthetische Biologie überhaupt? Welche Aspekte sind neu und legen eine Abgrenzung zur herkömmlichen Gentechnologie – dem gezielten Eingriff in das Erbgut eines Lebewesens – nahe? Wie kann erreicht werden, dass erwünschte Chancen des neuen Forschungsfeldes genutzt und allfällige Risiken minimiert werden können?

Vor diesem Hintergrund haben die Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT) und die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) im Herbst 2010 Interessierte und Institutionen aus Forschung, Bildung, Wirtschaft, Verwaltung und NGOs zu einer «Séance de Réflexion» eingeladen. Ihr Ziel war es, Fragen zu identifizieren, die sich angesichts der Synthetischen Biologie stellen und anhand des aktuellen Wissens mit fokussierten Diskussionen mögliche Antworten auf die Fragen zu finden.

2010, erste vollständige Synthese des Erbgutes eines Bakteriums – künstliche Schaffung von Leben?

Fachleute aus der Schweiz und dem Ausland legten mit Input-Referaten die Basis für vertiefende Reflexionen zu technisch-wissenschaftlichen, ökonomischen, ethischen, aber auch forschungs- und gesellschaftspolitischen Implikationen der Synthetischen Biologie. Die Reflexionen aus der Tagung sind in einem detaillierten Bericht gebündelt und werden hier kurz zusammengefasst. Der ausführliche Bericht ist auf www.geneticresearch.ch erhältlich.





Was ist Synthetische Biologie?

Dank der Informationstechnik arbeitet die Biologie seit einiger Zeit vermehrt mit Modellierungen. An Stelle von Beobachtungen tritt der eigene Entwurf und es werden vermehrt Analogien zwischen biologischen und technischen Systemen gemacht. Die Synthetische Biologie gliedert sich an der Schnittstelle der Biologie und der Ingenieurwissenschaften ein.

Die methodischen Grundlagen stammen aus der Molekularbiologie und werden mit Techniken der organischen Chemie, der Ingenieurwissenschaften, der Nanotechnologie und der Informatik kombiniert. Das Ziel der Synthetischen Biologie ist es, in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Fachpersonen der Biologie, Chemie, Ingenieurwissenschaft und Informatik biologische Systeme zu erzeugen, die in der Natur nicht vorkommen. Es werden künstliche, biochemische Systeme in Mikroorganismen integriert, die dadurch definierte Produkte erzeugen. So können biologische Systeme derart verändert werden, dass in ihnen Syntheseprozesse ablaufen, die bestimmte Eigenschaften ausweisen. Charakteristisch ist, dass Organismen auf ihre notwendigsten Systemkomponenten reduziert werden und als Rahmen für den Einbau von Teilen dienen, die biologische Schaltkreise erzeugen. Dank einer Neukombination von Genen aus drei Wirten in der Bäckerhefe wird zum Beispiel Artemisinin, eine Vorstufe eines Malaria-Medikamentes, erzeugt.

Die methodischen Grundlagen stammen aus der Molekularbiologie und werden mit Techniken der organischen Chemie, der Ingenieurwissenschaften, der Nanotechnologie und der Informatik kombiniert. Das Ziel der Synthetischen Biologie ist es, in interdisziplinärer Zusammenarbeit von Fachpersonen der Biologie, Chemie, Ingenieurwissenschaft und Informatik biologische Systeme zu erzeugen, die in der Natur nicht vorkommen. Es werden künstliche, biochemische Systeme in Mikroorganismen integriert, die dadurch definierte Produkte erzeugen. So können biologische Systeme derart verändert werden, dass in ihnen Syntheseprozesse ablaufen, die bestimmte Eigenschaften ausweisen. Charakteristisch ist, dass Organismen auf ihre notwendigsten Systemkomponenten reduziert werden und als Rahmen für den Einbau von Teilen dienen, die biologische Schaltkreise erzeugen. Dank einer Neukombination von Genen aus drei Wirten in der Bäckerhefe wird zum Beispiel Artemisinin, eine Vorstufe eines Malaria-Medikamentes, erzeugt.

Biologische und technische Systeme werden miteinander verbunden.

Wo kann die Synthetische Biologie eingesetzt werden?

Das wirtschaftliche Potenzial der Synthetischen Biologie wird in den Bereichen der pharmazeutischen und chemischen Industrie, aber auch in der Agrochemie als beträchtlich eingeschätzt, kann aber zurzeit noch nicht beziffert werden. Für den Energiesektor sind Produktionsverfahren mittels Synthetischer Biologie für Biotreibstoffe eine interessante Alternative zu den herkömmlichen Verfahren, die es potenziell erlauben, Biotreibstoffe ohne die Konkurrenzierung der Produktion von Nahrungsmitteln herzustellen. Auch in der Bioremediation – dem Abbau von Verschmutz-

zungen oder Abfall durch Mikroorganismen – kann die Synthetische Biologie für die gezielte Entwicklung von Mikroben bedeutend sein. Sie schafft auch gute Voraussetzungen, um Lebensmittel aufzuwerten oder für spezielle Diäten zu verändern.

Wie bewertet die Soziologie die Technik – Welche ethischen Fragen werden diskutiert?



Die Ethik hinterfragt das Ziel, «neues Leben» herzustellen und diskutiert den moralischen Status von Produkten der Synthetischen Biologie.

Aus wissenschaftssoziologischer Sicht ist die Synthetische Biologie interessant, weil technologische, wissenschaftliche und ökonomische Praktiken verbunden werden und interdisziplinäres Arbeiten voraussetzen. Die Synthetische Biologie als Disziplin steht noch am Anfang eines Entwicklungsprozesses und ist daher geeignet, um zu untersuchen, wie wissenschaftliches Wissen und eine neue Technologie entstehen und wie diese von der Gesellschaft aufgenommen werden. Ethische Fragen, die sich zur Synthetischen Biologie stellen, umfassen einerseits das Ziel, «neues Leben» herzustellen und andererseits Fragen zur Anwendung und den damit verbundenen Risiken für Individuen, Gesellschaft und Umwelt. Ebenfalls stellen sich Fragen der Verteilung und des gerechten Zugangs zu Erzeugnissen der Synthetischen Biologie. Der moralische Status von Produkten der Synthetischen Biologie muss eigens diskutiert werden. Eine ethische Diskussion der Synthetischen Biologie wird sich von derjenigen der herkömmlichen Gentechnologie unterscheiden, da die Betrachtung der Organismen als «Modelle» oder deren Vergleich zu Maschinen im Vordergrund steht und die Diskussion in einem anderen gesellschaftlichen und historischen Rahmen stattfindet.

Welches sind die Risiken, die staatlichen Regulierungen?



Aktuell gelten für die Synthetische Biologie dieselben staatlichen Regulierungen wie für die Gentechnologie. Es gilt zu prüfen, ob Risikountersuchungen notwendig und Vorkehrungen zum Schutz des geistigen Eigentums in der Synthetischen Biologie zu treffen sind. Ebenfalls ist zu klären, welche Massnahmen der Staat ergreifen soll, um die Synthetische Biologie zu fördern und zu lenken. Bei der Beurteilung der Gefahren ist zu beachten, dass bei der Synthetischen Biologie – anders als bei der Gentechnologie – durch das Zusammenfügen von Einzelteilen zu einem Organismus kein funktional äquivalenter Organismus existiert, der als Referenz dienen kann, was die Risikoabschätzung erschwert. Da die Synthetische Biologie aber oft auf die Konstruktion von Minimalzellen zielt, die auf spezifische Bedingungen abgestimmt sind und in der natürlichen Umgebung nicht überlebensfähig sind, wird das Risiko verringert. Zusätzlich erlangen die Forscher durch den Bau von artifizierlicher Desoxyribonukleinsäure (DNA) Sicherheit, da sich die synthetischen Organismen nicht mit natürlichen Organismen kreuzen können.

Was sind die Schlussfolgerungen der Tagung?

- Die Synthetische Biologie steht ganz am Anfang ihrer Entwicklung und ist noch im Begriff sich zu definieren. Sie wird als Weiterentwicklung der Gentechnologie gesehen und nicht als etwas grundsätzlich Neues.
- Gelingt es, die Synthetische Biologie zu einer kostengünstigeren, effizienteren und zielsichereren Arbeitsweise zu führen, ist ihr wirtschaftliches Potential beträchtlich.
- Als Neuheit gilt die Interdisziplinarität, die verschiedene Fachgemeinschaften vereint und diese zu einer gemeinsamen Sprache finden lässt.
- Die Vorgaben, die mit Blick auf gentechnische Anwendungen zur Wahrung der biologischen Sicherheit erarbeitet wurden, sind zum jetzigen Zeitpunkt für die Synthetische Biologie ausreichend.
- Als Kriterium für die Beurteilung der veränderten oder neu geschaffenen Organismen sollten eher deren Eigenschaften dienen und weniger die Gene.

- Die Ethik gebietet es, die Technologie nicht nur aus professionellem Blick zu beurteilen, sondern auch den Wertmassstäben der Öffentlichkeit Rechnung zu tragen.
- Aus ethischer Sicht stellen sich zurzeit keine Fragen, die nicht schon im Zusammenhang mit der Gentechnologie behandelt werden. Sollte es der Synthetischen Biologie indes gelingen, tatsächlich neuartige Lebensformen zu erzeugen, wäre deren moralischer Status zu klären.
- Im Gegensatz zu anderen Ländern in Europa wird in der Schweiz die sozialwissenschaftliche Begleitforschung kaum unterstützt. Erfahrungen aus Grossbritannien zeigen aber, dass diese zum verbesserten Dialog mit der Öffentlichkeit beiträgt, die Interdisziplinarität begünstigt, in den Naturwissenschaften selbst zu Wissensgewinn führt und einen gesellschafts- und wissenschaftspolitischen Mehrwert schafft.
- Für die Verständigung unter den beteiligten Wissenschaftszweigen und für den Dialog mit der Bevölkerung sind Sprache und Wortwahl von grosser Bedeutung. Gewagte Metaphern oder allzu optimistische Versprechungen sind zu vermeiden.

Gibson, DG. et al. (2010) Creation of a bacterial cell controlled by a chemically synthesized genome. *Science* 329, 52-56



Autoren: Lucienne Rey, Adrian Rügsegger, Pia Stieger

Review: Sibylle Ackermann, Anna Deplazes, Daniel Gygax, Markus Huppenbauer, Martine Jotterand, Monika Kurath, Patrick Matthias, Stefan Nussbaum, Sven Panke, Markus Schmidt

Kontakt: Forum Genforschung
Akademie der Naturwissenschaften Schweiz (SCNAT)
Schwarztorstrasse 9, 3007 Bern
www.geneticresearch.ch