

## Vortrag: Bio-Ethischer Aspekt der Synthetische Biologie

Die DNA wurde im Jahr 1868 von Friedrich Miescher in einem Labor im Tübinger Schloss entdeckt, wo heute noch eine Gedenktafel an diese denkwürdige Entdeckung erinnert. Da er die Substanz aus dem Innern von Zellkernen isolierte, nannte er sie Nukleinsäure (lat. Nucleus der Kern). Erst fünfzig Jahre später, in den 1920er Jahren war es möglich die Bestandteile dieses Moleküls als eine Verbindung aus Phosphaten, Zuckern und den vier Basen Adenin, Thymin, Guanin und Cytosin zu identifizieren. Biochemisch gesehen ist die DNA eine sehr einfache Verbindung und es war für die Wissenschaft undenkbar die DNA als Träger der Erbinformation in Betracht zu ziehen. Doch genauso wie wir heutzutage wissen, dass die Erde rund ist, ist uns auch völlig klar, dass die DNA unsere genetischen Informationen trägt. Den Beweis dazu erbrachten Avery, Macleod und McCarty im Jahr 1943. Wie beim Beweis, dass die Erde rund und nach Galileo keine Scheibe ist, stießen auch sie erst auf Widerstand: Viele Wissenschaftler konnten sich nicht vorstellen, dass die Erbinformation aller Lebewesen nur auf die Reihenfolge von vier Basen zurückzuführen ist. Sie hielten es für wahrscheinlicher, dass die genetische Information auf den viel komplizierter aufgebauten Proteinen liegt. Letzten Endes behielten Avery, Macleod und McCarty jedoch Recht: Am 26. Januar 2000 gaben der damalige US-Präsident Bill Clinton und der britische Premierminister Tony Blair die Entschlüsselung des menschlichen Genoms bekannt.

Doch was bedeutet die Entschlüsselung des menschlichen Genoms? Entgegen dem allgemeinen Trugschluss heißt dies nicht, dass wir nun wissen, welches Gen für Augenfarbe, Haarfarbe und bestimmte Krankheiten verantwortlich ist. Die Entschlüsselung bedeutet nichts anderes, als dass die Reihenfolge der Basen in den menschlichen Zellen seit diesem Tag bekannt ist. Das Problem ist, dass wir mit der Reihenfolge der Basen wenig anfangen können. Das menschliche Genom hat 3 Milliarden Basenpaare, jedoch codieren nur 3% der Basen für Proteine, d.h. die Zellen nutzen nur einen sehr kleinen Bruchteil dieser riesigen Datenmenge. Deshalb versuchen tausende von Wissenschaftlern auf der ganzen Welt die Gene zu lokalisieren und ihre Funktion zu entschlüsseln; dies gleicht einer Suche nach der Nadel im Heuhaufen. Vor allem das Herausfinden der Funktion eines Gens stellt die Wissenschaft vor große, jedoch nicht unlösbare Herausforderungen. Viele Gene sind schon bekannt. Deshalb sind die Forscher auch schon in der Lage einfache Organismen wie Bakterien genetisch zu manipulieren. Mit diesem Forschungsfeld beschäftigt sich die Biotechnologie.

Ein Beispiel: Früher wurde Insulin für Diabetiker aus den Bauchspeicheldrüsen von Hunden oder Schweinen isoliert. Es kam häufig zu allergischen Reaktionen, es mussten viele Tiere geschlachtet werden und die isolierte Menge reichte bei Weitem nicht aus um den hohen Bedarf zu decken. Dieses Problem hat man behoben, in dem man das menschliche Gen für Insulin in das E.coli-Bakterium eingepflanzt hat. Die gentechnisch veränderten E.coli können sich zu riesigen Mengen vermehren, die relativ wenig Platz verbrauchen. Sie stellen Insulin in ausreichender Menge her und da es sich um ein menschliches Gen handelt, kommt es auch zu keinerlei allergischen Reaktionen. Die Biotechnologie stellt für viele Probleme eine billigere und umweltfreundlichere Methode dar.

Denken wir noch einen Schritt weiter: Trotz gentechnischer Veränderung verbraucht E.coli noch sehr viel Energie und Nährstoffe für Stoffwechselprozesse, die für die Insulinproduktion unerheblich sind. Dies verursacht erhebliche Kosten. Wären die grundlegenden Gene bekannt, die ein Organismus zum Leben braucht, könnte man ein Bakterium kreieren, das ausschließlich für die Produktion von Insulin lebt. Mit diesen und

ähnlichen Themen beschäftigt sich die Synthetische Biologie. Ziel der Synthetischen Biologie ist es einen Basisorganismus zu entwickeln, der wirklich nur die grundlegendsten lebensnotwendigen Gene einer Zelle enthält. Dieser Basisorganismus kann dann, wie in einem Baukastensystem, beliebig erweitert werden; entweder mit bekannten natürlichen, aber auch mit synthetisch hergestellten Genen. Diese Gene werden schon heute auf der so genannten BioBrick-(Baukasten)-Datenbank gespeichert. Um den Wissenschaftlern die Arbeit zu erleichtern, verfügen die dort gespeicherten Gene alle über kompatible Endstücke, die es dem Forscher ermöglichen unterschiedlichste Gene einfach zusammen zustecken.

Vergleichen lässt sich die Arbeit der Synthetischen Biologen mit der von Informatikern. Die Wissenschaftler kennen bis jetzt nur einen sehr kleinen Teil der Programmiersprache und können deswegen auch nur sehr einfache Programme schreiben. Je mehr Gene in ihrer Funktion jedoch erforscht werden, desto komplexer können die künstlichen Systeme werden.

2003 fand der erste „international Genetically Engineered Machines“-Wettbewerb (iGEM) am MIT (Massachusetts) statt. Wie der Name schon sagt, geht es bei diesem Wettbewerb darum, auf DNA - basierende Maschinen (genetically engineered machines) herzustellen. Studenten aus Universitäten der ganzen Welt konstruieren und entwickeln Proteine mit nicht natürlichen Eigenschaften, künstliche Zell-Zell-Kommunikationswege oder Signalleitungsprozesse. Im Jahr 2006 nahmen an diesem Wettbewerb 400 Studenten von 38 Universitäten (aus Cambridge, ETH Zürich, Tokyo Alliance, Princeton und Valencia ) aus 14 Ländern teil, sie konstruierten allein in diesem Jahr 724 neue Module für die BioBrick-Datenbank.

- 1 Cambridge entwickelte ein Bakterium, dass mit Minz- und Bananengeruch die muffige Laborluft versüßt.
- 1 Edinburgh konstruierte ein Bakterium, das als Biosensor genutzt wird und den Menschen in Entwicklungsländern anzeigt, ob ihr Brunnenwasser mit Arsen verseucht ist. Die Methode der Edinburgher Studenten ist wesentlich günstiger als die bisherigen Arsenmessmethoden.
- 1 Die Bakterien des Teams der Purdue University in Indiana konnten auf Kommando die Farbe von rot nach grün wechseln. Ziel ist es, biologisches Foto-Papier zu entwickeln, das die Farbenvielfalt der Natur besser zur Geltung bringt.

An diesen Beispielen kann man deutlich erkennen, dass es sich hier um Lebewesen handelt, die wie Maschinen nur unserem Nutzen dienen.

Die Entwicklung im Bereich der Synthetischen Biologie schreitet rasant voran. „Im Januar diesen Jahres berichtete eine Forschergruppe um Craig Venter, es sei erstmals gelungen, das Erbmateriale eines Bakteriums komplett synthetisch herzustellen.“ (29. Feb. 2008 Science-Magazin). Die Forscher haben das Bakterium Mycoplasma genitalium nachgebaut und noch keinen neuen Organismus entwickelt. Doch wie ein Mathematiker erst die grundlegenden Rechenregeln beherrschen muss, bevor er sich der „höheren“ Mathematik zuwendet, müssen die Wissenschaftler erst Organismen nachbauen, um sie zu verstehen und Neue erschaffen zu können. Trotzdem ist es erstaunlich, dass der Mensch nach nur 140 Jahren von der Entdeckung der DNA bis heute in der Lage ist, das komplette Genom eines einzelligen Lebewesens synthetisch nach zu bauen.

Mit dieser neuen Technologie könnten viele Probleme gelöst werden, mehr noch, als durch die Biotechnologie je möglich wären:

- 1 Man könnte Organismen entwickeln, die CO<sub>2</sub> aufnehmen und dies wie Pflanzen

in Sauerstoff umwandeln. Dadurch könnte der Treibhauseffekt gestoppt und eine Klimakatastrophe verhindert werden.

- 1 Außerdem ist es möglich Stammzellen zu züchten ohne Embryonen zu töten. Mit diesen Stammzellen könnten neue Organe geschaffen werden. Tausenden von Menschen, die vergeblich auf eine Organ-Spende warten, könnte geholfen werden. Zumal man dieses erschaffene Organ individuell auf den Patienten „zuschneiden“ könnte, ohne dass es zu einer Abstoßungs-Reaktion kommt.
- 1 Die künstlichen Organismen könnten auch bei Krankheiten eingesetzt werden. Es gibt Affenarten, die gegen Aids immun sind. Man könnte deren Gene nachbauen und daraus einen Impfstoff gegen Aids entwickeln.

Doch alles hat auch eine Kehrseite und wir müssen uns auch mit den kritischen Fragen der neuen Technologie auseinandersetzen.

- 1 Eine der wichtigsten ethischen Fragen, die sich stellt ist: Sind diese neuen Organismen Lebewesen oder Maschinen???
- 1 Bei Bakterien empfinden wir es nicht als schlimm, wenn wir sie als Maschinen missbrauchen. Doch was ist wenn wir irgendwann in der Lage sind komplexere Organismen zu entwickeln, die uns noch besser dienen können als Bakterien???. Wo ziehen wir die Grenze?
- 1 Ein weiteres Problem ist, dass diese Organismen sich weiter entwickeln und „heimische“ Bakterien ausrotten können. Die Folgen einer von Menschen erschaffenen Art auf unser Ökosystem sind nicht absehbar.
- 1 Dürfen wir Gott spielen, egal welchen Nutzen es uns bringt und unabhängig von den Folgen die sich aus der Erschaffung neuer Organismen ergeben?

