https://mail.gen-ethisches-netzwerk.de/node/2990

Gen-ethischer Informationsdienst

Leben auf Knopfdruck

Eine Kritik der Synthetischen Biologie

AutorIn
Markus Jansen

Der alte Traum von der Erzeugung „neuen Lebens“ und der Kontrolle über die Prozesse von Leben und Tod prägt auch die Synthetische Biologie - ihre technologische Entwicklung, ihr Modell des „Lebens“ und die damit verbundene Rhetorik.

„DNA ist die Software des Lebens“ - so lautet das Mantra der Synthetischen Biologie aus dem Mund ihres bekanntesten Pioniers, des amerikanischen Genetikers Craig Venter.1 Demnach kontrolliert die DNA - genau wie eine Computer-Software, die lediglich aus einer Kombination von Einsen und Nullen besteht, die Computer-Hardware hochfährt und steuert - die „Hardware des Lebens“, das heißt die Proteine einer Zelle oder eines Körpers.

Das Modell der Synthetischen Biologie setzt den „genetischen Code“ der vier Basen, aus denen die DNA besteht, Adenin (A), Cytosin (C), Guanin (G) und Thymin (T), mit dem digitalen Code - und damit auch mit dessen Programmierbarkeit - gleich. Die biologischen Grundbausteine der DNA, die vier Basen, und die Grundbausteine der digitalen Welt, Einsen und Nullen, sind dabei ineinander konvertierbare Verrechnungseinheiten.

Von diesem Modell geht Venter aus, wenn er in seiner Autobiografie in Bezug auf seine Versuche, künstliches Leben herzustellen, zum Beispiel von einem „‚Minimalbetriebssystem’ für das Leben“ spricht und damit die Mindestanzahl von Genen meint, die dafür notwendig ist, einen Organismus - um in der Terminologie zu bleiben - hochfahren zu können.2

Auf dem Weg ins synthetische Königreich

Venter, der sich seit Jahren in der Synthetischen Biologie betätigt, ist einer der umtriebigsten Unternehmer der globalen Biotech-Branche und weiß aus seinen „Forschungen“ am Leben unmittelbar Kapital zu schlagen.3 In einem Labor-Experiment, dessen Ergebnisse im Mai 2010 zum ersten Mal veröffentlicht wurden, synthetisierte er nach einer Computer-Vorlage aus über 1.000 einzelnen „DNA-Kassetten“ ein 1,08 Millionen Basenpaare umfassendes Genom des Bakteriums *M. mycoides* (die „Software“), versah es mit „genetischen Wasserzeichen“ und transferierte es in eine von eigener DNA entkernte Zelle eines anderen Bakteriums (die „Hardware“). Venter nannte diese Lebensform *M. mycoides JCVI-syn 1.0*.

Das erste genetische Wasserzeichen des Bakteriums enthielt unter anderem die in DNA verschlüsselten Namen von Venters Biotech-Firmen *J. Craig Venter Institute* und *Synthetic Genomics Inc*. Die Namensgebung macht deutlich, dass es sich hier weniger um ein Wasser-, denn um ein Brandzeichen der ökonomischen Verwertbarkeit handelt, in dem sich ein technokratischer Herrschaftsanspruch auf die Natur artikuliert und die beiden zentralen Machtvektoren der Gegenwart zusammenfallen: die biopolitische Kontrolle über das Leben und die Digitalisierung der Welt.

„Wir digitalisierten erfolgreich Biologie durch das Umwandeln des chemisch-analogen Codes der vier Buchstaben A, T, C, G in den digitalen Code des Computers (Einsen und Nullen)“, resümiert Venter die Anfänge der Genomsequenzierung. Nun sei man den umgekehrten Weg gegangen: Ausgangspunkt war diesmal der digitale Code des Computers, auf Basis dessen man die „chemische Information“ des DNA-Moleküls „wiedererschaffen“ und schließlich Zellen erzeugt habe, die „keine natürliche Geschichte“ hatten.[4] Und weil „biologische Information“ heute vollständig in den digitalen Code übersetzbar sei, könne man sie mittels eines „biologischen Teleporters“ in Lichtgeschwindigkeit überallhin senden und die DNA und „das Leben“ am anderen Ende der Leitung durch chemische Synthese „wiedererschaffen“. Mit diesen Technologien breche die Ära des „biologischen Designs“ an, proklamiert Venter.[5] Die Menschheit trete ein in „eine neue Phase der Evolution“, und der Unternehmer fragt: „Können wir im Labor einen Organismus züchten, der einen vollkommen neuen Zweig auf dem Baum des Lebens darstellt, einen Repräsentanten dessen, was manche das synthetische Königreich nennen?“ Zumindest theoretisch sei das möglich, so Venters Antwort, noch in diesem Jahrhundert werde Wissenschaft durch die Fähigkeit bestimmt werden, „synthetische Zellen zu erschaffen und Leben zu manipulieren“.[6]

DNA als Baustoff und digitales Speichermedium

Konkreter wird der Biologe George Church, der in jüngster Zeit vor allem mit Plänen, den Neandertaler und den Homo sapiens klonen zu wollen, Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat.[7] Auch für Church ist „Leben“ nichts anderes als eine „biologische Maschine“. Und in Zukunft sollen nicht nur neue Lebewesen aus DNA-Bausteinen hergestellt werden, sondern auch Gebrauchsgegenstände. DNA sei der „Baustoff der Zukunft“, und deshalb möchte Church zum Beispiel alle Arten von Maschinen, etwa Computer oder Kaffeeautomaten, mit atomgenauer Präzision aus DNA herstellen. „Sie entwerfen am Computer, was Sie haben wollen“, so Church, „und dann drücken Sie auf einen Knopf und stellen es aus DNA her.“[8]

Nicht nur als Baustoff, auch als Medium sucht George Church DNA zu etablieren. So hat er einen frühen Entwurf seines Buches *Regenesis* in DNA umgewandelt. Dabei standen die Basen A und C für Null, G und T für Eins. Insgesamt 53.418 Wörter, 11 Bilder im JPEG-Format und ein Javascript-Programm wurden von Church synthetisiert, das heißt digital-biologisch konvertiert und auf kleinen „DNA-Chips“ festgehalten.

Church fordert „DNA-Lesegeräte“ analog zu E-Books oder Tablets, mit denen DNA in digitale Dateien rückumgewandelt und auf einem Computer-Bildschirm dargestellt werden kann.[9] Und er denkt darüber nach, die immense Datenmenge des gesamten Internet in DNA-Molekülen zu speichern, als „ultimatives Back-Up“. Aufgrund der Langlebigkeit und der sehr kleinen Größe, so sein Argument, wäre es auch verhältnismäßig preiswert, DNA-Kopien des Internet in den Weltraum und zu fremden Planeten zu schicken.[10]

Damit liegt Church voll im Trend der Zeit, denn die Doktrin der Synthetischen Biologie - „Leben” und Welt sind nichts als digital - hat längst zum Einsatz von DNA als Speicher- und Verschlüsselungsmedium geführt: Eine digitale Datei wird mithilfe einer Software in eine Abfolge der Buchstaben A, C, G und T umgewandelt, die für die vier Basen der DNA stehen. DNA-Synthese-Unternehmen erzeugen aus der virtuellen Vorgabe ein biologisches DNA-Molekül („Schreiben“), das dann gefriergetrocknet per Post überallhin verschickt werden kann. Mit einer handelsüblichen DNA-Sequenziermaschine kann die Abfolge der Basen aus dem produzierten Molekül wieder rekonstruiert werden („Lesen“). Eine Software übersetzt diese DNA-Sequenz dann in die binäre Welt von Eins und Null zurück. Die so auf dem Umweg der DNA-Synthese und -

Sequenzierung wiederhergestellte, digitale Ursprungsdatei kann dann an einem Computer dargestellt oder abgespielt werden.

Ein anderes konkretes Produkt dieser technologischen Entwicklungsrichtung, einen „Bio-Computer“, präsentierte ein Team der Chinesischen Universität Hong Kong 2010 auf dem jährlich stattfindenden Wettbewerb *International Genetically Engineered Machines Competition* (iGEM).11 Die Nachwuchsforscher erzeugten aus dem Bakterium *E. coli* einen von ihnen „designten“ Prototypen des neuen Bakteriums *E. cryptor*, das als „biologisches System“ in der Lage ist, digitale Daten zu ver- und entschlüsseln sowie zu speichern. Die 26 Buchstaben des Alphabets wurden mit einem speziell dafür entwickelten Computer-Programm in einen vierstelligen Zahlencode und dieser dann in eine virtuelle DNA-Sequenz umgewandelt. Daraus synthetisierte DNA wurde schließlich als „biologischer Datenträger“ in die Zellen von E. cryptor eingebaut. Auf diese Weise erzeugte das Team aus Hong Kong ein „bakterielles Datenspeicher-System“ in lebenden Zellen, das als „Informationsspeicher“ eine „Bio-Festplatte“ und ein „Mikroben-Laufwerk“ benutzt, welche eine „Bio-Verschlüsselung“ von Daten und Information ermöglichen. Die gesamte US-amerikanische Unabhängigkeitserklärung von 1776 als codierte DNA würde in nur 18 einzelne Bakterienzellen von *E. cryptor* passen.12

Die Digitalisierung des Lebens: Keine neue Idee

Neben Francis Bacon, René Descartes und Jacques Loeb beziehen sich Apologeten der Synthetischen Biologie - so etwa Venter in seiner Selbstdarstellung - auf den Quantenphysiker Erwin Schrödinger, der 1933 den Nobelpreis für Physik gewann. Schrödinger vermutete, dass in den Chromosomen beziehungsweise Genen ein „ausgeklügelter Schlüssel“ enthalten sei, der die Vererbung und die Entwicklung des Organismus determiniere. Um die möglichen Anordnungen von Atomen eines Gens zu veranschaulichen und erklären zu können, schlug Schrödinger als Modell einen binären „Morsecode“ vor, der bei nur zwei Code-Elementen (Punkt und Strich) eine Vielzahl von Permutationen zuließe.13 Damit war Schrödinger 1943 der erste, der die Idee aufbrachte, das „Leben“ könnte digital-binär strukturiert sein.

Die moderne Molekulargenetik wurde ab Ende der 1940er-Jahre, also mit Beginn des Kalten Krieges, entscheidend durch die Kybernetik Norbert Wieners und durch die Informationstheorie von Claude Shannon geprägt. Organismen wurden in dieser Zeit (und vor allem in Amerika) zunehmend als „programmierte Kommunikationssysteme“ aufgefasst, denn der „Informationsdiskurs und seine Modi des Bezeichnens“, so die Wissenschaftshistorikerin Lily E. Kay, „verliehen den biologischen Wissenschaften - lange von ihrer Zweitrangigkeit geplagt - etwas vom hohen Status und den Zukunftsaussichten der Steuerungs- und Kontroll-Forschungsfelder.“14 Die einflussreichen Vorstellungen John von Neumanns aus dem Jahr 1948 zu „biologischen Automaten“ beispielsweise gehören in diesen Zusammenhang.15 Den ersten Versuch, Lebewesen auf ein quantifizierbares Maß an Information, an Bits, zu reduzieren, unternahmen kurz darauf dann der Radiologe Henry Quastler und der Physiker Sidney M. Dancoff: Sie stellten 1953 einen biomathematischen Ansatz vor, um den Informationsgehalt von „lebendigen Dingen“ zu bestimmen.16

Dass diese Konzeptionen auch durch Kalküle des (Kalten) Krieges determiniert waren, ist nicht zuletzt dem militärischen Kontext geschuldet, in dem sie entstanden: Quastler und Dancoff arbeiteten am *Control Systems Laboratory*, einem Joint Venture zwischen der Universität Illinois und dem amerikanischen Militär, und der bekennende Militarist von Neumann war unter anderem in den Bau der amerikanischen Atombombe involviert.17

Ethische Grenzgebiete

Jenseits der Oberflächen blinkender Bildschirme und publicityträchtiger Inszenierungen von Wissenschaft erweist sich die Synthetische Biologie im Kern als eine eminent gefährliche Risikotechnologie, deren Kurz- und Langzeitfolgen niemand auch nur annähernd abschätzen kann. Was passiert, wenn künstlich hergestellte Organismen in die Natur entlassen werden und in die Nahrungskette von Tieren und auch des Menschen

gelangen? Welche Auswirkungen hat die Synthetische Biologie auf die ökologischen Kreisläufe der Erde? Wird es - analog zur „klassischen“ Risikotechnologie des 20. Jahrhunderts, der Atomkraft - so etwas wie eine biologische Kontamination durch synthetische Organismen geben? Wie ist die Gefahr von synthetischen Biowaffen einzuschätzen, die sich mit geringem finanziellen und noch geringerem intellektuellen Aufwand herstellen ließen? Unwahrscheinlich jedenfalls ist, dass sich Synthetische Biologen auf lange Sicht damit zufriedengeben werden, nur die Genome von einzelligen Bakterien am Computer zu designen und zum „Leben“ zu erwecken.

- 1Venter, Craig: Life at the speed of light. From the double helix to the dawn of digital life, London 2013, S. 7.
- 2Zitat in ders.: Entschlüsselt. Mein Genom, mein Leben, Frankfurt am Main 2009, S. 533.
- 3Venter inszenierte sich zum Beispiel im Wettlauf um die „Entschlüsselung“ des humanen Genoms gegen Ende des 20. Jahrhunderts als Rivale des staatlichen Genomprojektes. Auch ließ er im Jahr 2007 sein Genom sequenzieren und veröffentlichte das Ergebnis im Internet.
- 4Venter 2013, a.a.O., S. 125.
- 5Ebd., S. 6 f.; S. 160-178.
- 6Ebd., S. 131.
- 7Church ist Professor für Genetik an der Harvard Medical School, Leiter des expandierenden Personal Genome Project und amerikanischer Genompionier der ersten Stunde.
- 8Church, George: „Biologie ist Präzisionsarbeit“, in: Der Spiegel, Nr. 3, 14.01.2013, S. 110-113.
- 9Church, George/Regis, Ed: Regenesis. How synthetic biology will reinvent nature and ourselves, New York 2012, S. 269 ff.
- 10Ebd., S. 34.
- 11Der Wettbewerb fand erstmals 2003 am Massachusetts Institute of Technology (MIT) statt und wendet sich an den akademischen Nachwuchs weltweit. George Church ist eine der zentralen Figuren im Umfeld von iGEM.
- 12Church/Regis, a.a.O., S. 195 f.
- 13Schrödinger, Erwin: Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet, München 1987, S. 111.
- 14Kay, Lily E.: Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?, Frankfurt am Main 2005, S. 162.
- 15Neumann, John von: The general and logical theory of automata, in: Jeffress, Lloyd A. (Hg.): Cerebral mechanisms in behavior. The Hixon Symposium, New York/London 1967. Weil der Computer-Pionier Lebewesen schon damals als digitale Maschinen bezeichnete, sieht Venter in ihm heute ein „Genie“. Vgl. Venter 2013, a.a.O., S. 19.
- 16Dancoff, Sidney M./Quastler, Henry: The information content and error rate of living things, in: Quastler, Henry (Hg.): Essays on the use of information theory in biology, Urbana 1953.
- 17Siehe generell zum historischen Kontext Kay, a.a.O.

Informationen zur Veröffentlichung

Erschienen in:
GID Ausgabe 228 vom Februar 2015
Seite 31 - 33