
Synthetische Biologie

Ausarbeitung von Sandra Meyer zum gleichnamigen Vortrag im Seminar „Krise der Wissenschaften“, veranstaltet von Prof. Martin Ziegler und Prof. Alfred Nordmann im Wintersemester 2011/12 an der TU Darmstadt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Definition Synthetische Biologie	1
2.1	Ziele der Synthetischen Biologie	1
3	Geschichte	2
4	Errungenschaften	3
5	Sichtweisen einer Krise	3
5.1	Wissenschaftler als Agenten und Eigentümer von biotechnologischen Firmen	4
5.2	Biosafety und Biosecurity	5
5.2.1	Biosafety	5
5.2.2	Biosecurity	5
5.3	Wandel der Biologie	6
5.4	Der Begriff „Leben“	6
6	Fazit	7

1 Einleitung

Im Rahmen des Seminars „Krise der Wissenschaften“ wurden verschiedene Praktiken und Standpunkte in der aktuellen Forschungskultur betrachtet, die möglicherweise Zeichen einer Krise in den Wissenschaften aufzeigen. Ein Aspekt hierbei ist die Erschaffung und Manipulation von Lebewesen im Reagenzglas durch den Menschen, der im folgenden näher betrachtet wird.

Nach einer kurzen Einführung in die Synthetische Biologie, ihre Geschichte und die bisher erzielten Errungenschaften werden wir uns verschiedenen Aspekten widmen, die auf eine Krise hinweisen könnten. Im abschließenden Fazit werden die einzelnen Punkte zusammengefasst und verknüpft.

2 Definition Synthetische Biologie

Die Synthetische Biologie ist die Vereinigung von Teilgebieten verschiedener Naturwissenschaften, hauptsächlich der Biologie und der Chemie. Sie hat es sich zum Ziel gesetzt, mit ingenieurwissenschaftlichen Techniken biologische Systeme zu manipulieren oder gar künstlich zu rekonstruieren. Im Gegensatz zur Gentechnik versucht die Synthetische Biologie dies auch losgelöst von der Natur, beispielsweise mit natürlich nicht vorkommenden Substanzen, zu realisieren.

2.1 Ziele der Synthetischen Biologie²

Die Ziele der Synthetischen Biologie lassen sich im Wesentlichen in drei Aspekte aufteilen. Zum einen ist es ein erklärtes Ziel, aus menschlicher und tierischer DNS einzelne Bausteine, sogenannte BioBricks, zu extrahieren, welche ein Protein oder einen Genregulierungsschritt im Organismus kodieren. Diese DNS-Stränge sollen so standardisiert sein, dass sich leicht mehrere Bausteine miteinander kombinieren lassen. Hiermit eröffnet sich ein breites Spektrum an biotechnologischen Anwendungsmöglichkeiten dieser Elemente. Desweiteren wird der molekulare Aufbau eines jeden BioBrick in einer Datenbank gespeichert, welche öffentlich zugänglich ist und von der gemeinnützigen BioBricks Foundation am Massachusetts Institute of Technology verwaltet wird. Man erreicht hiermit einen leichten Zugriff auf die Errungenschaften dieses Gebietes und ermöglicht breite Forschung für verschiedene Anwendungen.

² Zielsetzungen dieser Art finden sich unter anderem in [Sch09].

Ein weiteres Ziel der Synthetischen Biologie ist die Erschaffung eines Minimalorganismus, in den künstliche DNS, bestehend aus verschiedenen BioBricks, eingefügt werden kann um einen Organismus mit vorher definierten Eigenschaften zu erzeugen. Dieser Minimalorganismus soll, wie der Name schon sagt, nur die minimal notwendigen Bestandteile haben um als lebendig zu gelten. Es gibt zwei verschiedene Ansätze, zu einem Minimalorganismus zu gelangen: Zum einen die Bottom up-Technik, bei der man, teilweise mit nicht natürlich vorkommenden Substanzen, versucht, einen lebenden Organismus zu kreieren, wobei nur nachweislich notwendige Bestandteile hinzugenommen werden. Eine andere Herangehensweise ist die Top down-Technik, welche von einem kleinen lebenden Organismus, also einem Organismus mit wenig DNS, solange systematisch Gene abschaltet bis nur noch die nötigsten Gene vorhanden sind. Im Idealfall gelangt man mit beiden Techniken eines Tages zu demselben Organismus und kann somit sicher sein, einen wirklich minimalen Organismus gefunden zu haben.

Das dritte Ziel der Synthetischen Biologie ist die Schaffung von künstlichen Biomolekülen, welche in ihrer Form in der Natur nicht vorkommen, und deren Einfügung in Organismen. So könnte man beispielsweise durch neue DNS-Basen weitere Kodierungen in der DNS schaffen, welche für in natürlichen Organismen nicht vorkommende Aminosäuren stehen. Die so erzeugbaren Proteine, so die Hoffnung, könnten die Tür zu ganz neuen biotechnologischen Welten öffnen.

3 Geschichte⁴

Aufgrund der Ursprünge in der Gentechnologie lässt sich kein genaues „Geburtsdatum“ der Synthetischen Biologie ermitteln. Wesentliche Errungenschaften auf diesem Gebiet gab es allerdings erstmals Mitte des 20. Jahrhunderts, als Arthur Kronberg die DNS-Polymerase isolierte. Dieses Enzym steuert die Duplikation eines DNS-Stranges im Organismus. Bereits im Jahre 1956 stellte man erste Proteinsequenzen in Datenbanken zusammen. Anfang der siebziger Jahre gelang es den Herren Arber, Smith und Nathans, ein Enzym zu extrahieren, welches DNS an verschiedenen Stellen zerschneiden kann. Nun konnte man im Reagenzglas so erzeugte DNS-Stränge verschiedener Organismen miteinander verbinden, was einen Bruch mit der bis dorthin bestehenden Tradition bedeutete. Das Ziel, eines Tages Organismen mit neuen Eigenschaften zu erzeugen rückte in das Blickfeld der Forscher. 1974 wurde das erste Patent auf einen DNS-Strang beantragt, welches 1980 erteilt wurde. Ein Jahr später ersann Paul Berg erste Pläne für ein internationales Moratorium, welches allerdings so nie zustande kam. Ende der siebziger Jahre gab es in vielen Ländern bereits gesetzliche Vorkehrungen gegenüber möglichem Missbrauch der neuen Technik, trotzdem entwickelte sich das Gebiet der Synthetischen Biologie rasant weiter. 1978 vermehrte GenTech Inc. erstmals menschliches Insulin in Bakterien, die mithilfe der neuen Technik erzeugt worden waren. Dieses Medikament kam 1983 auf den Markt. Bereits 1980 ging das Patent auf einen so geschaffenen Mikroorganismus an einen Mitarbeiter von General Electric. Mit der Entdeckung der Polymerase-Kettenreaktion durch Kary Mullis 1983 war nun das Klonieren kleinerer Mengen DNS im Reagenzglas problemlos möglich. Nun war man in der Lage, beliebige DNS-Stränge auf ihren Aufbau hin zu analysieren. Das Patent hierfür brachte dem Besitzer, dem Pharmakonzern Hoffman La-Roche, beim Verkauf 1992 etliche Millionen Dollar ein, dem Erfinder im Jahre 1993 den Nobelpreis für Chemie. Mit diesen Errungenschaften wurde ein ehrgeiziges Ziel greifbar: Die Entschlüsselung des menschlichen Genoms. Das sogenannte Humangenomprojekt etablierte sich etwa im Jahre 1987 und machte es sich zur Aufgabe, nicht nur den Aufbau des menschlichen Erbgutes, sondern auch genetisch bedingte Krankheiten und Krankheitskomponenten in Datenbanken zu speichern. Hierzu erzeugte man physikalische Karten von kleineren Bruchstücken der DNS, die in Verbindung miteinander eine Karte des gesamten Genomes ergaben. Bereits 2003 war das menschliche Genom nahezu vollständig entschlüsselt. Aufsehen erregte im Jahre 2007 Craig Venter, dem es zum ersten Mal gelang, die DNS eines Bakteriums vollständig künstlich zu synthetisieren und in eine vorhandene, natürliche, Zelle einzusetzen, die danach alle nötigen Eigenschaften von Leben zeigte. Heutzutage ist es möglich in den öffentlich zugänglichen Gendatenbanken gezielt Genomkarten abzufragen.

⁴ Kapitel Geschichte nach [MWR09]

In der Geschichte der Synthetischen Biologie lässt sich ein Wandel der Herangehensweise von Wissenschaftlern erkennen: Vom passiven Beobachten der Subjekte, wie der Vererbungslehre oder dem grundlegenden Aufbau der DNS, über einfache Experimente mit vorhandenem Material, die zu Erkenntnissen über die Aufgaben bestimmter Genomsequenzen Aufschluss geben, hin zum Erschaffen von neuen Organismen mit vorherbestimmten Eigenschaften durch Einfügen von fremdartiger DNS.

4 Errungenschaften

In diesem Kapitel wollen wir kurz einige wichtige Produkte und Forschungsansätze der Synthetischen Biologie betrachten. Diese Aufzählung hat keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, soll aber einen Eindruck über die technischen Machbarkeiten vermitteln.

Wie schon in der Definition erwähnt ist es ein Ziel der Synthetischen Biologie, neue Basen in die DNS einzufügen, um neue Kodierungen zu erzeugen. Hiermit scheint die Verwendung von Lebewesen als sich selbst reproduzierender Informationsspeicher nahe. In der Tat gibt es Überlegungen, ob es möglich ist, zu tierischer DNS weitere, für das Lebewesen unnötige DNS einzufügen, welche, ähnlich einer Bio-Festplatte, bestimmte Informationen kodiert speichert. Da sich Lebewesen reproduzieren, würde diese Information so vervielfältigt und gesichert, bis sie aufgrund von Mutationen verändert oder ausgelöscht wird.

Ähnlich zum menschlichen Insulin ist es mittlerweile gelungen, die Vorstufe eines Malaria-Medikamentes, welches früher teuer und zeitaufwändig traditionell hergestellt wurde, von Bakterien mit veränderter DNS erzeugen zu lassen um der Seuche Malaria Einhalt zu gebieten. Allerdings ist es auch gelungen, den Polio-Virus komplett synthetisch herzustellen, was ein Missbrauchspotential offenbart.⁵

Einer der wichtigsten Fragen der Menschheit, nämlich derjenigen nach dem Ursprung des Lebens, sind diejenigen Synthetischen Biologen auf der Spur, die versuchen, im Labor die Umgebungsumstände zum Zeitpunkt der Entstehung der ersten Organismen nachzuempfinden und dort erstes Leben entstehen zu lassen. Komplementär dazu versucht man, einen gemeinsamen Urahn aller bekannten Lebewesen durch DNS-Vergleiche zu ermitteln und so dem Rätsel um den Ursprung des Lebens auf die Spur zu kommen.⁶

Weiterhin erforscht man die Aufgaben verschiedener Enzyme im Organismus, indem man die Gene, die zur Erzeugung eines Enzyms notwendig sind, abschaltet und überprüft, welche Funktionen durch das Fehlen dieses Enzyms gestört werden.

Auch liefert diese Technik neue Ansätze für die Linderung oder Heilung von erblichen Krankheiten wie beispielsweise die DNS-Vakzine oder die somatische Gentherapie.⁷ Erstere ist eine Art DNS-Impfung, bei der dem Patienten Plasmide gespritzt werden, welche mithilfe der körpereigenen Proteinbiosynthese Eiweißmoleküle bilden, auf die der Körper mit einer Immunreaktion antwortet. Letzteres ist eine Therapie, bei der dem Patienten Zellen mit Gendefekt entnommen werden, welche dann genetisch so verändert werden, dass sie die einwandfrei arbeiten und wieder eingesetzt werden können.

5 Sichtweisen einer Krise

Die Synthetische Biologie erlebt, wie viele andere Naturwissenschaften auch, derzeit einen Wandel in der Forschungskultur. Im Folgenden werfen wir einen genaueren Blick auf die Konsequenzen aus der immer weiteren Fortschreitung der Verschmelzung von universitärer und kommerzieller Forschung, in Form von Wissenschaftlern als Eigentümer oder Agenten von Pharmafirmen oder von Unternehmen geförderter Forschung. Desweiteren ist der Aspekt der Sicherheit, sowohl im Hinblick auf versehentliche wie auch auf vorsätzliche Interaktion von synthetisch manipulierten Organismen mit der Umwelt, sehr interessant. Nicht unbeachtet gelassen werden sollte außerdem der oben schon erwähnte Wandel in der Biologie. Abschließend stellt sich die Frage, ob wir mit dieser Form von Forschung ethische sowie moralische Grenzen überschreiten und ob dies verhindert werden kann und sollte.

⁵ nach [Sch09]

⁶ vgl. [Mor09]

⁷ dies findet sich genauer in [KHtM09]

5.1 Wissenschaftler als Agenten und Eigentümer von biotechnologischen Firmen

Auch in der Synthetischen Biologie ist ein allgemeiner Trend erkennbar: Viele Forscher werden von Unternehmen als Agenten angeworben oder sind sogar ihre Eigentümer.⁸ Die Gründe hierfür scheinen offensichtlich, bedenkt man den großen Nutzen, den viele synthetisch hergestellte Organismen bringen können. Findet ein Forscher ein Bakterium, das ein bestimmtes Medikament kostengünstig und zuverlässig produzieren kann, so mag es nur richtig erscheinen, das Wissen darüber in Form von Produktionsanlagen für dieses Medikament umzusetzen um kranken Menschen zu helfen. Auch den Forscher selbst, welcher sich in der Regel schon gut mit „seinem“ Bakterium auskennt, in diesen Ablauf zu integrieren scheint nur verständlich. Dass der Erfinder eines solchen Organismus selbst davon profitieren möchte, ist nur menschlich. Noch viel mehr, so scheint es, kann der Wissenschaftler nun aus der Rolle des „brotlosen Künstlers“ ausbrechen, in die seinesgleichen historisch gesehen oft gedrängt wurden. Er kann von seiner Arbeit leben und ist nicht auf Unterstützung eines Gönners angewiesen wie seine Vorfahren. Dem Staat, als Geldgeber der Wissenschaftler, könnte dies viel Geld sparen. Desweiteren sollte man nicht außer Acht lassen, dass auf Profit ausgelegte Projekte in der Regel schneller Fortschritte erzielen als Projekte, die nur reine Erkenntnis zum Ziel haben. Allerdings darf man nicht vergessen, dass der Staat in aller Regel die Ausbildung eines Wissenschaftlers bezahlt, aber in einem solchen Fall nicht davon profitiert.

In diesem Zusammenhang lässt sich vor allem eines beobachten: Die Geheimhaltung von Forschung. Wurden früher wissenschaftliche Erkenntnisse zeitnah publiziert, halten viele Wissenschaftler heute ihre Ergebnisse zurück, um zu verhindern, dass jemand anderes mit ihrer Forschung Gewinn macht. Dies schmälert die Vernetzung von Forschung und verlangsamt so, im Ganzen gesehen, den Fortschritt. Desweiteren geht der Trend zu einer stark zielgerichteten Forschung, bei der Nebenprodukte, die auf den ersten Blick nichts mit dem angestrebten Ziel, wie beispielsweise einem Bakterium mit einer bestimmten Eigenschaft, zu tun haben, nicht beachtet werden. Das Potential dieser Nebenprodukte wird, wenn überhaupt, viel später erkannt.

Neben der Parallelforschung in Unternehmen ist ein weiterer Aspekt im Hinblick auf eine mögliche Krise in der Wissenschaftskultur die Förderung von universitärer Forschung durch Unternehmen. Hierbei sponsern Unternehmen Teile eines Forschungsprojektes einer Universität oder gar das gesamte Projekt mit dem Ziel, Profit aus den Ergebnissen der Forschung zu schlagen. Ein Beispiel⁹ hierfür aus der Synthetischen Biologie ist das, an der Verhinderung von Brustkrebs beteiligten, Gen BRCA1, welches 1994 vom Wissenschaftlerteam um Mark Skolnick an der Universität von Utah synthetisiert wurde. Das Projekt wurde sowohl öffentlich als auch privat gesponsert mit der Abmachung, dass das Patent für dieses Gen an der Universität bleibt, die exklusive Lizenz zum Testen dieses Genes jedoch dem geldgebenden Unternehmen gewährt wurde. Auf diese Weise entstand ein Monopol eines Unternehmens namens Myriad Genetics an BRCA1 und das, obwohl ein beträchtlicher Teil der Forschung vom Staat gezahlt wurde.

An diesem Beispiel lassen sich mehrere Vor- aber auch einige Nachteile von wirtschaftlich gesponserten Projekten erkennen. Zum einen ist manch ein Forschungsprojekt ohne Gelder aus der Wirtschaft nicht finanzierbar oder mangels monetärer Möglichkeiten viel langwieriger. Eine unternehmensgeförderte Forschung verfolgt Ziele, die insofern nützlich sind, als die Ergebnisse Profit einbringen sollen. Es wird also nur über Themen geforscht, die Gewinn versprechen, weil sie in irgendeiner Form nützlich sind. Auch lassen sich so viele öffentliche Gelder sparen, die hätten aufgebracht werden müssen, würde die Forschung rein staatlich finanziert. Auf der anderen Seite bedeuten derartige Projekte für den Geldgeber Staat, dass er von den Forschungsergebnissen nicht selbst profitieren kann. Kritisch zu sehen ist auch, dass der Staat durch eine solche Förderung die beteiligten Unternehmen direkt fördert, ihre möglichen Konkurrenten jedoch nicht. Dies könnte als ein nicht unwesentlichen Eingriff des Staates in die Wirtschaft gewertet werden.

⁸ Dies ist ein Punkt, den auch andere Seminarvorträge aufgegriffen haben. Im Rahmen der Synthetischen Biologie werden solche Entwicklungen unter anderem im obigen Kapitel über die Geschichte deutlich, zu finden in [MWR09] und [Bid]

⁹ Auf dieses Beispiel wird unter anderem in [Bid] hingewiesen

5.2 Biosafety und Biosecurity

In diesem Kapitel wollen wir uns mit den Folgen von beabsichtigter und unbeabsichtigter Interaktion von synthetisch hergestellten oder manipulierten Lebewesen mit der natürlichen Umwelt befassen und uns die Frage stellen, inwieweit sich Anzeichen einer Krise erkennen lassen.

5.2.1 Biosafety

Der Begriff Biosafety beschreibt die Konsequenzen von unbeabsichtigten Wechselwirkungen zwischen synthetischen Lebewesen und der natürlichen Umwelt, insbesondere die möglichen Schäden an Mensch und Umwelt im Freiland.¹⁰ In der Synthetischen Biologie ist der große Trend hin zu einer domestizierten Hobbyforschung zu beobachten. Durch die standardisierten Bausteine in öffentlich zugänglichen Datenbanken haben hier mittlerweile auch Personen außerhalb der biotechnologischen Gesellschaft Zugriff auf alle nötigen Elemente der Forschung. Mit einem immer größer werdenden „Baukasten“ aus leicht zu bearbeitenden BioBricks ist es nur eine Frage der Zeit, bis es jedem Amateur möglich ist, mithilfe der geeigneten, ebenfalls verfügbaren, Gerätschaften Arbeiten zu verrichten, welche bisher unter strengen Sicherheitsmaßnahmen in wissenschaftlichen Laboren durchgeführt wurden. Aber nicht nur wissenschaftliche Laien, auch Wissenschaftler aus anderen Fachgebieten, die ebenfalls im Bereich der Synthetischen Biologie tätig sind, können eine Gefahr darstellen. Der Vorteil der Synthetischen Biologie, viele verschiedene Forschungsdisziplinen zu vereinen, kann somit auch ihr Nachteil sein. So haben beispielsweise Informatiker und viele Ingenieure keine Ausbildung im Umgang mit gefährlichen Stoffen und Lebewesen, wie sie beispielsweise Biologiestudenten schon in den ersten Semestern erlernen. Gerade deshalb werden nun weitere Sicherheitsstandards nötig, wie beispielsweise Biosafety-Trainings für alle Angestellten im Bereich der Synthetischen Biologie, Biosafety-Manuals für Labore und die Überwachung durch nationale und internationale Komitees. Doch alle diese Vorsorgemaßnahmen sind sinnlos, wenn die Akteure nicht einer öffentlichen Autorität bekannt sind und diese anerkennen.¹¹

Eine weitere Gefahr geht von ungeplanten und unbeabsichtigten Funktionen aus, die entstehen können, wenn man verschiedene DNS-Teile kombiniert.¹² Um das daraus resultierende Risiko zu verringern wird ein Sicherheitscheck vorgeschlagen. Dieser ist allerdings aufgrund der vielen Kombinationsmöglichkeiten von BioBricks schwer zu realisieren. Aus der Darwinschen Evolution lässt sich jedoch ableiten, dass, je unnatürlicher ein Lebewesen ist, desto geringer sind seine Überlebenschancen in der freien Wildbahn.¹³

Auch die Minimalzellen könnte man in verschiedene Gefahrenklassen einteilen. So ist eine Zelle, die bei moderaten Temperaturen lebensfähig ist, gefährlicher als eine, die nur unter definierten, natürlich nicht vorkommenden, Laborbedingungen leben kann.¹⁴

5.2.2 Biosecurity

Der Begriff Biosecurity beschreibt die absichtliche Freisetzung von synthetischen Lebewesen und ihren Missbrauch für terroristische Zwecke. Wie auch schon im Fall der Biosafety ist die einfache und kostengünstige Synthese von Lebewesen Ziel, jedoch auch Risiko. So ist es beispielsweise bereits gelungen, die DNS des Poliovirus und des Erregers der Spanischen Grippe synthetisch herzustellen. An diesen Beispielen wird das große Missbrauchspotential deutlich.

Eine weitere Bedrohung geht von sogenannten Bio-Hackern aus. Ähnlich wie ihre Analogons in der Computerwelt verändern oder erstellen sie biologische Systeme ohne eine Übersicht über die möglichen

¹⁰ Eine entsprechende Definition findet sich beispielsweise in [Sch09]

¹¹ siehe [Sch08]

¹² Dies wird unter anderem in [O'M09] näher beleuchtet

¹³ nach [BS]

¹⁴ vergleiche [Sch08]

Konsequenzen zu haben. Können wir eines Tages die DNS von Lebewesen programmieren wie einen Computer, so wird es nicht lange dauern, bis der erste „Bio-Spam“ auftritt.¹⁵

5.3 Wandel der Biologie

Abgesehen vom oben schon erwähnten Wandel des Begriffes Wissenschaftler vom passiven Beobachter zum aktiven „homo creator“¹⁶ lassen sich noch weitere Veränderungen in der Arbeitsweise von Biologen und ihrer Zielsetzung beobachten.

So wandelt sich die Synthetische Biologie immer mehr von einer Natur- zu einer Ingenieurwissenschaft¹⁷, bei der andere Prinzipien und Zielsetzungen gelten. Beispielsweise ist nicht der Erkenntnisgewinn und die Erforschung von Existierendem maßgeblich, sondern im Gegenteil die eigentliche Herstellung von Neuem und Unbekanntem mit dem Ziel, dies für eine Anwendung zu nutzen.

Desweiteren lässt sich eine unglaubliche Beschleunigung der Forschung beobachten.¹⁸ Früher haben Wissenschaftler Veränderungen durch die Evolution anhand einer Vielzahl von Fossilien studiert, heute werden - mithilfe einer PC-Simulation - evolutionäre Szenarien nachgestellt. Mit dem hieraus gewonnenen Wissen versucht man dann, zunächst im Modell, mögliche „Sackgassen“ der Evolution zu finden, also Lebewesen, die aufgrund der natürlichen Auslese nicht überlebt haben. Ein anderer Ansatz ist es, Wege zu gehen und Organismen zu erzeugen, die durch die zufallsbasierte natürliche Evolution bisher noch nicht entstanden sind. So hofft man, die Grenzen der natürlichen Evolution zu überschreiten. Eine solche ist ergibt sich beispielsweise aus der Tatsache, dass die Gene im Erbgut stark miteinander vernetzt sind. Verändert man, wie es in der natürlichen Evolution geschieht, nur einen kleinen Teil, so kann dies schon gravierende Folgen für den gesamten Organismus haben und nicht überlebensfähig sein. Treten nun aber mehrere kleine Veränderungen gleichzeitig auf, so könnte ein Lebewesen entstehen, das neue Eigenschaften besitzt und dabei lebensfähig ist. Erlaubt man also mehrere Mutationen in einem Schritt wird das Potential an neuartigen Organismen gesteigert. Desweiteren setzt sich in der Evolution kein Organismus durch, der durch Mutation eine schon vorhandene Funktion ein zweites Mal erzeugt, auch wenn der zweite Weg effizienter und ressourcenschonender ist. Für Synthetische Lebewesen ist Effizienz jedoch wichtig. Auch könnte diese Funktion in der zweiten Version ohne große Verlinkungen mit anderen Genen im Erbgut codiert sein, sodass sich so besser ein BioBrick für diese Funktion angeben lässt.¹⁹ Wir beobachten hier eine Optimierung der Natur, mit dem Ziel ein rationales Design zu erschaffen, das menschengemacht und ohne natürlichen Vorbild ist.

Allerdings lässt sich in der Synthetischen Biologie beobachten, dass dieses angestrebte rationale Design in der Praxis nicht funktioniert. Ein aus den standardisierten BioBricks zusammengebauter Organismus wird in der Regel so nicht lebensfähig sein. An dieser Stelle werden sogenannte Kludges benötigt. Kludge ist eine Abkürzung für englisch „klumsy, lazy, ugly, dumb but good enough“ und meint einen Organismus, der zwar nicht rein aus effizienten, rationalen Bausteinen besteht, aber seinen ihm zugewiesenen Zweck erfüllt. Es ist fraglich, ob man eines Tages so gute BioBricks und Minimalzellen schaffen kann, dass diese Kludges hinfällig werden.²⁰ Hier könnte man jedoch einen Oxymoron vermuten: Einerseits ist ein Ziel der Synthetischen Biologie, einen Baukasten, bestehend aus standardisierten Bausteinen, zusammenzustellen, andererseits werden in der Praxis jedoch so viele Kludges benötigt, dass das Endprodukt nicht mehr diesem rationalen Design entspricht.

5.4 Der Begriff „Leben“

In allen oberen Kapiteln haben wir noch nicht die grundlegende Frage behandelt, wie genau künstliches beziehungsweise synthetisches Leben zu definieren ist. Wir fragen uns, wo sich die Grenze zwischen

¹⁵ Dies findet sich beispielsweise in [Sch08]

¹⁶ Diesen Begriff verwendet unter anderem [Sch09]

¹⁷ Eine Wandelung die auch [Sch08] erwähnt

¹⁸ Dies geht unter anderem aus [BS] hervor

¹⁹ siehe [Mor09]

²⁰ nach [O'M09]

natürlichem und künstlichem Leben befindet und wann der Mensch in einem Maße in die Natur eingegriffen hat, sodass das Ergebnis nicht mehr als natürlich zu bezeichnen ist. Sicherlich ist die Grenze zwischen künstlich und natürlich verschwommen. So ist synthetisch hergestelltes Vitamin C in keiner Weise von natürlichem zu unterscheiden.²¹ Wenn wir eines Tages in der Lage sind, ganze Genome von Lebewesen künstlich zu synthetisieren und sie in Minimalzellen einzufügen, dann werden wir auch synthetisch erzeugte Lebewesen haben, die von natürlich vorkommenden Exemplaren per se nicht zu unterscheiden sind. Wir müssen uns dann entscheiden, ob wir Natürlichkeit über den Ursprung oder über den Herstellungsprozess definieren.

Ein weiterer wichtiger Punkt zu diesem Kapitel ist die Begriffsbildung in der Synthetischen Biologie. Fast selbstverständlich benutzen mittlerweile Synthetische Biologen Begriffe wie „künstliche Zelle“ oder englisch „living machines“, was eine zunehmende Verschmelzung von Lebewesen und Technik auch im begrifflichen Sinne aufzeigt. Es bleibt fraglich, ob mit solchen Wortkreationen die Wertigkeit des Lebens im Allgemeinen herabgesetzt wird und ob wir vielleicht einen neuen Begriff für „Leben“ benötigen. Auch könnte sich so implizit eine Zwei-Klassen-Biologie entwickeln, die eine bestehend aus, im traditionellen Sinne verstandenem, natürlichem Leben, die andere als Klasse der mit biotechnologischen Mitteln künstlich erzeugten Lebewesen.²²

Viele Argumente, die zu diesem Kapitel gehören, wurden und werden bereits ausführlich in der Gentechnikdebatte angeführt und brauchen hier nicht erwähnt werden. Viel wichtiger ist es zu erkennen, wo ein Unterschied zwischen Gentechnik und Synthetischer Biologie liegt. Ein Aspekt hiervon ist das Ziel, synthetisches Leben ohne Vorbilder in der Natur zu erschaffen, Lebewesen die in ihrem Aufbau, ihren Funktionen oder ihren Eigenschaften so weit von allen bisher natürlich vorkommenden Lebewesen entfernt sind, dass sie eine völlig neue Form von Leben darstellen.²³ Hieraus ergeben sich dann direkt Fragen nach Verantwortung gegenüber diesen neuen Lebensformen.

6 Fazit

Ein Blick auf die Geschichte der Wissenschaften zeigt, dass Wissenschaftler seit je her damit konfrontiert wurden, ihre Forschungen würden der Menschheit Schaden zufügen. So sagte man den Alchemisten des Mittelalters nach²⁴, ihre Versuche verschiedene Metalle oder andere Mineralien zu isolieren seien wider die Natur. Letztendlich haben aber gerade diese grundlegenden Erkenntnisse die Entwicklung neuer Medikamente und Werkstoffe, worunter aber eben auch neuartige Waffen fallen, entscheidend vorangetrieben. Aus heutiger Sicht war diese Forschung, trotz der durchaus vorhandenen negativen Konsequenzen, sinnvoll, niemand würde heutzutage abstreiten, dass diese neuen Errungenschaften wichtig waren für die Entwicklung der Menschheit. Es ist gut möglich, dass aus ähnlichen Gründen in einigen Jahren wenig an der heutigen Forschung auszusetzen sein wird. Grundkriterium hierfür ist wohl, dass der aus den neuen Erkenntnissen resultierende Nutzen den Schaden überwiegt. Wenn wir nun also, aufgrund der möglichen Gefahren, von einer aktuellen Krise der Wissenschaften sprechen wollen, so sollten wir bedenken, dass die Wissenschaften sich, ob solcher Kriterien, schon immer in einer Krise befunden haben müssen.

Jede Form von Forschung birgt das Potential absichtlich oder auch unabsichtlich der Menschheit Schaden zuzufügen. Manch einer könnte eine Krise darin sehen, dass diese Gefahr erkannt ist, jedoch keine Gegenmaßnahmen, wie eine intensive Überwachung der Forschung durch staatliche und internationale Institutionen getroffen werden. Auch könnte eine geeignete Gegenforschung, die in unserem Fall nach Gegenmitteln zu synthetisch hergestellten Schädlingen sucht, Abhilfe schaffen. Fraglich bleibt ob und wie das realisiert werden kann.

²¹ nach [BVN07a]

²² nach [BMM09]

²³ Beispiele für völlig neue Formen von Leben sind unter anderem Lebewesen mit mehr als den üblichen vier DNS-Basen oder einem Zellgerüst aus anderen als den herkömmlichen, natürlichen, Substanzen. Weitere Beispiele hierzu finden sich beispielsweise in [BMM09]

²⁴ hierauf nimmt auch [BVN07a] Bezug

Gerade im Bereich der Synthetischen Biologie könnte eine Krise darin gesehen werden, dass als Ziel ein rationales Design angestrebt wird, welches jedoch in der Praxis nicht realisierbar ist. Solche Zielsetzungen jedoch sind Ideale, denen man möglichst nahe kommen möchte, die jedoch nicht zwangsläufig erfüllt werden müssen und somit auch nicht vollständig erreichbar sein müssen. Insofern sollte man dies nicht als Krise bezeichnen.

Ein weiterer wichtiger Ansatzpunkt für die Frage nach einer Krise ist der Umgang mit dem Begriff des Lebendigen insbesondere ob die Vergegenständlichung von Lebewesen zu einer Abwertung des Lebens führt. Allerdings ist dies auch nur ein namentliches Problem und es bleibt zu bezweifeln ob dies etwas an unserem Umgang mit diesen Subjekten ändert und somit als Krise bezeichnet werden kann.

Natürlich darf man auch nicht die Frage nach der Verantwortung gegenüber künstlich hergestellten oder veränderten Organismen außer Acht lassen. Wenn man allerdings bedenkt, dass der Mensch in Form von Züchtungen in der Landwirtschaft und gezielten Kreuzungen von Lebewesen schon vor vielen hundert Jahren zum Entstehen von neuen Lebensformen beigetragen hat, so zeigt sich, dass dies keine neue Entwicklung ist. Demzufolge wäre eine derartige Krise nicht neu, und die Biologie befände sich schon immer in einer Krise.

Alles in allem ist die Synthetische Biologie ein weites, unüberschaubares Feld mit ungeahnten Möglichkeiten. Auch wenn viele Szenarien, wie Kinder mit biotechnologischem Spielzeug²⁵ und die häusliche Herstellung synthetischer Lebewesen, aus heutiger Sicht, eher unwahrscheinlich erscheinen, sollte die möglicherweise daraus resultierende Gefahr nicht außer Acht gelassen werden. Jedoch ist die Forschung nun schon soweit fortgeschritten, dass mit der derzeitigen Technik und dem aktuellen Wissen kein Weg zurück führt. Auch bleibt fraglich, ob die Entwicklung einer Synthetischen Biologie jemals hätte verhindert werden können.

²⁵ Ein Szenario wie es auch in [Sch08] dargestellt wird

Literatur

- [Bid] J. Biddle. Bringing the Marketplace into Science: On the Neoliberal Defense of the Commercialization of Scientific Research. In *Science in the Context of Application*.
- [BMM09] J. Boldt, O. Müller, and G. Maio. *Synthetische Biologie, Eine ethisch-philosophische Analyse*. EKAH, 2009.
- [Bro84] J.R. Brown. *Scientific rationality: the sociological turn*. University of Western Ontario series in philosophy of science. D. Reidel, 1984.
- [BS] S.A. Benner and M.S. Sismour. Synthetic Biology. *Nature Reviews Genetics*.
- [BV06] B. Bensaude-Vincent. Materials as Machines. 2006.
- [BV09] B. Bensaude-Vincent. Biomimetic Chemistry and Synthetic Biology: A Two-way Traffic Across the Borders. 2009.
- [BVN07a] B Bensaude-Vincent and W. R. Newman. *The artificial and the natural : an evolving polarity / edited by Bernadette Bensaude-Vincent and William R. Newman*. MIT Press, Cambridge, Mass. :, 2007.
- [BVN07b] B. Bensaude-Vincent and W.R. Newman. *The artificial and the natural: an evolving polarity*. Dibner Institute studies in the history of science and technology. MIT Press, 2007.
- [Dab11] P. Dabrock. *Was ist Leben - im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit?* Verlag Karl Alber, 2011.
- [FGG⁺10] B. Friedrich, P. Gehring, V. Gerhardt, R. Kollek, and Ch. Rehmann-Sutter. *Nachgefragt - Wissenschaftler zur Synthetischen Biologie*. 2010.
- [Gru10] A. Grunwald. *Vom Veränderer zum Schöpfer*. 2010.
- [KHtM09] Prof. Dr.-Ing. M. Kleiner, Prof. Dr. R. Hüttl, and Prof. Dr. V. ter Meulen. *Synthetische Biologie - Standpunkte*. 2009.
- [Mor09] Michel Morange. *Synthetic Biology: A Bridge Between Functional and Evolutionary Biology*. 2009.
- [MWR09] S. Müller-Wille and H.J. Rheinberger. *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik: eine wissenschaftshistorische Bestandsaufnahme*. Edition Unseld. Suhrkamp, 2009.
- [O'M09] Maureen A. O'Malley. Making Knowledge in Synthetic Biology: Design Meets Kludge. *Biological Theory*, 4, 2009.
- [Sch08] Markus Schmidt. *Diffusion of synthetic biology: a challenge to biosaety*. 2008.
- [Sch09] Dr. Nora Schultz. *Perspektivenpapier Synthetische Biologie*. 2009.
- [SKV09] M. Schmidt, A. Kelle, and H. Vriend. *Synthetic Biology: The Technoscience and Its Societal Consequences*. Springer, 2009.