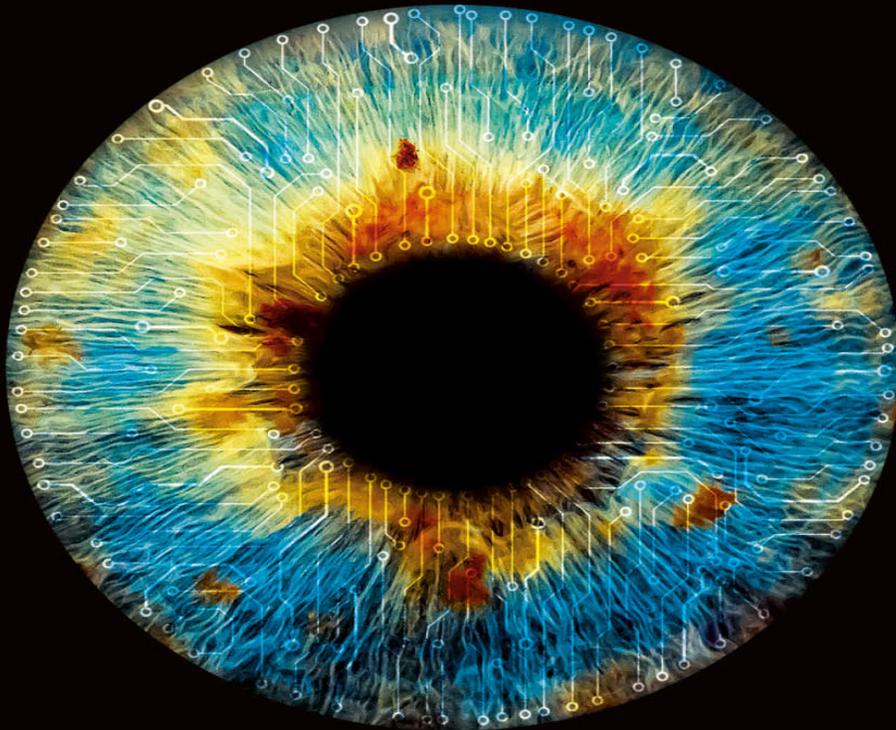


DIE
NEUENTDECKUNG
DER
SCHÖPFUNG

**WIE (UNSER) LEBEN DURCH SYNTHETISCHE
BIOLOGIE NEU DEFINIERT WIRD**



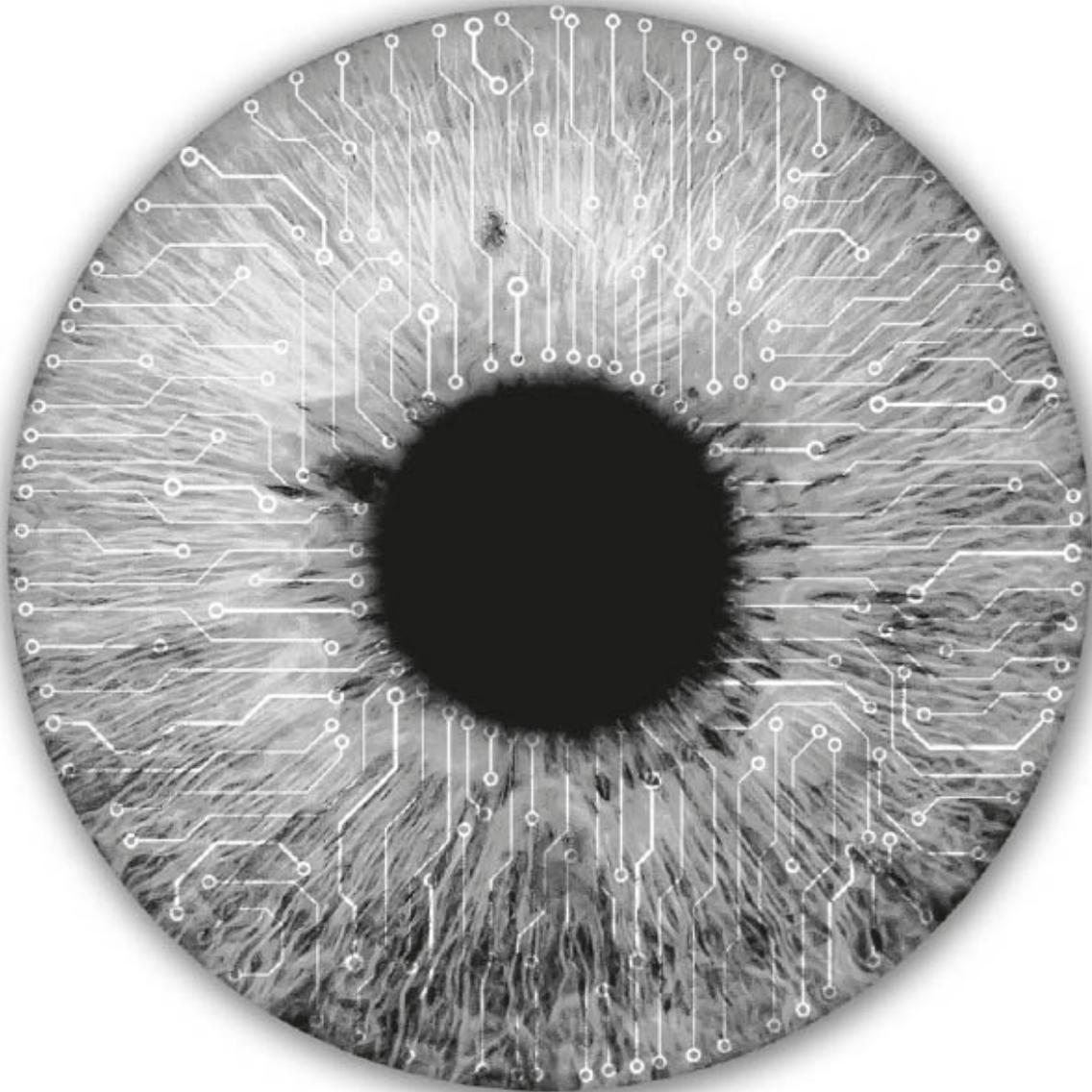
AMY WEBB
ANDREW HESSEL

PLASSEN
VERLAG

AMY WEBB
ANDREW HESSEL

DIE
NEUENTDECKUNG
DER
SCHÖPFUNG

**WIE (UNSER) LEBEN DURCH SYNTHETISCHE
BIOLOGIE NEU DEFINIERT WIRD**



PLASSEN
VERLAG

Die Originalausgabe erschien unter dem Titel
The Genesis Machine: Our Quest to Rewrite Life in the Age of Synthetic Biology
ISBN 978-1-5417-9791-8

Copyright der Originalausgabe 2022:
Copyright © 2022 by Amy Webb and Andrew Hessel

This edition published by arrangement with Public Affairs, an imprint of
Perseus Books, LLC, a subsidiary of Hachette Book Group Inc., New York, New
York, USA. All rights reserved.

Copyright der deutschen Ausgabe 2022:
© Börsenmedien AG, Kulmbach

Übersetzung: Matthias Schulz
Coveridee: Pete Garceau
Covergestaltung: Timo Boethelt
Coverabbildung: © iStock/Getty Images
Gestaltung und Satz: Sabrina Slopek
Lektorat: Egbert Neumüller
Druck: GGP Media GmbH, Pößneck

ISBN 978-3-86470-803-9
eISBN 978-3-86470-804-6

Alle Rechte der Verbreitung, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der
fotomechanischen Wiedergabe und der Verwertung durch Datenbanken oder
ähnliche Einrichtungen vorbehalten.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche
Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

BÖRSEN  MEDIEN
A K T I E N G E S E L L S C H A F T

Postfach 1449 • 95305 Kulmbach

Tel: +49 9221 9051-0 • Fax: +49 9221 9051-4444

E-Mail: buecher@boersenmedien.de

www.plassen.de

www.facebook.com/plassenbuchverlage

www.instagram.com/plassen_buchverlage

*Für Kaiya, weise und hell.
Und für Steve, der mich rebootet hat.*

- AMY WEBB

*Für Hani, Ro und Dax, wegen der
Lehren über das Leben.*

- ANDREW HESSEL

INHALT

Einleitung: Sollte das Leben ein Glücksspiel sein?

TEIL EINS: Ursprünge

1. Schlechte Gene lehnen wir ab: Die Geburt der Genesis-Maschine
2. Wettrennen zur Startlinie
3. Die Bausteine des Lebens
4. Gott, eine Kirche und ein Wollhaarmammut

TEIL ZWEI: Jetzt

5. Die Bioökonomie
6. Das biologische Alter
7. Neun Risiken

8. Die Geschichte vom Goldenen Reis

TEIL DREI: Zukünfte

- 9. Betrachtungen zum neuerdings Plausiblen
- 10. Szenario 1: Erschaffen Sie sich Ihr Kind mit Wellspring
- 11. Szenario 2: Als wir das Altern abschafften
- 12. Szenario 3: Akira Golds Restauranttipps 2037
- 13. Szenario 4: Der Untergrund
- 14. Szenario 5: Das Memo

TEIL VIER: Die Zukunft

- 15. Ein Neuanfang

Epilog

Danksagung

Endnoten

Bibliografie

Über die Autoren

EINLEITUNG

Sollte das Leben ein Glücksspiel sein?

AMY: Als ich das erste Mal ein scharfes Ziehen im Bauch verspürte, befand ich mich gerade in einem wichtigen Meeting mit einem Kunden. Rund um den Tisch saßen ranghohe Führungskräfte eines multinationalen Informationstechnologie-Unternehmens. Wir arbeiteten gemeinsam an der langfristigen Strategie der Firma, als der stechende Schmerz erneut einsetzte. Rasch übergab ich die Leitung des Meetings an einen Kollegen und rannte auf die Toilette. Als ich dort ankam, hatte eine Schicht klebriges, dunkles Blut bereits meine schwarze Strumpfhose durchnässt und haftete nun an der Innenseite meiner Oberschenkel. Ich konnte nicht atmen. Es war mir buchstäblich unmöglich, meinen Körper mit Sauerstoff zu versorgen. Ich sackte über der Toilette zusammen und

erlaubte mir endlich ein Schluchzen, aber leise, damit es niemand hören konnte.

Ich war in der achten Woche gewesen. Für die folgende Woche war eine erste Ultraschalluntersuchung geplant. Ich hatte mir bereits Namen für das Baby überlegt - Zev für einen Jungen, Sacha für ein Mädchen. Während ich meine Beine und den Boden vom Blut säuberte, suchte ich nach Antworten, kehrte aber immer wieder zur selben Mischung aus Wut und Selbstvorwürfen zurück. Es war meine Schuld. Ich musste etwas falsch gemacht haben.

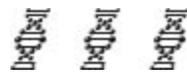
Als ich das Stechen zum dritten Mal spürte, wusste ich bereits, auf was ich mich einzustellen hatte - Blutverlust und einen peinlichen Gang zur Drogerie, um mir Maxi-Slipeinlagen zu besorgen, gefolgt von tiefer Depression, Schlaflosigkeit und einem Strom von Fragen, auf die es keine Antwort gab. Mein Ehemann und ich suchten die besten Fruchtbarkeitsexperten von Manhattan und Baltimore auf und unterzogen uns sämtlichen Tests, die man uns anbot - Bluttests, um meine Hormonspiegel zu messen, Tests, die feststellen sollten, dass ich ausreichend Eizellen in Reserve hatte, Tests, die feststellen sollten, ob ich gutartige Wucherungen oder Zysten hatte, die für Probleme sorgten. Was wir erhielten, waren keine Antworten, sondern grobe Hightech-Schätzungen.

Wir versuchten es weiter, bei einer erneuten Schwangerschaft schaffte ich es bis zum wichtigen Meilenstein nach vier Monaten, und endlich erlaubten wir uns, aufgeregt zu sein. Wir suchten die gynäkologische Praxis für eine Routineuntersuchung auf. Ich war in der 18. Woche, und mein Bauch begann sich zu wölben. Ich lag auf dem Untersuchungstisch, eine Technikerin spritzte mir kaltes Gel auf den Bauch und verteilte es mit dem Schallkopf des Ultraschallgeräts. Sie gab etwas in ihre Tastatur ein und zoomte dann in ein körniges, überwiegend

schwarzes Video hinein. Sie entschuldigte sich, murmelte etwas über ihre alten Gerätschaften und verließ den Untersuchungsraum. Als sie zurückkehrte, hatte sie ein neues Gerät und meinen Arzt dabei. Erneut schmierte sie mich mit dem kalten Gel ein, klickte auf der Tastatur herum und zoomte herein. Sie schaute meinen Arzt an und dann zögernd mich.

An den genauen Wortlaut kann ich mich nicht mehr erinnern, aber ich weiß noch, dass der Arzt meine Hand ergriff und mein Mann in Tränen ausbrach. Man würde mir operativ das fötale Gewebe entfernen. Letztlich sagte man mir, dass aus medizinischer Sicht alles mit uns in Ordnung sei. Wir waren beide Anfang 30. Wir waren gesund. Wir konnten schwanger werden. Das Problem schien darin zu bestehen, dass ich nicht schwanger *bleiben* konnte.

Jede sechste Frau erlebt eine Fehlgeburt, und es gibt nicht *den einen* Grund dafür. Am häufigsten handelt es sich um eine Chromosomenanomalie. Das bedeutet, bei der Zellteilung des Embryos läuft etwas schief, und es hat nichts mit dem Gesundheitszustand oder dem Alter der Eltern zu tun. Es sei nicht meine Schuld, erklärte man mir. Mein Körper arbeitete einfach nicht mit.¹



ANDREW: Seit ich zehn Jahre alt war, stand eines für mich unumstößlich fest: Eigene Kinder wollte ich niemals haben. Wir lebten damals auf einem Hof am Stadtrand von Montreal. Meine Eltern kamen nicht gut miteinander aus, infolgedessen auch nicht mit mir und meinen beiden Geschwistern. Wir drei waren in rascher Folge zur Welt gekommen: Mein Bruder war ein Jahr jünger als ich, meine

Schwester ein Jahr älter. Als meine Eltern uns erklärten, dass sie sich trennen würden, war ich nicht aufgebracht, aber ich weiß noch, dass ich dachte: „Als Nonne wäre meine Mutter glücklicher geworden.“ Stattdessen lebte sie fortan als alleinerziehende Mutter und arbeitete als Nachtschwester.

Tagsüber, wenn wir in der Schule waren, schlief sie. Dass wir alle eigenständige, fähige Kinder waren, war in dieser Lage hilfreich. Ich flüchtete häufig in die Bücherei – mein zweites Zuhause –, wo ich zwischen den Regalen lebte. Bergeweise schleppte ich die Bücher nach Hause und verabschiedete meine Mutter, wenn sie um 22 Uhr zur Arbeit ging. Ich passte auf meine Geschwister auf und las ihnen häufig bis zum Morgengrauen vor, wenn meine Mutter nach Hause kam. Geschichten über traditionelle Kernfamilien kamen mir merkwürdig vor, ich hatte zu etwas Derartigem keinen Bezug. Sinn ergaben aus meiner Sicht die verlässliche Logik des Ingenieurwesens, die Wunder der Biologie und die Visionen der Science-Fiction. Manchmal blieb ich, während mein Bruder und meine Schwester einschliefen, noch wach, las und dachte über das Leben nach – woher riesengroße und mikroskopisch kleine Kreaturen wohl kamen, wie sie sich entwickelten und was wohl aus ihnen werden würde.

Als ich 18 Jahre alt war, wollte ich die Grundlagen des Lebens studieren – Genforschung, Zellbiologie, Mikrobiologie. Aber eigene Kinder? Nein, vielen Dank. Damals schrieb ich Software und Datenbanken, dachte in Gencode und Computercode und sah ein Leben vor mir, das der Forschung gewidmet war. Sex war faszinierend, Kinder nicht. Männliche Geburtenkontrolle gab es nur in mechanischer Form, nicht in medizinischer, und sie war alles andere als verlässlich. Die garantierte Lösung bestand in einer Vasektomie, also suchte ich meinen Arzt auf und

bat um eine. Zunächst protestierte er: Ich war 18 Jahre alt, kaum erwachsen und wohl kaum alt genug für eine derart drastische Entscheidung. Vasektomien seien umkehrbar, hielt ich dagegen, und wenn ich Zweifel hätte, könnte ich ja Sperma einfrieren lassen. Ich hatte aber keine Zweifel. Mit meiner Entschlossenheit überzeugte ich ihn, und er verwies mich an Urologen, aber es sollte letztlich trotzdem sechs Jahre dauern, bis die Schere angesetzt wurde. Die meisten Spezialisten hielten mich für voreilig und unreif. Ich argumentierte, dass ich doch bloß versuchte, verantwortungsvoll zu sein. Aber nachdem ich die Vasektomie bekam, gab es keine Garantie, dass ich eines Tages vielleicht doch würde Kinder zeugen können.

30 Jahre später lernte ich bei einer Konferenz eine wunderschöne Frau kennen, deren Augen zu leuchten begannen, wenn ich über Zellen sprach und die meine langatmigen Ausführungen über DNA als Software geduldig über sich ergehen ließ. Eines Morgens lag ich neben ihr in ihrem Apartment in Manhattan, als mich ein furchteinflößendes neues Gefühl überfiel – ich wollte Kinder. Ich wollte diese Familie, mit dieser Frau an meiner Seite. Aber ich war mittlerweile Ende 40 und wusste ganz genau, worauf ich mich medizinisch und biologisch einzustellen hatte. Als wir beschlossen, ein Kind zu bekommen, waren wir beide voller Hoffnung, aber auch realistisch.

Am Tag des Refertilisierungs-Eingriffs hielt ich den Blick starr auf die Decke gerichtet, während mich das Personal in einen Operationsraum schob. Die Lichter schossen in einem rhythmischen Muster vorbei, und mit jedem blitzartigen Lichtschub kehrte ich zurück zur Warnung des Arztes vor so vielen Jahren. Ich dachte, wie überraschend Lebenswege sich doch verändern können. Die Samenleiter, die meine Hoden mit der Harnröhre verbinden und über

die das Spermium meinen Körper hätte verlassen können, waren weder geklammert noch abgebunden worden, was den Eingriff leicht gemacht hätte. Nein, bei mir hatte der Chirurg die Samenleiter vollständig durchtrennt und ausgebrannt, damit es nicht zu Leckagen kommt. Bei mir würde ein anspruchsvolles mikrochirurgisches Vorgehen unter Vollnarkose erforderlich werden, um die Samenleiter wieder zu verbinden.

18 Monate lang versuchten wir, schwanger zu werden, aber ohne Erfolg. Ich wusste, was nicht stimmte - und wie wenig ich nun dagegen unternehmen konnte. Die Operation war erfolgreich verlaufen, aber das System in meinem Körper war zu lange heruntergefahren gewesen. Mechanisch war alles in Ordnung mit mir. Mein Körper arbeitete einfach nicht mit.



Hier und heute schreiben Wissenschaftler die Regeln unserer Realität neu. Die Angst und die Qual, die wir beide erlebten, während wir uns bemühten, Eltern zu werden, könnte in wenigen Jahrzehnten zur absoluten Ausnahme geworden sein. Ein neues Forschungsfeld kommt mit dem Versprechen daher, zu zeigen, wie das Leben entsteht und wie es für zahllose unterschiedliche Zwecke nachgebaut werden kann - um uns zu helfen, ohne verschreibungspflichtige Arzneien gesund zu werden; um Fleisch zu züchten, für das keine Tiere sterben mussten; und um in unsere Familienplanung einzugreifen, sollte die Natur uns im Stich lassen. Dieses Feld heißt synthetische Biologie und verfolgt ein einziges Ziel: Zugriff auf Zellen zu

erhalten, um neuen - nach Möglichkeit besseren - biologischen Code schreiben zu können.

Im 20. Jahrhundert befasste sich die Biologie vor allem damit, Dinge auseinanderzunehmen (Gewebe, Zellen, Proteine) und zu erforschen, wie sie funktionieren. In diesem Jahrhundert dagegen versucht ein neuer Schlag von Wissenschaftlern, aus den Bausteinen des Lebens neue Materialien zu konstruieren, während viele andere auf dem jungen Feld der synthetischen Biologie bereits Erfolge vorweisen können. Ingenieure entwerfen Computersysteme für Biologie, Start-up-Unternehmen verkaufen Drucker, die Computercode in lebende Organismen verwandeln. Netzwerkarchitekten setzen DNA als Festplattenlaufwerk ein. Wissenschaftler züchten Body-on-a-Chip-Systeme: Stellen Sie sich einen durchscheinenden Dominostein vor, der menschliche Organe im Nanobereich enthält, die leben und außerhalb des menschlichen Körpers wachsen. Gemeinsam haben Biologen, Ingenieure, Computerwissenschaftler und viele andere eine Genesis-Maschine erschaffen - einen komplexen Apparat aus Menschen, Forschungslaboren, Computersystemen, Behörden und Unternehmen, die das Leben neu interpretieren oder völlig neue Formen von Leben erschaffen.

Die Genesis-Maschine wird eine große Umwandlung der Menschheit vorantreiben, ein Prozess, der bereits begonnen hat. Schon bald wird das Leben kein Glücksspiel mehr sein, sondern das Ergebnis von Design, Selektion und Auswahl. Die Genesis-Maschine wird bestimmen, wie wir Familie wahrnehmen und wie wir sie definieren, wie wir Krankheiten identifizieren und wie wir mit dem Alter umgehen, wo wir unser Zuhause aufschlagen und wie wir uns ernähren. Sie wird eine zentrale Rolle bei unserem Umgang mit dem Klima-Notstand spielen und früher oder

später auch bei unserem langfristigen Überleben als Spezies.



In der Genesis-Maschine fließen viele unterschiedliche Arten Biotechnologie zusammen, aber sie alle sind dafür angelegt, das Leben zu bearbeiten und umzugestalten. Unter dem Schirm der synthetischen Biologie versammelt sich eine Reihe neuer Biotechnologien und -techniken, die es uns nicht nur erlauben werden, DNA zu lesen und zu manipulieren, sondern auch, sie zu schreiben. Und das bedeutet, dass wir schon bald lebende biologische Strukturen programmieren werden, als handele es sich um winzige Computer.

Dank einer dieser Technologien – CRISPR/Cas9 – ist es seit Beginn der 2010er-Jahre möglich, Gene zu bearbeiten.² Wissenschaftler sprechen hier gern von einer „Genschere“, weil diese Technologie biologische Prozesse nutzt, um Erbgutinformationen auszuschneiden und wieder einzukleben. CRISPR macht regelmäßig Schlagzeilen im Zusammenhang mit bahnbrechenden medizinischen Interventionen, wenn etwa Gene blinder Menschen so bearbeitet werden, dass sie wieder sehen können. Bei CRISPR werden aus DNA-Molekülen physisch wie mit einer Schere Teile ausgeschnitten und anschließend wie in einer Art biologischer Collage neu sortierter Buchstaben wieder verklebt. Das Problem dabei: Die Wissenschaftler können die Änderungen, die sie an einem Molekül vornehmen, nicht sofort erkennen. Für jeden Schritt sind im Labor Manipulationen erforderlich, die dann per Experiment

validiert werden müssen. Das macht diese Arbeit sehr indirekt, arbeitsintensiv und zeitaufwendig.

Synthetische Biologie digitalisiert diese Form der Manipulation. Man gibt DNA-Folgen in Softwaretools ein - stellen Sie sich einen Texteditor für DNA-Code vor - und kann dann Änderungen genauso leicht vornehmen wie bei einem Textverarbeitungsprogramm. Ist der Wissenschaftler zufrieden mit der von ihm geschriebenen oder überarbeiteten DNA, wird mit einer Art 3D-Drucker ein völlig neues DNA-Molekül geschrieben. Dieser Prozess, digitalen Gencode in molekulare DNA zu übertragen, heißt DNA-Synthese, und die dabei verwendete Technologie wird rasant besser. Heute ist es völlig normal, DNA-Ketten mit mehreren Tausend Basenpaaren zu drucken, die dann zu neuen metabolischen Wegen für eine Zelle zusammengesetzt werden oder sogar zum vollständigen Genom einer Zelle. Wir können biologische Systeme nun genauso programmieren, wie wir Computer programmieren.

Diese wissenschaftlichen Innovationen haben dazu geführt, dass eine rasch wachsende Industrie für synthetische Biologie entstanden ist, die Anwendungen von hohem Nutzen erschaffen möchte, beispielsweise Biomaterialien, Treibstoffe und Chemikalien, Arzneien, Impfstoffe und sogar konstruierte Zellen, die als winzigste Roboter fungieren. Die Fortschritte im Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) verleihen dem Forschungsbereich spürbar Schub, denn je besser die KI wird, desto mehr biologische Anwendungen können getestet und realisiert werden. Je mächtiger die Softwaretools werden und je besser die Technik zum Drucken und Zusammenfügen von DNA wird, desto einfacher wird für Entwickler die Arbeit an immer komplexeren biologischen Kreationen. Ein wichtiges

Beispiel: Wir werden schon bald imstande sein, jedes Virusgenom von Grund auf zu schreiben. Das mag zunächst wie eine furchteinflößende Aussicht wirken, wenn man bedenkt, dass das Coronavirus SARS-CoV-2, das Covid-19 verursacht, während wir dies schreiben, weltweit bereits über 4,2 Millionen Menschenleben gekostet hat.³

Viren wie SARS-CoV-2 und davor SARS, H1N1, Ebola und HIV waren so schwierig einzudämmen, weil es sich bei ihnen um wirkungsvollen mikroskopischen Code handelt, der sich innerhalb eines ungeschützten Wirts ausbreiten und ungehemmt reproduzieren kann. Stellen Sie sich ein Virus wie einen USB-Stick vor, den Sie in Ihren Computer stecken. Ein Virus agiert wie ein USB-Stick, indem er sich an eine Zelle ankoppelt und neuen Code aufspielt. Während wir gerade eine weltweite Pandemie durchleben, mag das bizarr klingen, aber Viren könnten durchaus unsere Hoffnung für eine bessere Zukunft darstellen.

Stellen Sie sich einen App Store für synthetische Biologie vor, aus dem Sie neue Fähigkeiten für jede Zelle, Mikrobe, Pflanze und jedes Lebewesen herunterladen können. Forscher aus Großbritannien haben 2019 erstmals das Genom von *Escherichia coli* von Grund auf synthetisiert und programmiert.⁴ Als Nächstes werden die Gigabasen umfassenden Erbgutinformationen mehrzelliger Organismen - von Tieren, Pflanzen, des Menschen - synthetisiert. Eines Tages werden wir über die technischen Grundlagen verfügen, um jede erbliche Krankheit der Menschheit zu heilen, und auf dem Weg dorthin werden wir eine kambrische Artenexplosion auslösen. Es werden konstruierte Pflanzen und Tiere auftauchen, die für heute nur schwer vorstellbare Zwecke eingesetzt werden, die aber dazu beitragen werden, die globalen Herausforderungen der Milliarden Menschen auf diesem

Planeten zu lösen, sei es bei der Ernährung, der Bekleidung, der Unterkunft oder der Betreuung.

Das Leben wird programmierbar, und synthetische Biologie gibt das kühne Versprechen ab, die menschliche Existenz zu verbessern. Wir möchten Ihnen mit diesem Buch dabei helfen, über die Herausforderungen und die Möglichkeiten nachzudenken, die sich am Horizont abzeichnen. Innerhalb der nächsten Dekade werden wir wichtige Entscheidungen treffen müssen: Wollen wir neuartige Viren für die Bekämpfung von Krankheiten programmieren? Wie soll genetischer Datenschutz aussehen? Wem werden lebende Organismen „gehören“? Auf welche Weise sollten Unternehmen mit konstruierten Zellen Geld verdienen können? Wie lässt sich gewährleisten, dass ein synthetischer Organismus nicht unbeabsichtigt aus einem Labor entweicht? Welche Änderungen würden Sie vornehmen, wenn Sie Ihren Körper neu programmieren könnten? Würden Sie darüber nachdenken, Ihre künftigen Kinder bearbeiten zu lassen? Wenn ja, welche Änderungen würden Sie vornehmen? Wären Sie bereit, zur Eindämmung des Klimawandels GVO (genetisch veränderte Organismen) zu essen?

Wir sind gut darin geworden, unsere Spezies mit natürlichen Ressourcen und chemischen Prozessen über die Runden zu bringen. Jetzt erhalten wir die Gelegenheit, neuen Code zu schreiben, der auf derselben Architektur basiert wie alles Leben auf diesem Planeten. Die synthetische Biologie verspricht eine Zukunft, die auf der mächtigsten nachhaltigen Fertigungsplattform beruht, die der Menschheit je zur Verfügung stand. Wir stehen an der Schwelle zu einer atemberaubenden neuen industriellen Evolution.

Sprechen wir heute über künstliche Intelligenz, schlagen sich in diesen Gesprächen unbegründete Ängste und

Optimismus nieder, irrationale Begeisterung über das vermeintliche Marktpotenzial und vorsätzliche Ignoranzbekundungen unserer gewählten Vertreter. Ähnliche Gespräche werden wir schon bald zum Thema synthetische Biologie führen, einem Wirtschaftszweig, in den wegen des neuartigen Coronavirus mehr und mehr Investitionen fließen. Das hat zur Folge, dass es rascher zu Durchbrüchen bei mRNA-Impfstoffen, Möglichkeiten der Eigendiagnose und bei antiviralen Medikamenten kommt. Jetzt ist der rechte Zeitpunkt, die Gespräche zu dem Thema ins öffentliche Bewusstsein zu bringen. Wir können uns schlichtweg nicht den Luxus leisten, noch länger zu warten.

Das Versprechen dieses Buches ist einfach und direkt: Wenn es uns heute gelingt, eine Haltung und eine Strategie für den Umgang mit synthetischer Biologie zu entwickeln, dann rücken Lösungen für die unmittelbaren und langfristigen existenziellen Herausforderungen näher, die der Klimawandel, die unsichere globale Lebensmittelversorgung und die immer längere Lebensdauer der Menschen darstellen. Wir können uns heute darauf vorbereiten, den nächsten Virusausbruch mit einem Virus zu bekämpfen, das wir konstruieren und in die Schlacht schicken. Zögern wir, aktiv zu werden, könnte die Zukunft der synthetischen Biologie von Grabenkämpfen über Urheberrechte und nationale Sicherheit entschieden werden, von langwierigen Gerichtsverfahren und Handelskriegen. Wir müssen gewährleisten, dass die Fortschritte bei der Genforschung der Menschheit helfen und ihr nicht unumkehrbaren Schaden zufügen.

Der Code für unsere Zukunft wird heute geschrieben. Indem wir diesen Code erkennen und seine Bedeutung entziffern, läuten wir die neue Schöpfungsgeschichte der Menschheit ein.

In diesem Buch geht es um das Leben – darum, wie es entsteht, wie es codiert ist und welche Werkzeuge es uns bald erlauben werden, unser genetisches Schicksal selbst in die Hand zu nehmen. Es geht auch um das Recht, Entscheidungen über das Leben zu treffen, für eine neue Generation definiert entlang wissenschaftlicher, aber auch ethischer, moralischer und religiöser Begriffe. Wem werden wir angesichts der mächtigen Systeme die Autorität gewähren, Leben zu programmieren, neue Lebensformen zu erschaffen und möglicherweise sogar frühere Lebensformen wieder zum Leben zu erwecken? Die Antworten auf diese Frage werden die Menschheit zwingen, wirtschaftliche, geopolitische und gesellschaftliche Spannungen zu lösen.

- Wer das Leben manipulieren kann, der kann Kontrolle über unsere Lebensmittelversorgung, Arzneimittel und die für unser Überleben unabdingbaren Rohstoffe übernehmen.
- Gesundheit und Wohlergehen hängen künftig zumindest teilweise von den Unternehmen ab, die in die Rechte an Gencode und die für Veränderungen notwendigen Prozesse investieren und sie kontrollieren.
- Genome Editing und DNA-Synthese sind die technischen Eckpfeiler der synthetischen Biologie, und der Weltmarkt für diese Werkzeuge boomt. Es herrscht allerdings starke Uneinigkeit, ob diese Werkzeuge und unsere genetischen Rohdaten allen zur Verfügung stehen sollten oder ob man sie stattdessen in proprietären Datenbanken aufbewahrt und Lizenzen nur an jene vergibt, die sich den Zugang leisten können.

- Start-up-Unternehmen, die mit Wagniskapital ausgestattet werden, können allein mit Grundlagenforschung die Investitionen nicht zurückzahlen, insofern stehen sie häufig unter Druck, innerhalb überschaubarer Zeitrahmen Produkte zu entwickeln, die sich vermarkten lassen. Privat finanzierte Unternehmen haben den Freiraum für Innovation, während staatlich finanzierte Biotechnologie-Forschung eher langsam vonstattengeht und traditionellen Praktiken folgt.
- Ohne ein Mandat („Wir wollen das Rennen ins All gewinnen“, „Wir benötigen einen wirksamen Impfstoff“) belohnen staatliche Fördermittel Kompetenz und Konservatismus, anstatt Anreize für Schnelligkeit, Innovation oder weit vorausschauende Ansätze zu geben.
- Die Kreise, die Gesetze erlassen, die Politik beeinflussen, Regulierungen entwickeln und durchsetzen und die Einhaltung von Gesetzen überwachen, verfügen über gewaltige Macht, was unsere Zukunft anbelangt. Derzeit herrscht kein Konsens, was beim Manipulieren von menschlichem, tierischem oder pflanzlichem Leben akzeptabel ist und was nicht.
- Ebenfalls kein Konsens herrscht bei der Frage, wie Entscheidungen zu treffen sind, von denen die Menschheit auf planetarer Ebene profitieren könnte. In den Vereinigten Staaten sind völlig neue Lebensformen in der Entwicklung, wie es sie nie zuvor gegeben hat, einige haben bereits den Sprung von Computercode zu lebendem Gewebe hinter sich.

- Chinas Präsident Xi Jinping hat verkündet: „China muss Wissenschaft und Technologie energisch entwickeln und danach streben, der führende Wissenschaftsstandort und ein innovatives Hochland zu werden“, wobei ein zentraler Schwerpunkt darauf liegen soll, Leben umschreiben zu können.⁵ Chinas strategischer Fahrplan sieht eine umfassende Datenbank für Erbgutinformationen ebenso vor wie einen aggressiven Zeitrahmen für die Kommerzialisierung konstruierter lebender Systeme. Die Landesführung will innerhalb der Wertschöpfungskette aufsteigen – weg vom Image als „Werkbank der Welt“ und hin zum globalen Anführer in modernen Wirtschaftszweigen wie Biotechnologie und künstliche Intelligenz.⁶
- Die Vereinigten Staaten und China mögen voneinander abhängig sein und einander benötigen, damit die eigene Volkswirtschaft gedeihen kann, aber das Streben Chinas, zur Nummer 1 in Technologie, Forschung und Wirtschaft aufzusteigen, belastet das Verhältnis der beiden Staaten seit Langem. Ein abgestimmter und umsetzbarer Plan ist von zentraler Bedeutung, denn unsere aktuellen geopolitischen Spannungen verlaufen anders als frühere Konflikte.
- Die Möglichkeit, Leben zu überarbeiten und neu zu schreiben, bringt tiefgreifende gesellschaftliche Folgen mit sich. Wir müssen nach einem Gleichgewicht streben, das dafür sorgt, dass die Öffentlichkeit nicht das Vertrauen verliert, gleichzeitig aber den biotechnologischen Fortschritt nicht allzu stark bremst. Wir werden unseren Wunsch nach Datenschutz mit den

Neuerungen vereinbaren müssen, die gewaltige Gencode-Datensätze mit sich bringen.

- Wir müssen festlegen, wie diese Technologie gerecht und allen zugänglich gestaltet werden soll. Eine Spaltung ist dennoch unvermeidbar, denn nicht jeder wird der Wissenschaft trauen oder Zugang zu den modernsten Werkzeugen haben. Aus diesem Grund müssen wir uns darauf einstellen, dass es schwierige Gesellschaftsthemen zu verhandeln geben wird, etwa was den Umgang mit einer „genetischen Kluft“ anbelangt. Teil des Problems wird der Graben zwischen Menschen mit verbessertem Gencode (vielleicht verfügen sie über besondere Fähigkeiten oder genießen spezielle Privilegien) und Menschen sein, die keinerlei Eingriffe in ihr Erbgut haben vornehmen lassen.

In diesem Buch geht es auch um Sie und Ihr Leben und um die Entscheidungen, die Sie im Verlauf Ihres weiteren Lebens werden treffen müssen. Wir stehen vor gewaltigen Veränderungen, und Sie müssen Ihre eigene Zukunft aktiv mitbestimmen, indem Sie heute wohldurchdachte Entscheidungen fällen. Sie werden Entscheidungen treffen müssen, die Konsequenzen haben - etwa, ob Sie Ihr eigenes Erbgut sequenzieren lassen möchten und was Sie mit diesen Daten anstellen wollen. Vielleicht möchten Sie auch Kinder und stehen vor der Frage, ob Sie Ihre Eizellen einfrieren lassen, ob Sie Reproduktionstechnologie wie In-vitro-Fertilisation (IVF) in Anspruch nehmen möchten oder ob Sie mithilfe einer genetischen Untersuchung unter Ihren Embryos den stärksten aussuchen wollen. Das sind Entscheidungen, mit denen wir sehr vertraut sind.

Tatsächlich sind sie der Grund dafür, dass wir dieses Buch schreiben wollten.

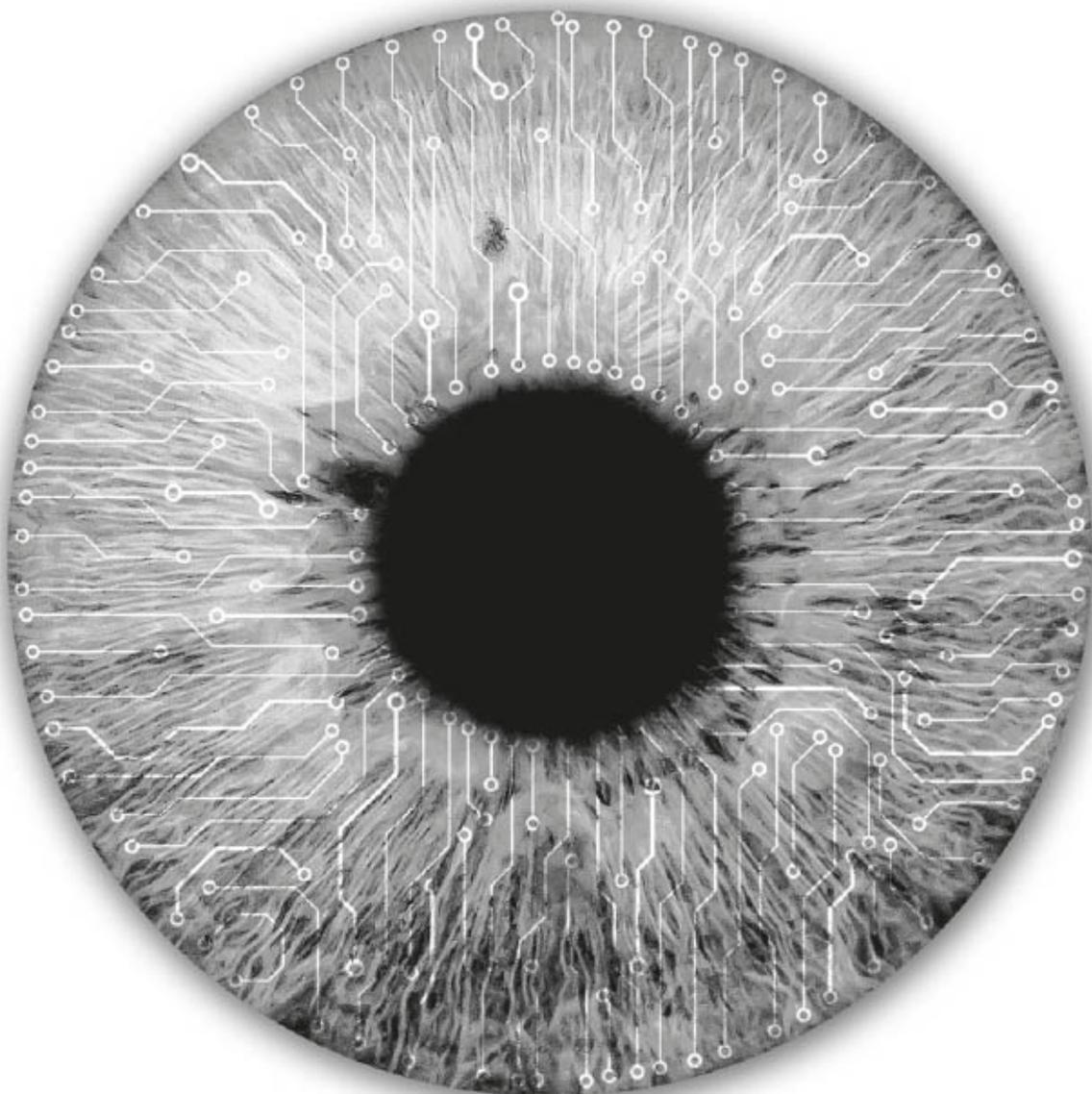
Um erkennen zu können, welche Zukunft die Genesis-Maschine eines Tages errichten könnte, ist es wichtig, einen Blick in die Vergangenheit zu werfen. Im ersten Teil des Buches werden wir die Ursprünge der synthetischen Biologie erläutern und erzählen, wie Wissenschaftler das Leben entschlüsselten – und es schließlich sogar manipulierten –, in der Absicht, synthetische Organismen zu erschaffen, deren Eltern Computer sind. Im zweiten Teil stellen wir die neue Bioökonomie vor, die durch die Genesis-Maschine entsteht. Dazu gehören die unzähligen fantastischen Arzneien, Lebensmittel, Beschichtungen, Stoffe und sogar Biere und Weine, an denen Unternehmer arbeiten. Wir gehen auf die möglichen Lösungsansätze ein, die uns Biotechnologie etwa für die Ausbreitung von Plastik in den Weltmeeren bietet, für die Zunahme von Extremwetter und für die fortwährende Möglichkeit, dass gefährliche Viren uns angreifen und eine neue Pandemie verursachen. Wir sprechen über die Risiken, die die synthetische Biologie darstellt, sei es durch Cyberbiologie-Hacker oder durch die drohende „genetische Kluft“, bei der sich vermögende manipulierte Menschen und Menschen gegenüberstehen, die nicht über die Mittel verfügen, sich mithilfe von Technologie fortzupflanzen. In Teil drei spielen wir unterschiedliche Zukünfte durch, kreative, spekulative Szenarien, die für die vielen unterschiedlichen Möglichkeiten stehen, wie die Genesis-Maschine die Welt umkrepeln könnte. In Teil vier schließlich geben wir Empfehlungen ab, wie man dafür sorgen kann, dass die Genesis-Maschine die beste dieser möglichen Zukünfte hervorbringt.

Aber erst einmal sollten Sie einen jungen Mann kennenlernen. Sein Name ist Bill.

TEIL

1

URSPRÜNGE



1

SCHLECHTE GENE LEHNEN WIR AB

Die Geburt der Genesis-Maschine

Die Tage wurden wieder kürzer, die Nächte kühler. Der Herbst setzte ein in Duxbury, Massachusetts, einer schönen Küstenstadt gleich südlich von Boston. Bill McBain war ein begabter Schüler mit vielen Interessen, etwa an Fotografie, Mathematik und Journalismus. In anderer Hinsicht war er unauffällig – am ersten Tag in der achten Klasse, war es offensichtlich, dass Bill genau wie seine Freunde im Sommer einen echten Wachstumsschub hingelegt hatte. Er war nun zehn Zentimeter größer. Aber im Gegensatz zu den anderen Kindern hatte er dabei abgenommen. Seine Freunde wurden massiger und legten sich jugendliche Muskeln zu, aber Bill war spindeldürr und schien nur aus Ellenbogen, Rippen und Knien zu bestehen.

Jeden Abend ging Bill früh zu Bett, jeden Morgen erwachte er ganz erschöpft. Er begann, Wasser zu trinken, sehr viel Wasser, aber sein Durst schien unstillbar. Man schrieb das Jahr 1999, und durchsichtige Nalgene-Trinkflaschen, die eigentlich für Aktivitäten wie Märsche durch die Wildnis gedacht waren, waren an Bills Schule der letzte Schrei. Für Bill war die Flasche jedoch mehr als ein Modeartikel - er füllte sie zwischen den Stunden ständig auf und trank und trank. Einmal starrte er beim Trinken auf die Markierungen auf der Flasche, und weil er Mathe liebte, stellte er im Kopf einige Berechnungen an. Er schätzte, dass er ungefähr 15 Liter Wasser am Tag trank, an manchen Tagen auch 19 Liter. Eines Nachmittags im Februar war eine Freundin der Familie zu Besuch und verfolgte nervös, wie Bill wieder und wieder zur Wasserflasche griff. Als Krankenschwester erkannte sie auf der Stelle die Signale und holte sich bei einem diskreten Abstecher ins Badezimmer die Bestätigung für ihre Vermutung: Der Toilettensitz fühlte sich klebrig an, und als sie sich darüberbeugte, umwehte ein unangenehm süßer Geruch ihre Nase.

Sie bat Bills Eltern, am nächsten Tag mit ihrem Sohn ins Krankenhaus zu fahren und sein Blut untersuchen zu lassen.

Auf dem Weg dorthin hielt die Familie für ein rasches Frühstück. Bill bestellte einen Zimt-und-Zucker-Bagel und dazu ein großes Glas Gatorade. Das war definitiv nicht die beste Mahlzeit kurz vor einer Nüchternblutzucker-Untersuchung, aber das wusste Bill nicht. Im Krankenhaus stach der Arzt Bill mit einer winzigen Nadel in den Finger und drückte einen Tropfen Blut auf einen Teststreifen an einem Messgerät. Nach wenigen Sekunden piepte das Gerät, und auf dem Bildschirm war „hoch“ zu lesen, was bedeutete, dass der Blutzuckerspiegel bei über 500

Milligramm pro Deziliter (mg/dL) lag. Bei Menschen mit einer gesunden Bauchspeicheldrüse erwartet man einen Nüchternwert zwischen 70 und 99 mg/dL, was knapp einem Tausendstel Gramm pro Zehntelliter entspricht ... oder anders formuliert: kaum zu bemerken, denn im Körper eines gesunden Menschen wird der Zucker rasch aufgespalten und in Energie umgewandelt, sodass gar nicht erst viel Zucker ins Blut gelangt. Wenn eine gesunde Person diesen Test direkt nach einer Mahlzeit durchführt, wird der Wert, einige Stunden lang höher ausfallen, während der Körper die Nahrung verarbeitet aber er sollte noch immer unter 140 mg/dL liegen.

Der Arzt nahm Bill noch mehr Blut ab und schickte es für ausführlichere Untersuchungen ins Labor. Die Ergebnisse machten ihn sprachlos. Er ging mit Bill und seinen Eltern in sein Büro und setzte sich. Er blickte von der Akte auf Bill und seine Eltern, dann wieder auf die Akte. Bills Blutzucker lag bei atemberaubenden 1.380 mg/dL. Natrium, Magnesium und Zink waren dermaßen hoch, dass sich sogar der pH-Wert von Bills Blut verändert hatte. Bill stand kurz davor, in ein diabetisches Koma zu fallen ... und das wäre möglicherweise noch das geringere Übel, denn bei solchen Blutwerten können Menschen sterben.

Bill und seine Eltern erhielten einen Crashkurs in der Funktionsweise von Typ-1-Diabetes und wie man diese Krankheit behandelt. Eine gesunde Bauchspeicheldrüse sondert ständig langsam das Hormon Insulin ab, das unsere Zellen benötigen, um Energie zu produzieren. Wenn man etwas isst, erhöht die Bauchspeicheldrüse die Insulindosis, um den Zucker, den man mit der Nahrung aufnimmt, verstoffwechseln zu können. Bei Bill jedoch hatte die Bauchspeicheldrüse die Insulinproduktion schlagartig eingestellt. Typ-1-Diabetes macht sich üblicherweise in der Pubertät bemerkbar, und Bill wies alle