

Synthetic Biology

Fotos: M. Jotterand

Synthetic Biology ist ein neues Forschungsgebiet, das Elemente der Gentechnik, Nanotechnologien und Ingenieurwissenschaften verbindet. Anwendungen der Synthetic Biology sind viel versprechend und zukunftsweisend. Fragen zu Sicherheit, rechtlichen Leitplanken und ethischen Grundsätzen sind wichtig und werden mit einbezogen.

Was ist Synthetic Biology?

In der Synthetic Biology werden Methoden der Zell- und Molekularbiologie mit Verfahrensweisen aus den Ingenieurwissenschaften verbunden. Dies erlaubt, biologische Systeme mit neuen Methoden zu studieren. Zudem können Organismen hergestellt werden, die natürlicherweise nicht vorkommende Eigenschaften haben. Es geht darum, die minimalen Anforderungen für Lebensvorgänge wirklich zu verstehen. Als Leitgedanke dient: «Sie haben etwas erst dann vollständig verstanden, wenn Sie es selbst zusammenbauen können».

Die Synthetic Biology verfolgt unterschiedliche Ansätze: So werden etwa einfache Organismen (z.B. Bakterien) auf das «bare Minimum» reduziert, indem ihnen Gene weggenommen werden. Oder es werden ihnen mehrere Gene für einen neuen Stoffwechselweg eingebaut. Ebenfalls wird versucht, aus Genen frei kombinierbare Standard-Bausteine mit unterschiedlichen Funktionen herzustellen. Diese Standard-Bausteine könnten dann zu Organismen mit neuen Eigenschaften zusammengefügt werden – ähnlich der Konstruktion eines elektrischen Schaltkreises aus seinen verschiedenen Bestandteilen.

Die Grenzen zu andern Wissenschaftszweigen wie der Gentechnik, der Züchtung von Geweben (Tissue Engineering) oder den Nanotechnologien sind fließend. Im Unterschied zur bisherigen Gentechnik wird hier nicht nur ein einzelnes Gen verändert oder neu in einen Organismus eingeführt. Die Änderungen sind tiefer greifend und betreffen oft eine Vielzahl von Genen.

Anwendungsmöglichkeiten der Synthetic Biology

Ideen zu Anwendungen der Synthetic Biology gibt es viele. Welche eines Tages realisiert werden können, ist heute unklar. So wollen Forschende künstliche Organismen einsetzen, um Krankheiten zu diagnostizieren und behan-

deln zu können, erneuerbare Energie und Werkstoffe zu produzieren sowie Chemikalien und Schadstoffe in der Umwelt aufzuspüren. Wenn es gelingen würde, mehrzellige «Miniorganismen» herzustellen, könnten beispielsweise fehlerhafte Funktionen kranker Organe wieder hergestellt werden. Ein künstliches Herz könnte etwa mit einer angepassten Zellauskleidung besser verträglich gemacht werden.

Hier zwei Beispiele aus der aktuellen Forschung:

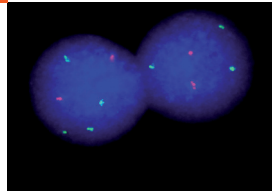
Es gibt Medikamente, deren Herstellung nach herkömmlicher Art und Weise nicht möglich oder nicht wirtschaftlich ist. Mit Hilfe künstlicher Organismen sollen aus einfachen Zuckermolekülen wie Traubenzucker in grossem Massstab pharmazeutisch wirksame Zuckerstrukturen hergestellt werden.

Die Produktion des Malariamittels Artemisinin soll dank Synthetic Biology billiger werden. Artemisinin kommt im einjährigen Beifuss (*Artemisia annua*) vor. Die Gewinnung des wirksamen Malariamittels ist aufwändig und dadurch nicht wirtschaftlich. Mit Methoden der Synthetic Biology will man Artemisinin günstiger produzieren, damit es in Malariagebieten breit eingesetzt werden kann. Dazu wurde ein Darmbakterium mit einer ganzen Gruppe von Genen versehen. Damit ist das Bakterium in der Lage, eine Vorstufe von Artemisinin zu produzieren.

Wie steht es mit der Sicherheit?

Synthetic Biology ist der Gentechnologie ähnlich und kann als ein Teilgebiet derselben angesehen werden. Für die Bewertung des Risikos gelten deshalb dieselben Kriterien wie für die Gentechnologie. Folgende Fragen sollten deshalb *fallweise* untersucht werden: Welche Funktion haben die neuen biologischen Systeme? Was können sie bewirken? Könnten sie sich in der Umwelt selbstständig vermehren? Können sie Zellen anderer Lebewesen infizieren und sich dort vermehren? Führt die Neukombination der Gene zu unerwarteten Effekten?

Die heutigen Entwicklungen der Synthetic Biology sind allesamt für den Einsatz in Laboratorien oder chemisch-pharmazeutischen Anlagen gedacht. In der bisherigen gentechnologischen Praxis haben sich solche Systeme unter den Auflagen des Gentechnikgesetzes und der Einschliessungsverordnung als sicher erwiesen. Entwickelt werden vor allem



veränderte Viren und Bakterien. Bakterien können sich selbst vermehren. Die meisten sind Nützlinge (z.B. Joghurtproduktion, Wasserreinigung in der Kläranlage), einige aber gefährliche Krankheitserreger (z.B. Tuberkulose, Anthrax). Viren dagegen können sich nur in Zellen anderer Lebewesen vermehren. Meist zerstören sie dabei diese Zellen, weshalb sie streng genommen immer «Krankheitserreger» sind.

Gelangen veränderte derartige Organismen trotz rigoroser Vorsichtsmassnahmen in die Umwelt, könnten aus ihnen prinzipiell neue Krankheitserreger entstehen. Je unterschiedlicher aber ein neuer Organismus zu natürlichen Lebensformen ist, desto weniger wahrscheinlich ist eine Vermehrung ausserhalb des Labors. Zur Erhöhung der Sicherheit können sich selbst vermehrende biologische Systeme z.B. so konstruiert werden, dass sie einen Nährstoff benötigen, der in der Natur nicht vorkommt, oder dass die Gene in natürlichen Organismen nicht funktionieren können. Generell ist die Schaffung künstlicher Organismen nicht riskanter als die Einschleppung neuer Arten in ein Ökosystem, der Umgang mit natürlichen Krankheitserregern oder die bisherige Gentechnik.

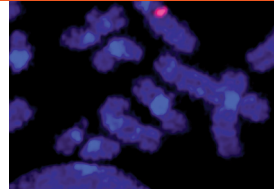
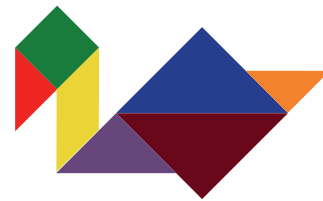
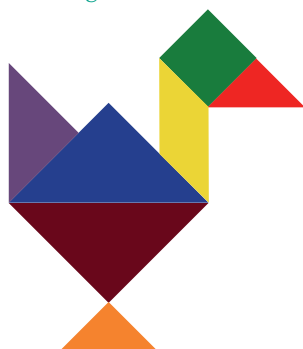
Zukünftige Entwicklungen synthetischer Organismen für den Einsatz an Patienten oder in der Umwelt müssen gut auf ihre Sicherheit hin geprüft werden. Wie bei natürlichen Krankheitserregern oder bisherigen gentechnisch veränderten Organismen sind experimentelle Untersuchungen sowie gut kontrollierte klinische Tests oder Freisetzungsversuche unerlässlich, um genaue Aussagen zur Sicherheit machen zu können.

Die Möglichkeit einer missbräuchlichen und kriminellen Anwendung der Synthetic Biology, wie etwa für Bioterrorismus, ist gering. Unter den natürlichen Krankheitserregern sind leider bereits viele mögliche Biokampfstoffe zu finden, die sich mit geringerem Aufwand produzieren und einsetzen liessen. Trotzdem kann es sinnvoll sein, zu bedenken, welche Mechanismen zur Aufdeckung solcher Aktivitäten bestehen oder geschaffen werden müssten.

Was sind die rechtlichen Leitplanken?

Die Verfahren der Synthetic Biology werden im Schweizer Recht als gentechnische Verfahren betrachtet. Die neu geschaffenen oder veränderten Organismen und Substanzen unterliegen somit dem Gentechnik- und dem Umweltschutzgesetz. Diese Verfahren müssen also die Gesundheit und die Sicherheit des Menschen, der Tiere und der Umwelt berücksichtigen und die biologische Vielfalt erhalten. Auch müssen zwei Grundsätze befolgt werden: Das Vorsorgeprinzip, wonach Gefahren so früh als möglich minimiert werden

Die Puzzlebestandteile stehen für die Bausteine des Lebens, die in verschiedenen Organismen vergleichbar sind. Ihre Zusammensetzung und ihr Zusammenspiel sind entscheidend für das Erscheinungsbild und die Funktionen des Organismus.



müssen und das Verursacherprinzip, wonach Kosten für Massnahmen, die aufgrund des Gesetzes entstehen, vom Verursacher getragen werden müssen.

Sämtliche Tätigkeiten, die gentechnische Veränderungen beinhalten, sind bewilligungspflichtig. Jede Person, die im Zusammenhang mit genetisch veränderten Organismen einen Schaden verursacht, muss gemäss Gesetz für dessen Wiederherstellung aufkommen. Zusätzlich verlangt das Gesetz, dass die finanzielle Haftpflicht vertraglich sichergestellt wird.

Die Techniken der Synthetic Biology unterstehen zudem zahlreichen Verordnungen. Diese bezwecken eine Verminderung des Risikos, indem sie Sicherheitsvorkehrungen, Kontrollen und Risikostudien vorschreiben.

Schliesslich verfügt die Bundesverwaltung über die Eidgenössische Kommission für Biologische Sicherheit, welche die Bundesbehörden berät und zu Bewilligungsgesuchen bezüglich genetisch veränderten Organismen Stellung nimmt, wie auch über die Eidgenössische Ethikkommission für Biotechnologie im Ausserhumanbereich.

Diese Regelungen sind zurzeit genügend, um einen verantwortungsvollen Umgang mit der Synthetic Biology sicher zu stellen.

Welche ethischen Fragen stellen sich?

Mit Synthetic Biology stellen sich zwei zentrale ethische Fragen:

Ist der Würde der Kreatur im Sinne der Schweizerischen Bundesverfassung Rechnung getragen? Und: sind die damit verbundenen, oben aufgeführten Risiken verantwortbar?

Die Würde der Kreatur wird durch die genetische Rekombination von Viren und Bakterien nicht verletzt. Dies deshalb nicht, weil damit keine für die betroffenen Organismen schädlichen Wirkungen erzielt werden.

Dafür, dass die oben aufgeführten Risiken verantwortbar sind, sprechen die heutige Gesetzgebung und die herrschenden Sicherheitsvorschriften. Zudem können künstliche Lebensformen kaum ausserhalb des Labors überleben. Denn je unähnlicher sie natürlichen Lebensformen sind, umso kleiner sind diese Chancen. Die mit einem Einsatz im Patienten oder in der Umwelt verbundenen Risiken lassen sich durch eine vorgängige Überprüfung der Sicherheit minimieren.

Ein Missbrauch lässt sich bei keiner Technologie ausschliessen. Allein deshalb halten wir sie jedoch nicht für unzulässig. Richtlinien sollten erarbeitet werden, welche die Forschung, die hier zur Diskussion steht, mit dem Ziel einer Risikominimierung verbindlich regeln.