

Leben machen

Die Zoöpolitik der
synthetischen Biologie

Martin Müller

DE GRUYTER

Leben machen

Martin Müller

Leben machen



Die Zoöpolitik der synthetischen Biologie

DE GRUYTER

Matters of Activity

Image Space Material



Der Autor dankt für die Unterstützung des Exzellenzclusters „Matters of Activity. Image Space Material“, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder – EXC 2025 – 390648296. Besonderer Dank für die großzügige Unterstützung gilt zudem Wolfgang Schäffner und dem Lehr- und Forschungsbereich „Wissens- und Kulturgeschichte“ des Instituts für Kulturwissenschaft an der Humboldt-Universität zu Berlin.



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

Weitere Informationen finden Sie unter <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nicht für die Abbildungen. Die Wiederverwendung von Abbildungen und Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. Schaubilder, Fotos und Textauszüge erfordert eine Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber. Zugl.: Berlin, Humboldt-Universität zu Berlin, Dissertation, 2021. Aktualisierung und Textkürzung im Zuge der Buchveröffentlichung.

ISBN 978-3-11-100397-9

e-ISBN (PDF) 978-3-11-100410-5

DOI <https://doi.org/10.1515/9783111004105>

Library of Congress Control Number: 2023944731

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2023 bei dem Autor, publiziert von Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston.

Dieses Buch ist als Open-Access-Publikation verfügbar über www.degruyter.com.

Einbandabbildung: „Colonies of the transformed *Mycoplasma mycoides* bacterium“ / Bild modifiziert mit KI. Mit Genehmigung des © J. Craig Venter Institute. <https://www.jcvi.org/research/first-self-replicating-synthetic-bacterial-cell>

Einbandgestaltung: Olaf Avenati

Satz: Dörlemann Satz, Lemförde

Druck und Bindung: Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

www.degruyter.com

Inhalt

Einleitung — 7

Der Wille zum Design — 7

1 Verstehen durch Herstellen? Epistemologie und Technologien der synthetischen Biologie — 24

Making is Knowing and Knowing is Making – Zur materiellen Epistemologie des Synthetischen — 24

Bioengineering — 34

In silico und Systembiologie — 38

Synthetische Genomik und Minimalzellen — 40

Genomeditierung und CRISPR/Cas9 — 43

Protozellforschung und Xenobiologie — 46

Biohacking und Bio Art — 52

2 Genealogie und Kritik der synthetischen Biologie — 59

Playing God? — 59

Longue durée und Mythopoetologie der Lebensherstellung — 62

„Technik der lebenden Wesen“ – Laborgeschichten von 1890 bis 1915 — 72

Nach CRISPR – Für eine macht- und wissensgeschichtliche Problematisierung der synthetischen Biologie — 79

3 Die Entstehung der Zoöpolitik — 85

Um 1800 – Die Verlebendigung der Macht — 85

Nach der Jupiterischen Geschichte – Kontrolle „lebender Tableaus“ — 88

Produktion und „Realität der Bevölkerung“ — 96

Leben *als* Technologie – Die Theorie der Zoöpolitik — 106

4 Die molekularepistemische Eskalation der Zoöpolitik — 115

„Unter die Haut der Welt“ – Zur Erfindung und Implementierung des genetischen Codes — 115

„Regierende Atome“ – Molekularisierung und Singularisierung der Handlungsmacht bei Schrödinger und Crick — 119

Chemisch werden – Universelle Maschinen der Biologie und ihr Programm — 130

Hyle und Morphe I: Souveräne Ordnung am „Grund der Dinge“ — 138

Aufgelöst in Moleküle? Foucaults vierte Kränkung des Menschen (mit und ohne Jacob) — 144

Interludium — 153

Kittlers Spekulationen und die Grenze des Wachstums — 153

5 Die ingenieurtechnische Eskalation der Zoëpolitik — 158

Hyperbolismus des Lesens – Das Humangenomprojekt und die Krise des Genbegriffs — **158**

Wer war *Synthia*? Transhumanistisches Versprechen und blaue Kolonie — **165**

Hyle und Morphe II: Passives Material und universale Konstrukteure — **177**

Planetarisches Design – Plastonzäner Ökomodernismus und die Eschatologie des Anthropozän — **185**

CRISPR, Keimbahn, Menschenpark – Die Gattung des Menschen als Projekt prometheischer *Téchne* — **201**

Postskriptum — 215

Zur Möglichkeit anderer Synthesen — **215**

Danksagung — 226

Literaturverzeichnis — 227

Bildnachweise — 239

Einleitung

Der Wille zum Design

What I cannot create, I do not understand.¹

Richard Feynman, 1988

[Synthetic biologists] have succeeded in bringing this primordial process fully under human control. Using powerful biotechnology tools to tinker with DNA inside living cells, scientists can now manipulate and rationally modify the genetic code that defines every species on the planet, including our own.²

Jennifer Doudna, 2017

Unter der Chiffre des Synthetischen ist der tradierte Zentralbegriff der Biologie, das Leben, zum Gegenstand ingenieurtechnischer Kalküle geworden. Die disziplinäre Historie der synthetischen Biologie begann nach dem zweiten Millennium und ist seither von unablässiger Steigerung geprägt. Mit ihrer Zielsetzung des molekulartechnischen ‚Lebenmachens‘ ist die neue „Interdisziplin“³ in kürzester Zeit zur tonangebenden Technowissenschaft der Gegenwart geworden. Damit ist ein kaum mehr zu überblickendes Ensemble aus sich miteinander multiplizierenden Projekten, Verfahren und Technologien entstanden, deren gemeinsamer Nenner das „radical redesign“⁴ des Lebenden ist. Die Agenden der laufenden Projekte, die immer deutlicher darauf drängen, die Labore zu verlassen, mögen ein technokulturelles *Mysterium tremendum et fascinosum* auslösen: Die synthetische Biologie versucht sich am Redesign ganzer Gattungen, entwirft neue hybride Lebensformen für industrielle Anwendungen, arbeitet an der *resurrectio* längst ausgestorbener Arten zur Stabilisierung kollabierender Ökosysteme und greift mittels der Genomeditierungstechnologie CRISPR gezielt in die menschliche Keimbahn ein. Angewandte Wissenschaft und die „Macht, leben zu machen“⁵ werden ununterscheidbar; sie verbinden sich zur neuen großen Erzählung im Zeichen einer anthropomorphen Herstellung des Lebens, die einer (allzu menschlichen) Fassung des Anthropozän-Begriffs zuarbeitet.⁶ Oder wie ließen sich die Sätze der Co-Erfinderin von

1 Feynman schrieb diese Worte im Jahr 1988 an eine Tafel im California Institute of Technology. Sein *Blackboard*-Aphorismus (Abb. 16) wurde zum epistem(olog)ischen Leitmotiv der synthetischen Biologie.

2 Doudna, Jennifer A. und Samuel H. Sternberg: *A Crack in Creation. The New Power to Control Evolution*, London: Bodley Head 2017, S. xiii.

3 Keller, Evelyn Fox: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, *BioSocieties* 4/2–3 (09.2009), S. 291–302, hier S. 294.

4 Smith, Cory J. u. a.: „Enabling Large-Scale Genome Editing by Reducing DNA Nicking“, *bioRxiv* (04.04.2019).

5 Foucault, Michel: *Der Wille zum Wissen. Sexualität und Wahrheit 1*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1983, S. 165.

6 Vgl. Crutzen, Paul J.: „Geology of Mankind“, *Nature* 415/6867 (01.2002), S. 23–23; vgl. zur Überbetonung der menschlichen Handlungsmacht aus geisteswissenschaftlicher Perspektive (und in Affirmation von

CRISPR, Jennifer Doudna und die daran anschließende Formel eines neuen Zeitalters einer „biological mastery“⁷ mittels synthetischer Biologie verstehen, deren ‚Wille zum Design‘ nunmehr auf das ‚gesamte Leben des Planeten‘, inklusive der menschlichen Gattung selbst, auszugreifen beginnt?⁸

Einem kritischen Verstehen dieser machthistorischen Konvergenz ist weder mit den Mitteln einer Wissenschafts- und Technikgeschichte der Naturbeherrschung beizukommen, noch lässt sich „die Macht und das Versprechen der Genomeditierung“⁹ mit Verweis auf die kulturgeschichtlichen Referenzfiguren der Lebensherstellung (Prometheus, Golem, Frankenstein et al.) hinreichend erhellen.¹⁰ Auch lassen sich die machtheoretischen Implikationen der Lebensingenieurkünste nicht mit den tradierten Ansätzen der philosophischen Ethik ausreichend begreifen.¹¹ – Vielmehr wird zu zeigen sein, in der Analyse der Konvergenz von ‚Leben‘ und ‚Machen‘, von Genomik und Technik liegt eines der dringlichsten Desiderate der zeitgenössischen Medien- und Kulturwissenschaft wie auch der Wissen(schaft)sgeschichte und der Designforschung.¹² Als Frage gewendet: Ist es in genealogisch-historischer Hinsicht nicht höchst bemerkenswert, dass Michel Foucaults ‚faire vivre‘ – als das konstitutive Begehren der *biopouvoir* um 1800 – heute als konzentrierter Willen der technowissenschaftlichen Anstrengungen

Cutzen): Preston, Christopher J.: *The Synthetic Age. Out-Designing Evolution, Resurrecting Species, and Reengineering Our World*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2018; Müller, Martin: „Kein Zurück zur Natur“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Nr. 27, 01.02.2023, S. N4.

7 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. xiii. Doudna erzählt ihre Geschichte als Ich-Erzählerin. Deshalb bleibt Sternberg bei allen weiteren Referenzen auf das Buch unerwähnt.

8 Zur Agenda der synthetischen Biologie und zur Denkfigur der „biological mastery“: Müller, Martin: „Nach CRISPR. Zur dritten Proliferation der Biopolitik (1800/1943/2004)“, in: Ladewig, Rebekka und Angelika Seppi (Hrsg.): *Milieu Fragmente. Technologische und ästhetische Perspektiven*, Leipzig: Spector 2020, S. 329 f.

9 Im Original: „the power and promise of gene editing“. Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 3.

10 Vgl. Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*, Berlin: Suhrkamp 2011; Kozubek, Jim: *Modern Prometheus. Editing the Human Genome with Crispr-Cas9*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press 2018.

11 Vgl. Litterst, Leona: *Neues Leben aus dem Labor. Biowissenschaftliche und ethische Aspekte der Synthetischen Biologie*, Wiesbaden: Springer 2018.

12 Zur zeitgenössischen Herausforderung und der historischen Bedeutung des Designs und der Gestaltung in der Medien- und Kulturwissenschaft: Schäffner, Wolfgang: „The Design Turn. Eine wissenschaftliche Revolution im Geiste der Gestaltung“, in: Mareis, Claudia, Gesche Joost und Kora Kimpel (Hrsg.): *Entwerfen – Wissen – Produzieren. Designforschung im Anwendungskontext*, Bielefeld: Transcript 2010, S. 33–46; Mareis, Claudia: *Design als Wissenskultur. Interferenzen zwischen Design- und Wissensdiskursen seit 1960*, Bielefeld: Transcript 2011, S. 175–284. Zum Zusammenhang von Technowissenschaft und Design: Latour, Bruno: „Ein vorsichtiger Prometheus? Einige Schritte hin zu einer Philosophie des Designs“, in: Tuinen, Sjoerd u. a. (Hrsg.): *Die Vermessung des Ungeheuren. Philosophie nach Peter Sloterdijk*, München: Fink 2009, S. 357–374; Nordmann, Alfred: „Ein vermessener Prometheus – von der gemachten zur gestalteten Welt“, in: Buurman, Gerhard und Marc Rölli (Hrsg.) *Eigenlogik des Designs*, Zürich: niggli, 2016, S. 110–121.

eine unerhörte Aktualisierung erfährt? Allerdings stellt sich die Frage, ob die biopolitischen Ordnungsfiguren der Disziplinierung menschlicher Körper und der Kontrolle der Bevölkerung noch schlagkräftige Kategorien sind, um die „vollständige Durchsetzung des Lebens“¹³ durch die synthetische Biologie in ihrer historischen Ereignishaftigkeit zu verstehen und zu charakterisieren. Trotz ihrer offenkundigen Aktualität und Brisanz fehlt der (allzu modernen) Theorie der Biopolitik eine zeitgenössische Perspektivierung, die dem molekulartechnischen *Redesign* Rechnung zu tragen vermag.¹⁴ Und vor allem: Von welchem *Leben* ist hier eigentlich die Rede – von *Bios* oder *Zoë*?

Die große Erzählung der synthetischen Biologie lässt sich aus einer *Bricolage* von Mikrogeschichten rekonstruieren, die ich mit Bezug auf Donna Haraway mit dem Begriff *Engineering Tales* kennzeichnen möchte.¹⁵ Zur Einleitung werde ich zunächst vier einschlägige Lebensingenieurgeschichten skizzieren. Die Mikrogeschichten führen von den ersten Versuchen der Genomkonstruktion und der Erfindung der Technologie der Genomeditierung über die Mammuts aus Cambridge und die Moskitos in Westafrika bis hin zu der ersten Manipulation der menschlichen Keimbahn 2018 im Süden Chinas. – Im Anschluss an diesen Parcours werde ich die Problematik und die Fragestellung der vorliegenden historisch-theoretischen Untersuchung ausformulieren, in der die Diskurse der synthetischen Biologie und die Theorie der Zoëpolitik im Motiv des ‚Lebenmachens‘ aufeinandertreffen. Mit dem methodischen Denkbild der Diffraktion ergibt sich folgende Diagnose: Für eine kritische Gegenwartsdiagnostik der synthetischen Biologie braucht es eine novellierte Theorie der Biopolitik. Und für eine Aktualisierung der biopolitischen Theoriebestände braucht es wiederum die Auseinandersetzung mit der synthetischen Biologie. Mein Vorhaben begnügt sich also keineswegs mit der ‚Anwendung‘ einer geisteswissenschaftlichen Theorie oder Methode auf ihren historischen Gegenstand zum Zwecke der Reflektion. Es gilt vielmehr das eine durch das andere zu lesen.¹⁶ Ziel ist also ein *doppeltes* Anderswerden: die Ausarbeitung einer kritischen Analytik der synthetischen Biologie *und* die erweiterte Theorieperspektive auf die Genealogie des ‚Lebenmachens‘, die ich unter dem Begriff der Zoëpolitik ausformulieren werde.

13 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 166.

14 Zur Frage einer zeitgenössischen Perspektivierung der Biopolitik: Müller: „Nach CRISPR“, S. 330.

15 Vgl. Haraway, Donna J.: *Unruhig bleiben. Die Verwandtschaft der Arten im Chthuluzän*, übers. von Karin Harrasser, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2018. Zum Begriff *Engineering Tales*: Müller, Martin: „Universale Konstrukteure? Vom αὐτός des Lebendigen zur Affirmation der synthetischen Biologie als universale Ingenieurwissenschaft“, in: Müller, Martin und Christoph Neubert (Hrsg.): *Standardisierung und Naturalisierung*, Paderborn: Fink 2019, S. 233.

16 Vgl. Deuber-Mankowsky, Astrid: „Diffraktion statt Reflexion. Zu Donna Haraways Konzept des situiereten Wissens“, *Zeitschrift für Medienwissenschaften*, Heft 4/2011, S. 83–91.

(1) *Mycoplasma laboratorium*: In der Gründungsphase (2004 bis 2009) widmete sich die synthetische Biologie einer intensiven Ausarbeitung und Etablierung einer fachspezifischen, *engineering-driven* Epistemologie, die sich aus einem „Verstehen durch Herstellung und Umgestaltung“¹⁷ speiste. Ein vielbeachteter und kontrovers diskutierter ‚Durchbruch‘ gelang dem Forschungsteam um Craig Venter, welches im Mai 2010 behauptete, dass es ihm im Zuge der Konstruktion einer labortechnischen Entität gelungen sei, Leben zu ‚erschaffen‘. Jene knapp zwanzig minütige Präsentation der ersten „Totalsynthese des Genoms eines Bakteriums“¹⁸ im *J. Craig Venter Institute* war bestimmt von einem durchaus messianischen Ton, der bis heute in der synthetischen Biologie vorherrscht: „We’re here today to announce the first synthetic cell,“ so erklärte Venter vor versammelter Weltpresse, „a cell made by starting with the digital code in the computer, building the chromosome from four bottles of chemicals, assembling that chromosome in yeast, transplanting it into a recipient bacterial cell and transforming that cell into a new bacterial species“. Um mit einer technokulturellen Emphase zu konkludieren: „So this is the first self-replicating species that we’ve had on the planet whose parent is a computer.“¹⁹ Venters Worte skizzieren die medien- und wissenstechnische Verfahrenskette der Lebensherstellung.²⁰ Erzeugt wird eine synthetische Zelle. Diese wird zunächst mithilfe von Computern entworfen und im digitalen Code als lineare Zeichenabfolge ‚geschrieben‘. Anschließend wird diese Abfolge von der *Soft-* in die *Wetware*, von 0 und 1 in A-G-T-C übertragen.²¹ Der Code wird also in unbelebte chemische Elemente übersetzt und dann zu einem Genom assembliert. Im letzten Schritt

17 Rabinow, Paul und Gaymon Bennett: „Auf dem Weg zum synthetischen Anthropos. Re-Mediatisierende Konzepte“, in: Weiss, Martin G. (Hrsg.): *Bios und Zoë. Die menschliche Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009, S. 332.

18 Rheinberger, Hans-Jörg und Horst Bredekamp: „Die neue Dimension des Unheimlichen“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie: Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 162.

19 Venter, J. Craig: „Synthetic Life (Transkript der Pressekonferenz)“, 20.05.2010, https://www.ted.com/talks/craig_venter_unveils_synthetic_life/transcript?language=en#t-110175 (zugegriffen am 03.03.2023).

20 Eine ausführliche Explikation von Experiment und Ansatz findet sich in der Monografie: Venter, J. Craig: *Life at The Speed of Light. From the Double Helix to The Dawn of Digital Life*, New York: Penguin 2014. Müller, Martin.: „Plantas luminiscentes y máquinas vivas. Hacia una crítica de la biología sintética“, *Isegoria. Revista de Filosofía Moral y Política* 55 (28.12.2016), S. 465–483.

Zur Präsentation (und zur Verfahrenskette) von Venters Lebensherstellung: Müller, Martin: „Zoë als Técnica. Zum Paradox möglicher Menschen in der synthetischen Biologie“, in: Lucci, Antonio und Thomas Skowronek (Hrsg.): *Potential regieren. Zur Genealogie des möglichen Menschen*, Paderborn: Fink 2018, S. 239–252, hier S. 245 f.; ebd.: „Zootechniken. Herstellungsverfahren von ‚Bio-Geschichte‘“, *Cogito*, Heft 10 (2017), S. 48–50.

21 Vgl. Thacker, Eugene: *Biomedica*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2004; kritisch dazu: Müller, Martin: „Zur Tiefengrammatik des ‚Lebendigen‘: Eine kritische Einführung zu Eugene Thackers Biomedien“, in: Barberi, Alessandro u. a. (Hrsg.): *Medienimpulse*, Wien: New Academic Press/Braumüller 2014, S. 98–106.

setzt man das geschriebene Genom in ein ‚geleertes Bakterium‘ (*container cell*) ein. Das Einsetzen des artifiziellen Genoms – als neue Steuerungseinheit der Zelle – ist jener entscheidende Konstruktionsschritt, der letztlich die Teilung und die Proliferation des Bakteriums verursachen soll. Venters Konstruktion selbst trägt den klingenden Namen *Synthia* und gilt als *Proof of Principle*. Die ‚gelungene‘ Komplettsynthese des besagten Bakterien-Genoms sollte einen verfahrenstechnischen Nachweis in einem doppelten Sinnen erbringen: In *Synthia* sollte sich nach Venters Ansinnen der Beweis verkörpern, dass sich (a) biologische Entitäten von Menschenhand und im Medium des genetischen Codes ‚schreiben‘ lassen, und (b) die molekularingenieurtechnische Konstruktion von Leben generell möglich sei. – Venters demiurgische Rhetorik beschwörte eine gattungsgeschichtliche Ereignishaftigkeit, da er gezielt von der „Schöpfung einer bakteriellen Zelle“²² sprach. Damit war die anschließende hitzige Kontroverse wohl unvermeidbar: Sowohl in den Fachdebatten der (Lebens-)Wissenschaften als auch im Feuilleton stritt man sich über die Ausdeutung des Lebensbegriffes und eine etwaige Ethik des *Homo creator*. Hatte Craig Venter wirklich ‚Leben‘ hergestellt? Und wenn dem so sei, dürfe er dies überhaupt? Fragen, die bis heute unbeantwortet bleiben.

In der Retrospektive war Venters molekulare Maschine in erster Linie eine diskursive Maschine.²³ Entlang der prometheischen Versprechen – etwa die Fabrikation von günstigen Medikamenten durch umprogrammierte Mikroorganismen, die Produktion sauberer Energie, biotechnische Lösungen für die Klimakatastrophe(n) des Anthropozän, die Entwicklung neuer Informationstechnologien auf der Basis von DNA sowie die Biotechnologisierung ganzer Industriezweige – sollte (nicht nur) Venters Unternehmen *Synthetic Genomics* am Investorenhimmel der Bioökonomie (respektive im NASDAQ) aufsteigen.²⁴ Unter der gesteigerten Aufmerksamkeit der Weltöffentlichkeit, durch die ungeheuren Summen privaten Risikokapitals und durch üppige staatliche Forschungsförderungen hat die synthetische Biologie in kürzester Zeit den Status einer global agierenden *Big Science* erreicht, deren ‚reprogrammierte Bakterien‘²⁵ nunmehr verschmutztes Wasser filtern oder kostbare Materialien herstellen sollen.

22 Gibson, Daniel G. u. a.: „Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome“, *Science* 329/5987 (02.07.2010), S. 52–56.

23 Vgl. Müller, Martin: „First Species Whose Parent Is a Computer“ – Synthetic Biology as Technoscience, Colonizing Futures, and the Problem of the Digital“, in: Hagen, Kristin, Margret Engelhard und Georg Toepfer (Hrsg.): *Ambivalences of Creating Life. Philosophical Dimensions of Synthetic Biology*, New York: Springer 2016, S. 101–113.

24 Vgl. The Guardian: „Synthetic Life Breakthrough Could Be Worth Over a Trillion Dollars“, 20.05.2010, <https://www.theguardian.com/science/2010/may/20/craig-venter-synthetic-life-genome> (zugegriffen am 03.03.2023).

25 Vgl. Fong, Stephen S.: „Computational Approaches to Metabolic Engineering Utilizing Systems Biology and Synthetic Biology“, in: *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 11/18 (2014), S. 28–34.

(2) CRISPR: Eine weitere Intensivierung des Diskurses der Lebensherstellung erfolgte im Zuge der Erfindung der CRISPR-Technologie nur wenige Jahre nach Venters Präsentation.²⁶ Unter dem Stichwort Genomeditierung konnte sich die Technologie weltweit in den Laboren zum Zwecke der Forschung und Konstruktion durchsetzen. Bereits 2015 würdigte die renommierte Fachzeitschrift *Science* die Erfindung als „größten wissenschaftlichen Durchbruch“²⁷ des Forschungsjahres. Doch was versteht man unter Genomeditierung? Der CRISPR-Mechanismus selbst war der Grundlagenforschung schon länger bekannt. Es handelt sich um einen molekularen Mechanismus (aus Enzym und RNA), den Bakterien und Archaeen zur ‚Abwehr‘ von Virenangriffen und der ‚Reparatur‘ des Erbguts in Anschlag bringen. Mit diesem Immunmechanismus innerhalb der lebendigen Zelle lassen sich so ‚unerwünschte‘ Elemente und ‚fremde‘ Abschnitte aus dem DNA-Strang schneiden und durch neue Sequenzen ersetzen. Emmanuelle Charpentier (Leiterin der *Max-Planck-Forschungsstelle für die Wissenschaft der Pathogene in Berlin*) und Jennifer Doudna (*University of California, Berkeley*) gelang es schließlich, diesen molekularen Mechanismus zu einem biotechnischen Werkzeug umzudisponieren, mit dem sich der DNA-Strang nunmehr minutiös bearbeiten lässt.²⁸

Die Genomeditierung ist eine molekulartechnische Erfindung, die Charpentier und Doudna bereits im Jahr 2020 den Nobelpreis für Chemie einbrachte. Unter der Vorgabe, auf alle Lebewesen – das menschliche Genom eingeschlossen – anwendbar zu sein, avancierte CRISPR schnell zum Universalwerkzeug („Swiss army knife“²⁹) der synthetischen Biologie. Doudna schreibt: „As long as the genetic code for a particular trait is known, scientists can use CRISPR to insert, edit, or delete the associated gene in virtually any living plant’s or animal’s genome.“ CRISPR unterscheidet sich dementsprechend von allen bisherigen molekularen Biotechnologien im Hinblick auf Handling und Kontrolle („far simpler and more effective“). Als Technologie der Lebensherstellung wird die Genomeditierung als schlagartige Revolution innerhalb der synthetischen Biologie begriffen: „Practically overnight, we have found ourselves on the cusp of a new age in genetic engineering and biological mastery – a revolutionary era in which the possibilities are limited only by our collective imagination.“³⁰

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, ‚das Genom‘ erscheint in den Diskursen der synthetischen Biologie als eine ‚universelle Herstellungstechnologie‘, die sich mit CRISPR beliebig steuern und programmieren lasse: „Just as computers were universal machines, in the sense that given the appropriate programming they could simulate the

26 Vgl. Jinek, Martin u. a.: „A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity“, *Science* 337/6096 (17.08.2012), S. 816–821.

27 Science News Staff: „And Science’s 2015 Breakthrough of the Year is ...“, 17.12.2015, <https://www.sciencemag.org/news/2015/12/and-science-s-2015-breakthrough-year> (zugegriffen am 03.03.2023).

28 Zur CRISPR-Technologie: Müller: „Zoë als Técnica“, S. 251 f.

29 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 71.

30 Ebd., S. xiii.

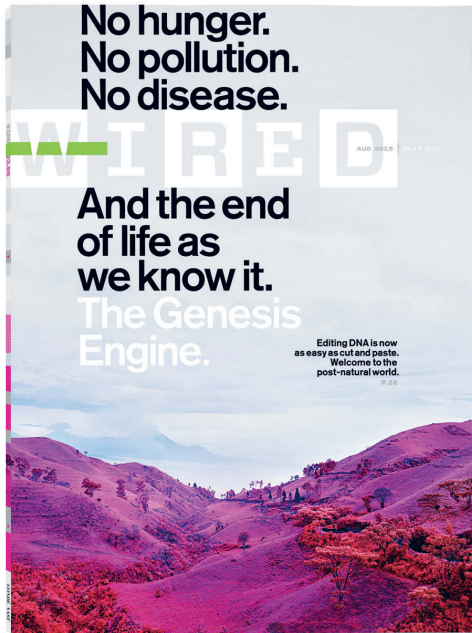


Abb. 1: Blühende Landschaften oder *Uncanny Valley*? Genomeditierung als sogenannte „Genesis Engine“ für die Einrichtung einer „postnatürlichen Welt“. – Das Magazincover von WIRED. Augustausgabe im Jahr 2015.

activities of any other machine,“ schreiben George Church und Edward Regis in *Regenesis*, „biological organisms approached the condition of being universal constructors in the sense that with appropriate changes to their genetic programming, they could be made to produce practically any imaginable artifact“³¹.

(3) *Mammuts und Mücken*: Die reduktionistische Schreiblogik der Genomeditierung beflügelt die Imagination biologischer Zukünfte seitdem auf unerhörte Weise. Während die Molekularbiologie der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts unter der Ägide des zu enträtselnden genetischen Codes stand, sollen heute ganze Genome grundlegend editiert oder gleich neu geschrieben werden. In diesem Sinne hat die synthetische Biologie ein mytho-poetisches Forschungsgenre in ihren Kanon aufgenommen, in dem die fast unlimitierten Machbarkeitsversprechen Gestalt annehmen: Unter dem Stichwort der *De-Extinction* arbeitet man in Cambridge, Massachusetts an der ‚Auferstehung‘ des *Mammuthus primigenius*. Dazu berichtet die Evolutionsbiologin Beth Shapiro in der Fachzeitschrift *Genome Biology*: „George Church’s lab at Harvard University’s Wyss Institute reported their first successes in editing living elephant cells so that they contain gene sequences from the elephant’s recently extinct relative, the woolly

³¹ Church, George M. und Edward Regis: *Regenesis. How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, New York: Perseus 2012, S. 4.

mammoth.“³² Im Abgleich mit den Erbgutdaten des seit Jahrtausenden ausgestorbenen Mammuts, dessen noch intakte DNA-Fragmente man unlängst aus dem Eis der Arktis barg, soll das Genom eines Elefanten mit CRISPR neu editiert werden. Eine Elefantenkuh soll den auf dieser Basis (*in vitro*) erzeugten Embryo austragen. – Während man im Labor beachtliche Fortschritte macht, bleibt der weitere Zweck des Ganzen durchaus nebulös. Die Mammuts aus den *Harvard-Laboren* sollen letztlich in ihr (eiszeitliches) Habitat, den Nordpol gebracht werden, um die gefährdeten arktischen Ökosysteme an Ort und Stelle zu schützen.³³ Das CRISPR-Mammut-Projekt und die verschiedenen anderen Versuche, weitere Gattungen (etwa Wandertaube, Auerochse, Dodo, Pyrenäensteinbock) ‚wiederzubeleben‘, lässt sich als eine durchaus klimaeschatologische Angelegenheit verstehen. So überrascht es nicht, dass die *Resurrection Biology* größtenteils vom Anthropozändiskurs affirmiert und vielfach in den *Environmental Humanities* diskutiert wurde. „[T]he production of life“, so kritisiert der französische Philosoph Frédéric Neyrat berechtigterweise, „has become the principal piece of a will towards a limitless terraforming.“³⁴ Wird der unbegrenzte Wille zum *Reengineering* und der Glaube an die ‚Allkonstruierbarkeit‘ mancherorts von einem unkritischen Geist begleitet?

Im Sinne eines Redesigns ganzer Gattungen soll CRISPR nun für ein Populationsmanagement von Moskitos im westlichen Afrika eingesetzt werden. Dort ist die strategische Ausrottung der für die Übertragung von Malaria auf den Menschen verantwortlichen Insekten geplant. Unter dem Schlagwort *Gene Drive* soll dem Genom einiger Stechmücken der *Anopheles*-Gattung im Labor eine Resistenz gegen den einzelligen Malariaparasiten namens *Plasmodium* ‚eingeschrieben‘ werden. Anschließend gilt es, die genomeditierten Mücken in die Population einzuschleusen. Jenseits des Labors wird die Genveränderung nach dem Willen der Wissenschaftler:innen ‚lawinenartig‘ vererbt. In den nachfolgenden Generationen vermögen sich dann nur noch die Mücken ohne die Krankheitsparasiten fortzupflanzen. Eine Machbarkeitsstudie des Departments für Lebenswissenschaften am *Imperial College London* hat die tödliche Effektivität des CRISPR-Verfahrens unter Laborbedingungen getestet. Bereits nach weniger als einem Dutzend Generationen stelle sich der gewünschte Effekt ein: „reaching 100 % prevalence within 7–11 generations while progressively reducing egg production to the point of total population collapse.“³⁵ Diese Variante der CRISPR-Technologie im Zeichen eines invasiven *Reengineerings* soll nun in einer von Malaria stark betroffenen Region zum Einsatz kommen: „A radical trial using ‚gene drive‘ technology is currently taking

32 Shapiro, Beth: „Mammoth 2.0. Will Genome Engineering Resurrect Extinct Species?“, *Genome Biology* 16/1 (12.2015), S. 1–3, hier S. 1.

33 Zu Mammut-Projekt und Populationsmanagement mit Gene Drive: Müller: „Nach CRISPR“, S. 330 f.

34 Neyrat, Frédéric: *The Unconstructable Earth. An Ecology of Separation*, New York: Fordham University Press 2019, S. 52.

35 Kyrou, Kyros u. a.: „A CRISPR–Cas9 Gene Drive Targeting Doublesex causes Complete Population Suppression in Caged *Anopheles Gambiae* Mosquitoes“, *Nature Biotechnology* 36/11 (11.2018), S. 1062–1066, hier S. 1062.

place in Burkina Faso, that will see the release of genetically modified mosquitoes in an attempt to wipe out the carriers of the disease.“³⁶

(4) *Nana und Lulu*: Jenseits ihrer Gründungsphase und angesichts der Entwicklungen um CRISPR lässt sich mit Recht behaupten, dass die synthetische Biologie sich nicht (mehr nur) mit der Grundlagenforschung an Modellorganismen begnügt. Im Hinblick auf die hier skizzierten *Engineering Tales* scheint das planetarische Leben in Gänze – im Spektrum einzelner Genome, einer kompletten Spezies oder eines umfassenden environmentalen Zusammenhangs – durch die synthetische Biologie zum technowissenschaftlichen Projekt geworden zu sein. Eine weitere ungeheuerliche Entwicklung bricht sich Bahn, die nun auch auf die menschliche Gattung, das menschliche Genom und die Keimbahn auszugreifen beginnt. Im November des Jahres 2018 wurden die Zwillinge Nana und Lulu im chinesischen *Silicon Valley*, Shenzhen geboren. Ihre komplikationslose Geburt bedeutet eine tiefe Zäsur in der Geschichte der menschlichen Gattung.³⁷ Wenige Tage vor dem *Second International Summit on Human Genome Editing* in Hongkong³⁸ sollte bekannt werden, dass der Biophysiker He Jiankui die Keimbahn von Nana und Lulu editiert hatte. Bereits im Herbst 2018 hatte He vergebens versucht, seine Studie in den Wissenschaftsjournalen *Science* und *Nature* zu publizieren. Kurz vor dem Beginn des Hongkong-Summit veröffentlichte er die *inkognito* durchgeführten Experimente schließlich auf seinem Kanal bei YouTube. Mithilfe von CRISPR schaltete He den Rezeptor CCR5 im Genom der Embryos ‚aus‘, um die Zwillinge so immun gegen HIV zu machen. – Von großer Brisanz war, dass He die Eingriffe in die Keimbahn und die Fertilisation trotz fehlender Genehmigung vollzogen hatte. Mit seinem Experiment sollte der Privatdozent der *Southern University of Science and Technology* in Shenzhen den ersten gezielt genetisch veränderten Menschenkindern zum Leben verholfen haben.

Der Fall wurde in der Scientific Community intensiv diskutiert und He Jiankui aufs Schärfste kritisiert. Auch die weltweite Berichterstattung kannte tagelang kein anderes Thema. Auf *Weibo*, dem chinesischen Pendant zu Twitter, wurde das Hashtag #首例免疫艾滋病基因 编辑婴儿# (#FirstGeneEditedHIVImmuneBabies) fast zwei Milliarden Mal aufgerufen.³⁹ Emmanuelle Charpentier und weitere Forscher:innen versuchten, ein Moratorium für die Anwendung auf das menschliche Genom und die Keimbahn zu initiieren: Eine globale Strategie für die biotechnische Zukunft der Keimbahn sei

³⁶ The Guardian: „Wiping Out the Daughters. Burkina Faso’s Controversial Mosquito Experiment“, 18.11.2019, <https://www.theguardian.com/global-development/2019/nov/18/wiping-out-the-daughters-burkina-faso-controversial-mosquito-experiment#top> (zugegriffen am 03.03.2023).

³⁷ Zu den Ereignissen in Shenzhen: Müller, Martin: „Neues aus dem Menschenpark“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Nr. 211, 11.09.2019, S. N4.

³⁸ Vgl. Policy and Global Affairs and National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: *Second International Summit on Human Genome Editing. Continuing the Global Discussion*, hrsg. von Steve Olson, Washington, D. C.: National Academies Press 10.01.2019.

³⁹ Vgl. Kirksey, Eben: *The Mutant Project. Inside The Global Race To Genetically Modify Humans*, New York: St. Martin’s Press 2020, S. 2.

für weitere Forschungsvorhaben vonnöten, für deren Ausarbeitung man einige Jahre brauche. Doch weder innerhalb des Fachs noch in politischen Kreisen erzeugte die Initiative eine merkbare Resonanz. Folgenlos verhallte der Aufruf: *Don't Edit the Germline*. Vielmehr ergaben spätere Recherchen, dass führende Fachvertreter:innen und die chinesischen Behörden sehr wohl Kenntnis von Hsies Experimenten hatten.⁴⁰ Heute lassen sich die Eingriffe in die Keimbahn als Momente einer ersten globalhistorischen *Disruption* deuten. Begonnen hat ein CRISPR-Wettrüsten und ein geopolitisches Wettrennen um Patente, Therapien und Risikokapitale. Das menschliche Genom und die Keimbahn firmieren in diesem Streit als Kontrollfantasien staatlicher Macht sowie als neuestes *Surplus*-Versprechen und Fetischobjekt der Bioökonomie.⁴¹ Der Antagonismus zwischen *Kalifornischer Ideologie* des Silicon Valley und dem *Chinese Dream* aus Shenzhen wird wohl die nächsten Jahre der Geschichte der ‚biological mastery‘ prägen. Wie ließen sich die Ereignisse um Keimbahn und CRISPR anders verstehen als eine Aufforderung zu Kritik und Theorie?

Wenn gegenwärtig also das ingenieurtechnische ‚Lebenmachen‘ als eine *Applied Science* vorangetrieben wird, dann scheint eine neue Perspektivierung der synthetischen Biologie dringlicher denn je. Aus medien- und kulturwissenschaftlicher Perspektive möchte ich darlegen, dass die besagte Modifikation der menschlichen Keimbahn im Jahr 2018 und die Projekte zum Redesign ganzer Gattungen für ein neues Paradigma in der von Michel Foucault, Joseph Vogl und anderen umrissenen Geschichte einer ‚Macht über das Leben‘ steht. Die synthetische Biologie selbst bedeutet eine neue Eskalation jener Lebensmacht; hin zu einer neuen technowissenschaftlichen Politik der Lebensherstellung. Wenn hier von einer Auseinandersetzung mit einer zeitgenössischen Konstellation des *faire vivre* die Rede ist, so ist diese getragen von einem analytischen sowie epistemischen Unbehagen gegenüber den heutigen Beständen biopolitischer Theorie- und Denkfiguren. Es gilt zu prüfen, was diese in der technowissenschaftlichen, medienökologischen,⁴² postmetabolischen,⁴³ anthropozänen sowie nunmehr klimaschatologischen⁴⁴ Gegenwart überhaupt noch zu erklären vermögen. Ein ‚Update‘ des

40 Vgl. Cohen, Jon: „The Untold Story Of The ‘Circle Of Trust’ Behind The World’s First Gene-Edited Babies“, *Science* (01.08.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/untold-story-circle-trust-behind-world-s-first-gene-edited-babies> (zugegriffen am 03.03.2023).

41 Vgl. Cooper, Melinda: *Life as Surplus. Biotechnology and Capitalism in the Neoliberal Era*, Seattle: University of Washington Press 2008.

42 Vgl. Sprenger, Florian: *Epistemologien des Umgebens. Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher environments*, Bielfeld: transcript 2019; Löffler, Petra: „Gaias Fortune. Kosmopolitik und Ökologie der Praktiken bei Latour und Stengers“, in: Friedrich, Alexander, Petra Löffler, Niklas Schrape und Florian Sprenger: *Ökologien der Erde. Zur Wissensgeschichte und Aktualität der Gaia-Hypothese*, Lüneburg: Meson press 2018; Hörl, Erich: „Technisches Leben“: Simondons Denken des Lebendigen und die allgemeine Ökologie“, in: Muhle, Maria und Christiane Voss (Hrsg.): *Black Box Leben*, Berlin: August Verlag 2017, S. 239–266.

43 Vgl. Müller, Martin: „Nach dem metabolischen Bruch“, *Texte zur Kunst*, Nr. 110, 2018, S. 154–159.

44 Vgl. ebd.: „Kein Zurück zur Natur“.

Biopolitik-Begriffs dient deshalb keinem Selbstzweck, sondern stellt eine drängende Herausforderung für das geisteswissenschaftliche Denken dar, das sich auf der Höhe einer Gegenwartsdiagnostik bewegt.

Der Gebrauch des Zoëpolitik-Begriffs verfolgt das Ziel, eine wissenshistorische und machttechnologische Kritik der synthetischen Biologie auszuarbeiten. Es wird zu zeigen sein, dass diese von Doudna benannte menschliche ‚Herrschaft über das Leben‘ *keinesfalls* ‚über Nacht‘ eingetreten ist, sondern in ihrer Genealogie tief in die Geschichte der Biologie und anderer Humanwissenschaften reicht. Ich werde darlegen, dass es sich bei der skizzierten Synthese von Biologie und Ingenieurtechnologie, die seit dem Jahr 2004 als eine institutionalisierte, global agierende Disziplin betrieben wird, um eine *machttechnologische Eskalation*⁴⁵ und ein *neues Paradigma* jener Politik des ‚Lebenmachens‘ handelt, der in genealogischer Hinsicht die vieldiskutierte ‚Geburt der Biopolitik‘ um 1800 und das Aufkommen der ‚molekularen Revolution‘ im Zeichen des genetischen Codes in den 1940er Jahren vorausgingen. Durch dieses genealogische *Tracing* lässt sich das Projekt der synthetischen Biologie sowohl in seiner historisch-theoretischen als auch in seiner machttechnologischen Tiefendimension erschließen, zu der die bisherige sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung noch nicht vorgedrungen ist. Ohne den genealogischen Rückbezug auf die Konstellation des ‚Lebenmachens‘ zu Beginn des 19. Jahrhunderts und das Auftauchen der Molekularbiologie lässt sich die synthetische Biologie nicht hinreichend verstehen. – Meine Untersuchung leistet also ein Dreifaches: erstens, eine medien- und kulturwissenschaftliche Problematisierung und Theoretisierung der synthetischen Biologie, zweitens die Beschreibung einer Genealogie des ‚Lebenmachens‘ und ihrer drei Paradigmen sowie drittens eine Vertiefung und Aktualisierung der biopolitischen Theoriebestände durch den Begriff der Zoëpolitik. Erst in der Zusammenschau von historischer Genealogie und kritischer Gegenwartsdiagnostik lassen sich die spezifischen Möglichkeiten eines *Andersdenkens* (und *Andersmachens*) der hegemonialen synthetischen Biologie aufzeigen, bei der es um das ‚Machen‘ unserer Zukunft geht.

Meine Formel ‚Wille zum Design‘ versteht sich als kritische Perspektivierung ebenjenes Designbegriffs der synthetischen Biologie, wie er in den laufenden Projekten um CRISPR und *Gene Drive* zum Ausdruck kommt.⁴⁶ Die Formel weist auf die Vereinseiti-

45 Den historiografischen Begriff der Eskalation übernehme ich von Friedrich Kittler, um diesen für eine Analyse verschiedener Eskalationsereignisse innerhalb der Macht- und Wissensgeschichte der Zoëpolitik in Ansatz zu bringen. Der ‚Wille zum Lebenmachen‘ entsteht um 1800. Er intensiviert sich und eskaliert auf je spezifische Weise in der ‚molekularen Revolution‘ und danach im Auftauchen der synthetischen Biologie. – Fast in Homologie dazu liest sich Kittlers Geschichte der Kommunikationsmedien als eine iterative Abfolge medientechnischer Eskalation(en): „eine Serie strategischer Eskalationen“. Kittler, Friedrich A.: „Geschichte der Kommunikationsmedien“, in: Huber, Jörg und Alois Martin Müller (Hrsg.): *Raum und Verfahren*, Basel: Stroemfeld/Roter 1993, S. 188.

46 Meine Diagnose eines molekularen ‚Willen zum Design‘ weist Parallelen zu Kevin Groves gegenwartsdiagnostischen Überlegungen zum Konzept der Resilienz auf: Grove, Kevin: *Resilience*, London: Routledge 2018, S. 4. Die Übersetzung meiner Formel ins Englische ist jedoch der Titel der folgenden Veröffentlichung: Müller, Martin: „The Will to Engineer: Synthetic Biology and the Escalation of Zoëpolitics“,

gung des Designbegriffs *als* Engineering. Denn das biotechnische Machen und Gestalten ist größtenteils Ausdruck klassischer Ingenieurkunst, die im 19. Jahrhundert ins Werk gesetzt und seitdem immer stärker vorangetrieben wurde: als die Herstellung, Manipulation und Kontrolle von ‚Naturdingen‘. Vor diesem Hintergrund ist Doudnas Formel der ‚biological mastery‘ ganz und gar wörtlich zu nehmen, denn sie bezeichnet die menschliche Herrschaft über die Natur, die sich dem Gestaltungswillen beugen muss. Design erscheint hier als anthropomorphes und teleologisches Dispositiv, in dem die vorgefasste Idee respektive die Ideation des Ingenieurobjektes in das Artefakt hinein implementiert wird. Die sogenannte ‚mastery‘ speist sich aus dem Willen zur gänzlichen Kontrolle des Biomaterials, der Moleküle und der Genome, die als passive Empfänger menschlicher Ideationen fungieren (müssen). – Im Abgleich mit dem Hegemonialanspruch der synthetischen Biologie im Bereich der Technowissenschaften entsteht jedoch die Frage, ob diese vereinseitigte, allzu moderne Fassung des Designbegriffs als Engineering heute nicht als ein antiquierter Ansatz erscheint. Dies legt jedenfalls ein Blick sowohl in die eigentlichen Gestaltungsdisziplinen als auch in die Nachbardisziplinen, etwa die Materialwissenschaft, nahe. Diese haben in ihrer heterogenen Tradition des Designbegriffs gänzlich umgekehrte Strategien hervorgebracht und erprobt: Design erscheint dabei als adaptives, kollaboratives und symbiotisches Zusammenspiel von Materialien mit der ‚natürlichen‘ Umwelt.⁴⁷ Eine solche Designkonzeption will die fatale und durchaus zerstörerische Logik von ‚Herr und Knecht‘, von schöpferischem Willen und passivem Material hinter sich lassen. Diese Alterität gilt es, jedenfalls der Möglichkeit nach, immer dann mitzubedenken, wenn das Wort Design im Rahmen der synthetischen Biologie ausgesprochen wird.

Die einzelnen Schritte zur Umsetzung meines Forschungsvorhabens werde ich nun anhand der Struktur und Gliederung dieses Buches explizieren. Den methodologischen Präferenzen der Kulturwissenschaft entsprechend möchte ich meine Untersuchung direkt mit dem Gegenstandsfeld beginnen. Das erste von fünf Hauptkapiteln widmet sich der Einleitung und Einführung in den Gegenstandsbereich und dem Untersuchungsfeld der synthetischen Biologie. In der Auseinandersetzung mit der sogenannten Gründungszeit von 2004 bis 2009 werde ich die *engineering-driven* Epistemologie der synthetischen Biologie herausarbeiten. Der Blick richtet sich dabei auf die spezifische Denkfigur eines Feynman’schen ‚Wissens durch Machen‘. In ihr lässt sich das konstitutive Charakteristikum und auch der gemeinsame Nenner der ingenieurbiologischen Ansätze erkennen.

in: Ribault, Patricia (Hrsg.): *Design, Gestaltung, Formativität. Philosophies of Making*, Basel: Birkhäuser, 2022, S. 159–168.

⁴⁷ Vgl. Schäffner, Wolfgang: „Materie und Information“, in: Fratzl, Peter u. a. (Hrsg.): *Materialforschung. Impulsgeber Natur. Innovationspotenzial biologisch inspirierter Materialien und Werkstoffe*, München: utzverlag 2019; ebd: „The Design Turn 2.0“, in: Ribault, Patricia (Hrsg.): *Design, Gestaltung, Formativität. Philosophies of Making*, Basel: Birkhäuser, 2022, S. 183–193, Petruschat, Jörg: „First There Is Form. Some Critical Remarks About the Belief That Form Follows Function“, in: Ribault, Patricia: *Design, Gestaltung, Formativität*, S. 79–88.

Mit der Betonung eines „ingenieurwissenschaftlichen Denkstils“⁴⁸ versuchen sich die Vertreter:innen der synthetische Biologie nicht zuletzt strategisch von der klassischen Molekularbiologie abzusetzen. Daran anschließend werden die zentralen Praxisfelder und konstitutiven Verfahren der synthetischen Biologie *en détail* vorgestellt: namentlich das Bioengineering, der In-silico-Ansatz und die Systembiologie, die bereits erwähnte Synthetische Genomik und die Konstruktion von Minimalzellen, die Genomeditierung und CRISPR/Cas9, die Protozellforschung und die Xenobiologie sowie das Biohacking und die Bio Art. – Ziel des ersten Kapitels ist es, eine griffige Charakterisierung der synthetischen Biologie in ihrer Entstehungsphase zu ermöglichen, auf die sich meine Untersuchungen im weiteren Verlauf immer wieder (und durchaus kritisch) beziehen.

Unter dem Titel *Genealogie und Kritik der synthetischen Biologie* wendet das zweite Kapitel die Untersuchung ins Geisteswissenschaftliche und fragt nach dem für die Medien- und Kulturwissenschaft relevanten Stand der Forschung. Wenn hier die historisch-kritische Auseinandersetzung mit der synthetischen Biologie ansetzt, dann geschieht dies unter der Zielstellung, eine eigene, durchaus neue Perspektivierung der synthetischen Biologie auszuarbeiten und in Ansatz zu bringen. Zunächst werden zwei voneinander verschiedene, historische Lesarten der synthetischen Biologie vorgestellt und diskutiert: Zuerst möchte ich einen Überblick über die *longue durée* der Lebensherstellung geben, die weit in die Geschichte bis in den Mythos zurückreicht. Hier haben die bekannten (und weniger bekannten) Figuren und Figurationen des ‚Lebenmachens‘ ihren Auftritt. Eine Art Ahnengalerie dieses Motivs reicht von babylonischen Schöpfungsmythen über die griechischen Figuren des Demiurgen und Prometheus, mittelalterlichen und neuzeitlichen Erzählungen (Golem, Homunkuli etc.) und den Diskurs der *génésis autómotos* bis hin zu modernen und zeitgenössischen Figurationen des ‚Lebenmachens‘ in der Science-Fiction. Anschließend kommen die Laborgeschichten seit etwa 1890 und darin die sogenannten ‚Vorläufer‘ im Bereich der Lebenswissenschaften zur Darstellung. – In Abgrenzung zu dieser (einerseits zu weiten und andererseits zu engen) Fokussierung der synthetischen Biologie werde ich meinen Zugang zum Thema explizieren, um gleichsam für eine *wissens- und machtgeschichtliche Problematisierung der synthetischen Biologie* zu plädieren. Neben den historiografischen Problematiken der bisherigen Forschungsstände wird deutlich, dass diese Ansätze nicht über die Frühphase der synthetischen Biologie hinausgehen; beide Ansätze sind nur eingeschränkt in der Lage, der besagten Dringlichkeit um CRISPR Rechnung zu tragen.

Das dritte Kapitel widmet sich der *Entstehung der Zoöpolitik* und umkreist die machthistorische (Modernitäts-)Schwelle um 1800. Das Kapitel leistet zunächst eine Charakterisierung jener konstitutiven Elemente, die unter anderem Michel Foucault, Jean-Luc Nancy und Joseph Vogl als ‚Macht über das Leben‘ analysiert haben. Dabei handelt

48 Köchy, Kristian: „Was ist Synthetische Biologie?“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 37.

es sich um die Souveränitätsmacht, die Disziplinen und die Biopolitik der Bevölkerung. Es wird gezeigt, dass an der Schwelle zum 19. Jahrhundert in den Nationalstaaten der europäischen Moderne ein postsouveräner, kameralistischer und polizeilich-disziplinierender Typus der Macht Gestalt annimmt. Dieser treibt eine ‚Bewirtschaftung des Lebenden‘ im Spektrum zwischen den Mikrodimensionen der menschlichen Körper-subjekte und dem Kollektivkörper der Bevölkerung voran. Als Gelenk- und Schaltstelle zwischen den beiden Polen fungierten die menschliche Sexualität und Reproduktion.⁴⁹

Schließlich werde ich den Begriff der Zoëpolitik ausformulieren und diesen als die macht- und wissensgenealogische Rückseite einer Biopolitik der Moderne kennzeichnen. Dabei gilt es zu zeigen, dass sich der lebenspolitische ‚Wille zum Machen‘ seinem Gegenstand anverwandeln muss. Die Macht und das Wissen sind gezwungen, sich buchstäblich selbst zu ‚verlebendigen‘. Denn um die *Zoë* (kurzum: das physische Leben und seine konstitutiven, materiellen Prozesse) zu beherrschen und diese letztlich zu ‚machen‘, unterwirft sich die Macht selbst einer evolutiven und offenen Logik ständiger Proliferation und Selbstüberschreitung. Mit der *Verlebendigung der Macht* um 1800 ereignet sich also eine Transformation der *Zoë* auf dem Feld des Politischen und in der Biologie (etwa in Blumenbachs Theorie des Bildungstriebes). *Zoë* erscheint fortan als *Téchne*. Dabei ist besonders bemerkenswert, dass das Theorem der Zoëpolitik bei Foucault bereits angelegt war – ohne jedoch vollends auf den Begriff gebracht worden zu sein. Ein machttechnologisches Begehren nach durchdringender Kontrolle und gänzlicher Beherrschung des Lebenden also, das je historisch-spezifische Formen des ‚Machens‘ hervorbringt. Zoëpolitik zielt darauf, das physische Leben – auch jenseits des Menschen – durch materielle und symbolische Operationen (an-)steuern zu können, um seine Dimension des selbsttätigen Werdens unter menschliche Kontrolle zu bringen.

Das vierte Kapitel diskutiert die Entstehung einer molekularen Macht über das Leben, die sich gleichsam mit dem Denkbild des Abtauchens unter die „Haut der Welt“⁵⁰ nachvollziehen lässt. Mit dem Auftauchen des informationstheoretisch-biokybernetischen Lebensbegriffs in den 1940er Jahren wird eine *molekulare pistemische Eskalation* der Zoëpolitik erkennbar. Diese unterläuft buchstäblich die Disziplinierung der Körper, die Biopolitik der Bevölkerung und die Modulation ihrer Environments und steht doch in Kontinuität mit den initialen Elementen des ‚Lebenmachens‘. Hier ereignet sich eine radikale Transformation und Vertiefung der Lebensmacht der Moderne. Mit dem Sprung in die Tiefendimension des Molekularen und dem Postulat der operativen Universalität des genetischen Codes überschreitet die Macht ihre moderne Zentrierung und Limitierung auf das menschliche Leben und die Mikrophysik der Körper, um auf der molekularen Skalenebene ein neues Operationsfeld zu etablieren. Ich gehe davon aus,

⁴⁹ Vgl. Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 173; ebd.: *Die Geburt der Biopolitik. Geschichte der Gouvernementalität II*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2004.

⁵⁰ Bense, Max: „Kybernetik oder Die Metatechnik einer Maschine“, in: *Ausgewählte Schriften*, Band 2, Stuttgart: Metzler 1998, S. 441.

dass jene zu beschreibende biokybernetische Transformation weniger im Begriff des Politischen zum Tragen kam, sondern als eine von Donna Haraway beschriebene technowissenschaftliche „Neuerfindung der Natur“⁵¹ wirksam wird. Konstitutiv dafür ist die Diskursfigur der molekularen Codemaschinerie. Diese formiert das Wesen des „Lebens als Information und Schrift“⁵² und erlaubt es, die *Zoë* mit neuen kybernetischen Dispositiven von *Command and Control* zu durchdringen. Im Zentrum meiner zoëpolitischen Analyse steht dabei die Schrödinger'sche Frage nach dem ‚Leben selbst‘, das seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts als molekulare, nicht-menschliche, codegetriebene Technologie erscheint. Was mit Erwin Schrödingers Spekulationen zur Frage *What is Life?* (1943) begann und schnell zur Mission der Enträtselung des genetischen Codes wurde, kann zuerst als spekulative und mathematische Phase der molekularen Revolution gekennzeichnet werden. Entscheidend ist dabei das Konzept einer Molekularisierung und Singularisierung der genetischen Handlungsmacht, die sich in Francis Cricks *Central Dogma of Molecular Biology* (1958) zu erkennen gibt. Dies führt zu einer sogenannten Ontologisierung und Universalisierung des neuen Lebensbegriffs in der Biochemie, die ich anhand der Arbeiten von François Jacob, Jacques Monod und anderen diskutieren werde. Spätestens ab dem Anfang der 1970er Jahre entwickelt sich eine Kulturgeschichte globalen Typs, die ihren Höhepunkt in der Entschlüsselungsarbeit am menschlichen Genom im Jahr 2003 hatte. Erst durch eine philosophische Betrachtung, lassen sich die zoëpolitischen Implikationen des biokybernetischen Lebensbegriffs im Zeichen einer „Informatik der Herrschaft“⁵³ hinreichend verstehen. Dafür werde ich im Kapitel *Hyle und Morphe I: Souveräne Ordnung am ‚Grund der Dinge‘* die primäre epistemische und gleichsam machttechnologische Strategie offenlegen, die als Trennung von aktivem Stoff (genetische Information) und passivem Material (Proteine) die konstitutive Wirksamkeit des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik begründet. Die Trennung im Sinne des Hylemorphismus wird an späterer Stelle im Zusammenhang mit der synthetischen Biologie wieder aufgegriffen. Abschließend geht es um Michel Foucaults „Neue[s] Testament der Biologie“⁵⁴ und seine emphatische, wissenshistorische Bewertung der Ereignisse in der Molekularbiologie. Hier stellt sich die Frage nach dem durchaus paradoxen Status des *Anthropos* respektive des modernen Subjektes innerhalb der Wissensordnungen der molekularen Revolution.

Das *Interludium* mit dem Titel *Kittlers Spekulationen und die Grenze des Wachstums* widmet sich der Denkfigur der Grenze, die in den 1970er Jahren in der diskursiven Gemengelage aus Biologie, Informationstheorie, Ökologie und Kapitalismus(-kritik) auf eigentümliche Weise verhandelt wurde. Hier setze ich einen kurzen Essay Friedrich

51 Vgl. Haraway, Donna J.: *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt am Main: Campus 1995.

52 Kay, Lily E.: *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?*, Berlin: Suhrkamp 2005, S. 423.

53 Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*, S. 48.

54 Foucault, Michel: „Wachsen und vermehren“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Band 2: 1970–1975, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 123–128, hier S. 126.

Kittlers in einen spielerischen Konnex mit der Krisendiagnose des *Club of Rome*. Vor dem Hintergrund dieser Zusammenschau lässt sich dann die sogenannte „Erfindung der Bioökonomie“⁵⁵ verstehen. Auf Basis des biokybernetischen Lebensbegriffs und befeuert von den großen Summen an Risikokapital entstand im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts ein weltweiter Markt für Biotech-Applikationen, der den (Nähr-)Boden für das Aufkommen der synthetischen Biologie stiftete.

Das fünfte Kapitel diskutiert und analysiert das historische Auftauchen der synthetischen Biologie als eine *ingenieurtechnische Eskalation* der Zoëpolitik – ausgehend von der zuvor beschriebenen Genealogie des ‚Lebenmachens‘. Ich werde darlegen, dass sich die Entstehung der synthetischen Biologie einem epistemischen Notstand im Feld der Molekularbiologie verdankt, der im Zuge der Entschlüsselungsarbeit am menschlichen Genom eintritt. Im Moment der Krise des Genbegriffs kommt es zu einer beachtlichen Wendung: Nach dem Millennium verabschiedete man sich schlagartig von einem generellen Lebensbegriff, der sich allein aus der DNA ableiten ließ. Jedoch wurden die bereits erprobten molekularen Prozesse und Mechanismen kurzerhand zu Instrumenten, Protokollen und Standards einer praktischen Biologie umdisponiert, die sich plötzlich als eine neue Ingenieurwissenschaft zu affirmieren wusste. Die ikonische Rede vom „Buch des Lebens“⁵⁶ wurde durch den eingangs zitierten Satz Richard Feynmans ersetzt: „What I cannot create, I do not understand.“

Vor diesem Hintergrund unternehme ich eine kritische Rekonstruktion und Deutung der Ereignisse um *Synthia*. Das erste künstliche Bakteriengenom begreife ich als technowissenschaftliches Artefakt einer Kolonialisierung der kulturellen Imagination und als transhumanistisches Versprechen einer Biotechnologisierung gesellschaftlicher Zukünfte. Infolgedessen zeige ich (im Anschluss an das Kapitel *Hyle und Morphe I*), dass die prometheische Idee des ‚Machens‘ innerhalb der synthetischen Biologie meistens von einem problematischen Hylemorphismus ausgeht. Die Trennung von aktivem, intervenierendem Gestalten und passiver Materialität lässt sich auf George Churchs bereits erwähnten biokybernetischen Begriff des Genoms (als ‚universellen Konstrukteur‘) zurückführen. Dies wiederum schafft Raum für das neue Spektrum der Lebensmacht im dritten Paradigma der Zoëpolitik. Dem vermeintlichen Universalismus folgend, zeigt sich der Anspruch eines ‚radikalen Redesigns‘ des planetarischen Lebens mithilfe von CRISPR, das sich als gänzliche ‚Technologisierung des Lebens‘ versteht. In diesem Anthropozänwerden des Biologischen bricht sich ein neuer ‚Wille zum Design‘ Bahn, dessen Gegenstand nunmehr die menschliche Keimbahn ist. Am Schluss steht letztlich die bereits aufgeworfene Frage, welche Figuration(en) des *Anthropos* sich im Drama des Keimbahn-Design zu erkennen geben.

55 Cooper, Melinda: „Leben jenseits der Grenzen. Die Erfindung der Bioökonomie“, in: Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik. Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 468–524.

56 Vgl. Kay: *Das Buch des Lebens*.

Im *Postskriptum* geht es schließlich um das, was ich *Die Möglichkeit anderer Synthesen* nennen werde. Es gilt dafür, die zentralen Ergebnisse meiner historisch-theoretischen Studie, also die jeweilige Konfiguration des ‚Lebensmachens‘ innerhalb der drei Paradigmen zu diskutieren. Am Ende werde ich die Stoßrichtung einer nunmehr hegemonialen Ingenieurbiologie im Zeichnen einer invasiven ‚Technologisierung der Biologie‘ umwenden. Für weiterführende Forschungen möchte ich deshalb am Ende meiner Studie drei strategische Denkbewegungen unternehmen. Diese finden sich (1) in der Kehrtwendung der Zielrichtung des Transhumanismus, (2) in der Rekonfiguration des Design-strategischen Hylemorphismus der synthetischen Biologie mithilfe eines *Aktiven Materialismus*⁵⁷ und (3) in der Notwendigkeit anderer, dezidiert *neuer* Erzählungen der Lebensherstellung im Anthropozän, die ich im Rekurs auf Donna Haraways *Camille Stories*⁵⁸ ausloten werde.

57 Vgl. Schäffner, Wolfgang: „Active Matter“, in: Lauschke, Marion und Pablo Schneider (Hrsg.): *23 Manifeste zu Bildakt und Verkörperung*, Berlin: De Gruyter 2018.

58 Vgl. Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 187–229.

1 Verstehen durch Herstellen? Epistemologie und Technologien der synthetischen Biologie

Making is Knowing and Knowing is Making – Zur materiellen Epistemologie des Synthetischen

„Synthetic biology“ is a term that has attracted an enormous amount of attention in the last few years, not to mention funding. But what is synthetic biology? The short answer: many things.¹

Evelyn Fox Keller

Seit dem Jahr 2000 wird das Kompositum ‚synthetische Biologie‘ in seiner heutigen Konnotation verwendet. Der Chemiker Erich Kool hatte den Begriff auf der Jahreskonferenz der *American Chemical Society* in San Francisco für eine allgemeine Beschreibung eines möglichen neuen Forschungsfeldes eingeführt.² Im Konkreten ging es Kool dabei um das Konzept einer ‚biomimetischen‘, also einer das Biologische nachahmenden Chemie, bei der die organische Synthese zur Herstellung künstlicher Moleküle verwendet wird. Kool lancierte den Begriff der synthetischen Biologie, um die Synthese ‚unnatürlicher‘, jedoch organischer Moleküle zu beschreiben, die in lebenden Systemen funktionieren.³ Hier rückte bereits die Ordnungsfigur der Gestaltbarkeit in den Mittelpunkt: „[T]he term has been used with reference to efforts to ‚redesign life‘.“⁴

Die diskurshistorische Begründung der synthetischen Biologie, die ebenjenes Redesign des Lebenden vorantreibt, ereignete sich vier Jahre später. Im Jahr 2004 sollte am *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) die erste Konferenz stattfinden, die sich in expliziter und programmatischer Weise der synthetischen Biologie widmete. In dieser Art *Macy Conference*⁵ für Wissenschaftler:innen aus Molekularbiologie, Informatik, Chemie, Design, Nanotechnologie sowie Kulturanthropologie konstituierte und konturierte sich das neue Forschungsfeld.⁶ Entsprechend einer Geste des Aufbruchs trug die Veranstaltung den Titel *Synthetic Biology 1.0* und begründete gleichsam ein bis heute

1 Keller: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, S. 291.

2 Vgl. Rawis, Rebecca L.: „Synthetic Biology“ Makes Its Debut. Nucleic Acids Are One Focus of Approach Based on Nonnatural Molecules Designed to Function In Biological Systems“, *Chemical & Engineering News* 78/17 (2000), S. 49–53.

3 Vgl. Benner, Steven A. und Michael A. Sismour: „Synthetic Biology“, *Nature Reviews Genetics* 6/7 (07.2005), S. 533–543, hier S. 533.

4 Ebd.

5 Die Protokolle der epochemachenden, interdisziplinären Macy-Konferenzen wurden von Heinz von Foerster erstellt und neu herausgegeben von: Pias, Claus (Hrsg.): *Kybernetik – Cybernetics. The Macy-Conferences 1946–1953*, Band 1, Berlin: Diaphanes 2003.

6 Vgl. Rabinow, Paul and Gaymon Bennett, *Designing Human Practices. An Experiment with Synthetic Biology* Chicago: The University of Chicago Press, 2012, 18–20; Zu den disziplinären Anfängen der

bestehendes Konferenzformat. Im Rahmen dieser Auftaktkonferenz wurde die disziplinäre Kennung der ‚synthetischen Biologie‘ zunächst im Zusammenhang mit möglichen alternativen Namensgebungen diskutiert. In diesen Diskussionen hat sich das Kompositum gegen andere mögliche Namensgebungen durchgesetzt, wie etwa ‚Rekombinante Biologie‘, ‚Konstruktive Biologie‘ und ‚Intentionale Biologie‘. Festzuhalten ist hier, die Heterogenität der Teilnehmer:innen aus verschiedenen Feldern, von denen nur eine Minorität aus den Lebenswissenschaften stammte.⁷

But what is synthetic biology? – Das einleitende Zitat (samt Frage- und Antwortspiel) stammt aus einem vielgelesenen Aufsatz der Wissenschaftshistorikerin Evelyn Fox Keller, ebenfalls am MIT tätig. Der Aufsatz aus dem Jahre 2009 reflektiert die Gründungsjahre der synthetischen Biologie und trägt den durchaus provokanten Titel: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“ Mit Blick auf die kurze Antwort („many things“) ist das nachfolgende Kapitel um eine detaillierte(re) Klärung ebenjener beiden Fragen bemüht, die am Anfang einer ernsthaften Beschäftigung mit dem besagten Forschungsfeld stehen sollten: Was *ist* synthetische Biologie und was hat diese eigentlich mit Biologie als Wissenschaft vom Leben zu tun? Auch zwanzig Jahre nach der Begründung des besagten Forschungsfeldes (und über eine Dekade nach Kellers Aufsatz) scheint eine hinreichende Beantwortung schwieriger denn je. Die nachfolgenden Ausführungen verstehen sich – trotzdem oder gerade deswegen – als eine Einleitung und Einführung in den Gegenstandsbereich und das Untersuchungsfeld der synthetischen Biologie. Dabei richtet sich der Fokus auf die besagte Gründungszeit (von 2004 bis 2009). Untersuchen möchte ich zunächst die *engineering-driven* Epistemologie der synthetischen Biologie. Davon ausgehend kommen die zentralen Praxisfelder und konstitutiven Verfahren der synthetischen Biologie zur Darstellung. Ziel ist es also, eine Charakterisierung der Ingenieurbiologie herauszuarbeiten, auf dessen Elemente ich im Verlauf der vorliegenden Studie immer wieder in teils problematisierender Weise zurückgreifen kann. – Eine historisch-kritische Auseinandersetzung mit der synthetischen Biologie wird dann zum Gegenstand des zweiten Kapitels der vorliegenden Untersuchung. In einer iterativen Denkbewegung werde ich dort zuerst den geisteswissenschaftlichen Forschungsstand im Hinblick auf zwei historisierende Lesarten (eine *longue durée* der Lebensherstellung und die verschiedenen Laborgeschichten seit 1890) vorstellen, um davon ausgehend und gleichsam in Abgrenzung dazu einen eigenen Zugriff auf das Thema zu explizieren: Diesen Zugang möchte ich eine *wissens- und machtgenealogische Perspektivierung der synthetischen Biologie* nennen. Dort angelangt werde ich mich nochmals der obigen

(zeitgenössischen) synthetischen Biologie, siehe Roosth, Sophia, *Synthetic. How Life Got Made*, Chicago: University of Chicago Press, 2017.

⁷ Vgl. Campos, Luis: „That Was the Synthetic Biology That Was“, in: Schmidt, Markus u. a. (Hrsg.): *Synthetic Biology. The Technoscience and Its Societal Consequences*, Dordrecht: Springer 2009, S. 19 f. Das Konferenzformat hat sich bis heute durchgehalten. Im Jahr 2006 fand die SB 2.0 in Berkeley, 2007 die SB 3.0 in Zürich und 2008 die SB 4.0 in Hongkong sowie die SB 5.0 in 2011 in Stanford statt. Siehe: <http://syntheticbiology.org/Conferences.html> (zugegriffen am 03.03.2023).

Frage zuwenden, um diese mit einem Antwortschreiben in den Kapiteln 3 bis 5 zu bedenken: *What is synthetic biology?* Eine kritische, genealogische Antwort: ein neues Paradigma der Bio- und Zoöpolitik.

In der Gründungsphase der synthetischen Biologie hatten die Ordnungsfiguren des ingenieurwissenschaftlichen Denkens, des Designs und des Artifiziiellen eine konstitutive und eine demarkatorische Funktion. In dieser Phase veräußert sich ein transdisziplinärer „rallying cry“⁸, also ein Appell an all diejenigen, die sich unter dem Banner einer synthetischen Biologie zum Zwecke der Gestaltung und Beherrschung der lebenden Natur versammeln wollen: Zu dieser durchaus martialisch-stammesgesellschaftlich anmutenden Rhetorik passt die Selbstbeschreibung, nach der die synthetische Biologie einer „messy landscape“⁹ gleiche. Die Vertreter:innen verschiedener Forschungsrichtungen organisieren sich in dieser ‚chaotischen Landschaft‘ in verschiedenen „tribes“¹⁰. Als gemeinsamer Nenner dieser vermeintlich tribalen (Un-)Ordnung galt die gezielte Durchsetzung eines ingenieurtechnischen Ideals in der Biologie. Nach dem Bioingenieur Drew Endy war dies ebenjene „ability to design and construct synthetic biological systems“¹¹.

Mit Recht lässt sich behaupten, dass *bis dato* keine kanonische Definition der synthetischen Biologie zu finden ist. Der erste, alle bis dahin gültige Forschungsrichtungen (und Stammesgruppen) inkludierende Definitionsversuch wurde im Jahr 2005 von einer Sachverständigengruppe der Europäischen Kommission unternommen, in dem die programmatische Fusion von Biologie und Ingenieurwissenschaft zum Ausdruck kommen sollte:

Synthetic biology is the engineering of biology: the synthesis of complex, biologically based (or inspired) systems, which display functions that do not exist in nature. This engineering perspective may be applied at all levels of the hierarchy of biological structures – from individual molecules to whole cells, tissues and organisms. In essence, synthetic biology will enable the design of ‚biological systems‘ in a rational and systematic way.¹²

Absicht der ingenieurwissenschaftlichen Arbeitsweise sind demnach das regelgeleitete Design und die Konstruktion von Organismen mit neuen, unbekanntem Eigenschaften – „die Konstruktion neuartiger Lebensformen, die in der Natur in dieser Form bisher nicht vorkommen“¹³. Besonderes Augenmerk liegt hier auf dem integralen Anspruch

8 O'Malley, Maureen A.: „Making Knowledge in Synthetic Biology: Design Meets Kludge“, *Biological Theory* 4/4 (12.2009), S. 378–389, hier S. 379.

9 „Synthetic Biology. Beyond Divisions“, *Nature* 509/7499 (05.2014), S. 151.

10 Ebd.

11 Endy, Drew: „Foundations for Engineering Biology“, *Nature* 438/7067 (11.2005), S. 449–453, hier S. 449.

12 European Commission and Directorate General for Research: *Synthetic Biology. Applying Engineering to Biology: Report of a NEST High-Level Expert Group*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2005, S. 5.

13 Bölker, Michael: „Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der Synthetischen Biologie“, in: Dabrock, Peter u. a. (Hrsg.): *Was ist Leben – Im Zeitalter seiner*

der dezidiert technischen Lebenswissenschaft. Diese weitet ihren Zugriff auf das ganze Spektrum der biologischen Gegenstände und Entitäten aus, denn die „technische Gestaltung soll auf verschiedenen Ebenen erfolgen – von einzelnen Molekülen bis hin zu kompletten Biosystemen“¹⁴.

Nicht wenige Vertreter:innen der synthetischen Biologie beschwören den revolutionären Status ihrer Wissenschaft als eine ‚Neue Biologie‘. Nicht selten wird versucht ein Narrativ der eigenen Geschichtlichkeit zu formulieren, um die eigene Position im Feld der konkurrierenden lebenswissenschaftlichen Disziplinen zu markieren und abzugrenzen. Der Begriff der Synthese ist verbunden mit der Diskursfigur von der technischen, rationalen Bezwungung einer als irrational und chaotisch empfundenen biologischen Natur: „It is in this sense of rationally engineering biological systems that synthetic biology finds its rallying cry, with the strong claim being made that never before has biology found itself in the position of being able to overcome the irrationality of nature with human-made rational design.“¹⁵

Die synthetische Biologie lässt sich in den Gründungsjahren noch als „Fortführung von Verfahren der Gentechnik und Molekularbiologie“¹⁶ verstehen. Zentrale Begriffe und Denkfiguren entlehnt sie der Molekularbiologie, die bekanntlich weniger den Anspruch auf technisches (Re-)Design des Untersuchungsgegenstands formuliert, sondern sich zumeist auf dessen experimentelle Beobachtung konzentriert. Bereits in ihrer Gründungsphase geht die synthetische Biologie mit ihrem ingenieurtechnischen Ansatz über die etablierten Verfahren der Gentechnik hinaus, „indem sie auf verschiedenen Ebenen (Gene, Stoffwechselwege, Zellen) in biologische Prozesse eingreift oder diese ganz neu konstruiert“¹⁷. Während die Leitfigur der Modifikation die klassische Gentechnik bestimmt(e), so steht die synthetische Biologie hingegen für eine Wende zur ingenieurtechnischen Konstruktion und zum regelgeleiteten Design des Lebenden.

Ein weiteres Gründungs- und Distinktionsmoment ist die offensive Kritik der Vertreter:innen der synthetischen Biologie an der Biologie selbst. Diese lautet: Die tradierten und disziplinbildenden Methoden der Repräsentation durch Beobachtung und Analyse lieferten keineswegs gesicherte Erkenntnis. Vielmehr sei dieser Weg der Wissensgenerierung als spekulativ zurückzuweisen, und führe letztlich in die Scheinobjektivität. Synthetische Biologie vertritt demgegenüber einen Erkenntnisansatz, der sich von der klassischen Herangehensweise der Biologie dezidiert zu unterscheiden ver-

technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie, Freiburg: Karl Alber 2011, S. 27.

¹⁴ Köchy/Hümpel: *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, S. 29.

¹⁵ O'Malley: „Making Knowledge in Synthetic Biology“, S. 379.

¹⁶ Müller-Röber, Bernd und Marc-Denis Weitze: „Synthetische Biologie – auf dem Weg zu einer Neuen Technologie“, in: Kehrt, Christian, Peter Schüssler und Marc-Denis Weitze (Hrsg.): *Neue Technologien in der Gesellschaft: Akteure, Erwartungen, Kontroversen und Konjunkturen*, Bielefeld: Transcript 2011, S. 246 f.

¹⁷ Ebd.

sucht. Hat die klassische Biologie ein primäres Interesse, störungsfreie Erkenntnisse über ihre Gegenstände qua Beobachtung und Experiment zu generieren, so steht die synthetische Biologie für eine mitunter provokant vorangetriebene Wende zu einem technischen Zugriff auf das Lebende. Jener klassische Ansatz konzipiert möglichst ‚saubere‘ Beobachtungen und Experimente als Mittel einer vermeintlich objektiven Wissensproduktion. Exemplarisch lässt sich eine Passage des neopositivistischen Naturphilosophen und Begründer des *Wiener Kreises* Moritz Schlick anführen, in der jenes, für die moderne Naturwissenschaft typische Verständnis von Objektivität zum Ausdruck kommt. Er schreibt in *Allgemeine Erkenntnislehre* aus dem Jahr 1918:

Das Wesen des Erkennens fordert schlechthin, daß derjenige, der es ausüben will, sich in eine Ferne und eine Höhe über die Dinge begeben, von der aus er ihre Beziehung zu allen anderen Dingen überblicken kann. Wer sich ihnen nähert, teilnimmt an ihrem Weben und Wirken, der steht im Leben, nicht im Erkennen; ihm zeigen die Dinge das Antlitz ihres Wertes, nicht ihres Wesens.¹⁸

Nach diesem epistemischen Ideal der objektiven Naturerkenntnis dürfen die Beobachtungsgegenstände von den Forschenden keinesfalls verändert werden. Dabei gilt, je störungsfreier die Beobachtung, desto höher der Grad der ‚reinen‘ Repräsentation der Naturphänomene. – Die synthetische Biologie wendet sich gegen Objektivität und Repräsentation und liegt damit bemerkenswerterweise fast auf einer Linie mit einer geisteswissenschaftlichen Objektivitätskritik, die in der Wissenschaftsgeschichte etwa von Lorraine Daston, Peter Galison sowie Bruno Latour, Donna Haraway und anderen formuliert wurde. Nach deren epistemologischer Kritik erscheint Objektivität nicht als überzeitliches Wissen und ungetrübte Erkenntnis, die sich aus einer beobachterunabhängigen Perspektive und durch unmittelbaren Zugriff auf die ‚reine Natur‘ – im Sinne der ‚pure facts‘ – ergibt.¹⁹ Vielmehr wurde zu Recht kritisiert, dass eine solche Vorstellung von Objektivität selbst eine geschichtliche Erfindung ist.²⁰

In ihrer Selbstbeschreibung lanciert die synthetische Biologie dementsprechend eine Art epistemischer Gegenerzählung zum besagten Objektivitätsparadigma, indem ihre Vertreter:innen einen antagonistischen Erkenntnisweg einschlagen. Bei diesem bestimmt die materielle Konstruktion eines Gegenstandes und der Nachvollzug derselben die Epistemologie. Kurzum: Das Konstruieren wird zum Primat der Wissensproduktion. Einer auf ‚reine Fakten‘ abzielenden Beobachtung und Analyse wird damit das Konzept der Synthese entgegengestellt. Denn erst anhand eines iterativen Konstruktionsprozesses und dessen Nachvollzug könne man gesicherte und verallgemeinernde Erkenntnisse von ebendiesen gestalteten Entitäten ableiten. Die Protagonisten und

¹⁸ Schlick, Moritz: *Allgemeine Erkenntnislehre*, hrsg. von Hans Jürgen Wendel u. a., Wien: Springer 2009, S. 288.

¹⁹ Aus wissenssoziologischer Perspektive: vgl. Latour, Bruno und Steve Woolgar: *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, Beverly Hills: Sage Publications 1979.

²⁰ Vgl. Daston, Lorraine und Peter Galison: *Objektivität*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2017, S. 59–120.

Mitbegründer der synthetischen Biologie, Steven Benner und Michael Sismour stellen die durchaus suggestive Frage: „What synthesis can do that observation and analysis cannot [?]“. Die Beantwortung der Frage lässt sich als ihre Kritik an der Gewissheit und Verlässlichkeit klassischer biologischer Epistemologie verstehen, wenn sie mit einem deutlichen Ton des Unbehagens erklären: „[I]t is easy for human scientists to convince themselves that data contain patterns that they do not, conclude that patterns support models when they need not, and believe that models are truth, which they are not. These observations are not pejorative.“²¹

Die Skepsis über die Verlässlichkeit von Beobachtung und die Modellbildung geht mit der primären Aufwertung von Ingenieurprinzipien einher. Aussagen über die Richtigkeit von Hypothesen könnten nicht durch Modelle, sondern vielmehr mittels ‚gelungener‘ Konstruktion überprüft werden. In epistemologischer Hinsicht attestieren die Anthropologen Paul Rabinow und Gaymon Bennett der synthetischen Biologie eine „Intensivierung des Ingenieurcharakters der Biologie“, die in der Formel „Verstehen durch Herstellung und Umgestaltung“²² zur Anschauung komme. Dabei wird versucht, Rückschlüsse über die Gesetzmäßigkeiten biologischer Zusammenhänge mittels der synthetischen Konstruktionsprozesse biologischer Artefakte abzuleiten. In den Worten des Technikphilosophen Bernhard Irrgang: Was die synthetische Biologie „am deutlichsten von den bisherigen Arbeiten der Biotechnologie abhebt, ist ein neues Selbstbewusstsein, eine neue Denk- und Herangehensweise: Nur was man auch selbst bauen kann, hat man wirklich verstanden, so lautet das Credo der Bioingenieure“²³. – In meiner Terminologie, so möchte ich für den Fortgang der Studie festhalten, eignet der synthetischen Biologie eine *engineering-driven* Epistemologie. Entscheidende Bedeutung kommt dabei dem ‚Synthetischen‘ der *synthetischen* Biologie zu. Mit Referenz auf Evelyn Fox Keller lassen sich die folgenden vier Charakteristika definieren:

(1) *Synthese als materieller Prozess*: Nicht die symbolisch-konzeptuelle Dimension von Philosophie und Epistemologie, sondern die Arbeit mit und am biologischen Material selbst wird zum Dreh- und Angelpunkt der Wissensproduktion.

[W]e might think of this distinction in material terms, as in first disassembling a machine into its components (analysis) and second, reassembling it, piece by piece (synthesis). This shift from conceptual to material reconstruction simultaneously marks the rebirth of synthetic biology.²⁴

21 Benner/Sismour: „Synthetic Biology“, S. 534.

22 Rabinow/Bennett: „Auf dem Weg zum synthetischen Anthropos“, S. 332.

23 Bernhard Irrgang zitiert nach Weiss, Martin G.: „Verstehen wir, was wir herstellen können? Martin Heidegger und die Synthetische Biologie“, in: *Was ist Leben – im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*. Hrsg. von Peter Dabrock, Michael Bölker u. a. Freiburg: Alber 2011. S. 179.

24 Keller: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, S. 292.

Keller zufolge bezieht sich das ‚Synthetische‘ nur sekundär auf abstrahierende Konzepte oder theoretische Begriffe, wie es etwa Immanuel Kants klassische Unterscheidung von analytischen und synthetischen Urteilen impliziert.

[A]s Kant employed the distinction between analytic and synthetic, analytic refers to propositions that are true by virtue of the meaning of their terms, and synthetic to propositions that are not. But in fact this classical meaning has little to do with the ways in which the term is used today in synthetic biology.²⁵

Nach Kant, so könnte man etwas verkürzt behaupten, werden synthetische Urteile *a priori*, will heißen, nicht auf Erfahrung beruhende Urteile, gänzlich auf der Ebene von Begriffen gefällt. Bei den ingenieurwissenschaftlichen Ansätzen der synthetischen Biologie findet die Synthese nicht durch die Verbindung von Begriffen statt, sondern primär durch das Zusammenfügen von standardisierten, materiellen, molekularen Bauteilen.

(2) *Molekulare Maschine*: Für die meisten Forschungsrichtungen der synthetischen Biologie ist deshalb die Ordnungsfigur der molekularen Maschine das zentrale Element einer praktischen und materiellen Epistemologie: Die Konstruktion molekularer Maschinen *materialiter*, also die Analytik ihrer materiellen Einzelteile und die erneute Synthese, bildet das epistemologische und operative Herzstück des Synthesebegriffs: „[The] real-world reconstruction of the system is precisely what is promised by almost all the different strands of synthetic biology.“²⁶ Mit der ‚gelungenen‘ Synthese der lebenden Systeme soll ein Wissen über die selbigen abgeleitet werden.

(3) *Durchkreuzung der klassischen Register*: Die synthetische Biologie lässt sich dabei nicht gänzlich unter den Begriff des Ingenieurtechnischen subsumieren. An der besagten Maschinenvorstellung des Biologischen offenbart sich das spezifische Wissenschaftsverständnis der synthetischen Biologie. Denn das (Selbst-)Verständnis der Synthese lässt sich nicht in die dichotome Unterscheidung und klassische Arbeitsteilung von Analytik und Applikation, von Science und Engineering, von *Epistème* und *Téchne*, von Wissenschaft und Anwendung einordnen.

At first glance, this seems to do nothing more than place its own activities squarely in the realm of engineering. But in fact I think a more radical move is at work, for in much of synthetic biology today, the very link between analytic and synthetic is loosened here, and to the extent that that link is still present, it is far from clear that analytic comes first, either terminologically or methodologically.²⁷

25 Keller: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, S. 292.

26 Ebd.

27 Ebd.

(4) *Wissen durch Synthese*: Vielmehr affirmiert sich die synthetische Biologie gerade durch das Synthetische und mittels der materiellen (Re-)Konstruktionen lebendiger Maschinen als eine forschende Wissenschaft eigenen Rechtes:

[Synthetic Biology carries] the implication that real-world synthesis is science. What is of particular interest in many of these discussions is the repeated assertion that making is knowing, that the building of a machine is not only of obvious practical utility, but that that process is also, in itself, the royal route to an understanding of the machine. Making is knowing, and knowing is making.²⁸

Hier schließt sich der Kreis zu der bereits zitierten Kritik von Steven Benner und Michael Sismour, auf Basis deren eine Epistemologie des Machens zum Goldstandard der Wissensproduktion erhoben werden soll: „Knowledge as making might be said to be the first credo of synthetic biology. A closely related credo is the at least tacit denial of any meaningful distinction between science and engineering.“²⁹ – Die synthetische Biologie ist die Wissenschaft einer ‚artifiziellen Biologie‘ molekularer Maschinen, die etwaige Erkenntnisse für eine ‚natürliche Biologie‘ *qua* Konstruktion ableiten will. Dabei gilt: *Machen ist Wissen*. Im Umkehrschluss: Wissen selbst ist immer ein Gemachtes.

Vor dem Hintergrund dieser *engineering-driven* Epistemologie erscheint die traditionelle Kernfrage der Biologie nach dem Lebensbegriff dann in einem neuen Licht. Keller verweist auf einen programmatischen Aufsatz mit dem Titel „Synthetic Biology Projects in Vitro“, der inmitten der Gründungsphase im Jahr 2006 in der Fachzeitschrift *Genome Research* erschien. Dort hatten Anthony Forster und George Church den epistemologischen Anspruch der synthetischen Biologie als eine Suggestivfrage formuliert: „Until we can assemble a form of life in vitro from defined, functionally macromolecules and small-molecule substrates, how can we say that we understand the secret of life?“³⁰ Die Frage lässt sich gleichsam als signifikantes Forschungsprogramm einer *engineering-driven* Epistemologie paraphrasieren, in der Leben, Wissen und Synthese auf denkwürdige Weise ineinandergreifen: Verstehen kann man die ‚Geheimnisse des Lebens‘ nur, wenn man einen lebenden Organismus *in vitro* aus wohldefinierten Einzelteilen aufbaut.

Doch damit nicht genug: In der Exklusivität dieser Epistemologie des Synthetischen liegt ihr Anspruch auf Hegemonie im Feld der Lebenswissenschaften. Zum einen gründet sich dieser Hegemonieanspruch auf das Versprechen einer Wissensproduktion durch Machen und Gestaltung. Zum anderen erscheint dieses Versprechen eng verbunden mit einem Anspruch, der außerhalb des Feldes epistemologischer Fragestellungen führt: etwa in die Projekte der synthetischen Biologie, die gänzlich neue biologische Entitäten und Systeme auf molekularer Skalenebene herstellen wollen. Als Beispiel aus

²⁸ Keller: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, S. 292.

²⁹ Ebd., S. 293.

³⁰ Forster, Anthony C. und George M. Church: „Synthetic Biology Projects in vitro“, *Genome Research* 17/1 (06.12.2006), S. 1–6, hier S. 5.

dem Bereich der Genomeditierung: George Churchs Projekte verbleiben keinesfalls nur in der Sphäre epistemologischer Fragen oder der technologischen Imagination. Vielmehr entstehen unter seiner Leitung konkrete Ingenieurpraktiken zum Zwecke eines „radical redesign“³¹, das weit mehr verheißt als die Klärung der Lebensfrage. Sein Team an der Harvard University präsentierte im Mai 2019 ein neues CRISPR-Verfahren, mit dem sich im Zuge eines Editierungsvorgangs bis zu 13 000 Programmierungen gleichzeitig vornehmen lassen.³²

Diesem Konzept des ‚Synthetischen‘ eignet damit ein doppelter Gestaltungsanspruch, der sich nicht nur auf die Epistemologie, das Labor als Ort der Wissensproduktion und auf ein spezifisches Debattenfeld innerhalb der Biologie begrenzen lässt. Im Begriff des ‚Synthetischen‘ verschränkt sich vielmehr die skizzierte artifizielle Biologie mit dem Begriff der Technowissenschaften, der letztlich auch in die Dimension des Kulturellen ausgreift, wie etwa Donna Haraway, Bruno Latour, Bernadette Bensaude-Vincent und Alfred Nordmann gezeigt haben. Diese Dimension einer *technowissenschaftlichen Kultur der synthetischen Biologie* möchte ich an dieser Stelle nur mit wenigen Worten andeuten – ich werde die Problematik später (S. 165 ff.) dann in aller Ausführlichkeit behandeln: Wenn man sich die bereits skizzierten Projekte von George Church, Craig Venter, Drew Endy und anderen vor Augen führt, wird sichtbar, dass sich die Bioingenieure offensiv an den Herausforderungen der anthropozänen Gegenwart beteiligen (wollen). Dieses Selbstverständnis unterscheidet sich massiv von einer Biologie als einer wissenschaftlichen Disziplin, die nach ‚gesicherten‘ Erkenntnissen sucht, um solide Repräsentationen von Lebensphänomenen zu erstellen. Ziel der synthetischen Biologie ist, lebende Organismen von Grund auf neu zu ‚erschaffen‘, indem sie genetisch standardisierte Teile und computergestütztes Design verwenden. ‚Lebende Maschinen‘, die in der ‚Natur‘ nicht existieren, sollen so menschlichen Zwecken dienbar gemacht werden. Über den aktuellen (und teilweise begrenzten) Forschungsstand hinaus und entgegen der Kritik aus den eigenen Reihen: Nicht wenige Wissenschaftler:innen der synthetischen Biologie lancieren prometheische Versprechungen über soziotechnische Szenarien, imaginierte Objekte und zukünftige biotechnische Experimente, die eher inmitten der Gesellschaft als hinter verschlossenen Labortüren stattfinden. Führende Institutionen arbeiten unter der Leitidee einer anthropozänen Zukunft, die einer aktiven Gestaltung durch synthetische Biologie bedürfe.³³ Das prestigeträchtige *Synthetic Biology Engineering Research Center* (Synberc) etwa trägt den Satz „Building the Future with Biology“³⁴ in seinem Logo. Hier hat man sich einem Ziel verschrieben, das über die Wissensproduktion eines ‚Wissen durch Machen‘ hinausgeht: „to build bio-

31 Smith u. a.: „Enabling Large-Scale Genome Editing by Reducing DNA Nicking“, S. 1.

32 Zur Formel eines ‚radikalen Redesign‘: Müller: „Nach CRISPR“, S. 338.

33 Zum technowissenschaftlichen Selbstverständnis der synthetischen Biologie: Müller: „First Species Whose Parent Is a Computer“, S. 102.

34 <https://ebrc.org/synberc/> (zugegriffen am 03.03.2023).

based systems that solve real-world problems in health, energy, and the environment³⁵. Mit anderen Worten: Zwar ist die synthetische Biologie durch eine materiale, *engineering-driven* Epistemologie gekennzeichnet, doch lässt sie sich keineswegs darauf begrenzen. Über das epistemologisch formierte ‚Machen für das Wissen‘ hinaus erscheint ein Machen um seiner selbst willen, innerhalb dessen sich die Ingenieurbiologie eher für den Umbau und das Redesign der lebenden Natur im Anthropozän als für die Mehrung des Wissens im eigenen Fach interessiert.

Spätestens hier stellt sich die Frage nach einer disziplinären Verortung der synthetischen Biologie. Aus klassifikatorisch-disziplinärer Sicht begründet die konzeptuelle *Engineering-Strategie* zur Erlangung gezielter Ergebnisse die Begrifflichkeit *Synthetic Biology*, die von der Gründungsphase bis heute als eine Art ‚umbrella term‘ fungiert. Die synthetische Biologie gewinnt ihre spezifische, interdisziplinäre Dynamik im Grenzbereich von Molekularbiologie, Ingenieurwissenschaft, Organischer Chemie, Materialwissenschaft, Nanobiotechnologie, Designwissenschaft und Informatik; sie bedient sich zumeist einer Vielzahl disziplinär-spezifischer Methoden, Verfahren und Nomenklaturen. So gesehen ist die synthetische Biologie „eine Vielzahl heterogener Forschungsprojekte und Forschungsansätze, deren gemeinsames Ziel es ist, biologische oder artifizielle Systeme auf biologischer Basis im Labor zu entwerfen, nachzubauen oder zu modifizieren“³⁶. Zwar lässt sich eine weltweite Entwicklung beobachten, bei der Universitäten neue Studiengänge lancieren und beständig neue Forschungszentren für synthetische Biologie aufgebaut werden, doch scheint eine scharfe Demarkation zu angrenzenden Fächern nach heutigem Stand weder möglich noch sinnvoll. Schließlich handelt es sich bei der Ingenieurbiologie um ein noch sehr junges Feld, das sich trotz oder gerade wegen der Etablierung eines ersten vorläufigen methodischen und epistemologischen Kanons in den vergangenen Jahren, noch nicht umfassend etabliert hat und vielmehr im Werden begriffen ist. Letztlich ist der einende Denominator der synthetischen Biologie wohl das, was der Philosoph Kristian Köchy den „ingenieurwissenschaftlichen Denkstil“³⁷ genannt hat. Zudem sei nochmals daran erinnert, dass die Initiative zur Entwicklung der synthetischen Biologie eben nicht von einer lebenswissenschaftlichen Fachgesellschaft ausging, sondern von einem heterogenen Ensemble, von Wissenschaftler:innen ganz unterschiedlicher disziplinärer Herkunft. Im Folgenden, so möchte ich vorsichtig festhalten, werde ich deshalb von der synthetischen Biologie als einem interdisziplinären Forschungs- und Anwendungsfeld sprechen, das sich in systematischer Weise zwischen Biologie und Ingenieurwissenschaft herausgebildet hat, denn von einer klar abzugrenzenden Fachdisziplin. Keller spricht deshalb legitimerweise von einer technowissenschaftlichen „Interdisziplin“³⁸.

35 <https://ebrc.org/synberc/> (zugegriffen am 03.03.2023).

36 Köchy/Hümpel: *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, S. 29.

37 Köchy: „Was ist Synthetische Biologie?“, S. 37.

38 Keller: „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, S. 294.

Im Zuge massiver Forschungsförderung aus öffentlicher und industrieller Hand ist ein kaum noch zu überblickendes, institutionelles Geflecht entstanden, in dem eine Vielzahl von Initiativen, Laboren, Förderungsprogrammen, Professuren, Publikationen und fachspezifischen Journalen zusammen agieren. Das einende Interesse jener ‚stakeholder‘ der synthetischen Biologie ist die Etablierung einer Forschungsinfrastruktur, die Erarbeitung von sogenannten Enabling-Technologien sowie die Aushandlung fachspezifischer Standards, um letztlich das rationale Design und die gezielte Herstellung synthetischer Organismen und Systeme voranzutreiben – und damit ‚Leben zu machen‘. Durchzogen ist diese Ebene institutioneller Zusammenhänge mit diversen Diskursen über teils konträre Ansätze, Laborgeschichten, Visionen und Verfahren. Im Denkbild der ‚molekularen Maschine‘ verbinden sich Fragen zu technowissenschaftlicher Epistemologie und Objektkulturen mit industriellen Interessen und geopolitischen Strategien (S. 201 ff.). – Im Sinne eines Ordnungsvorschlags wird es nachfolgend darum gehen, eine handliche Skizze der wichtigsten Forschungswege jener verschiedenen ‚Stammesgesellschaften‘ der synthetischen Biologie zu exponieren. Dieser Ordnungsvorschlag erfolgt, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu unterbreiten – er bildet aber gewissermaßen eine Systematik der synthetischen Biologie, die nicht zuletzt für eine spätere kulturwissenschaftliche Aneignung und Problematisierung unentbehrlich ist.

Bioengineering

Wie der Begriff bereits vermuten lässt, im Bereich des Bioengineering geht es um die Klassifikation und Herstellung molekularer Elemente, mit deren Hilfe sich größere Einheiten zu Systemen synthetisieren lassen. Im Denkstil klassischer Ingenieurwissenschaft werden biologische Systeme – im Modus der Komplexitätsreduktion – in ihre konstitutiven Prozesselemente zerlegt, um diese in ihrer Funktionalität und Technizität im Detail zu erfassen. Die ermittelten Einzelteile werden dann qua Mathematisierung und Modellierung als standardisierte Elemente anhand genau festgelegter Eigenschaften charakterisiert, hierarchisiert und katalogisiert. Auf Basis dieser epistemischen Transformation werden die Elemente als Module bzw. Bausteine ‚in Dienst genommen‘, welche sich dann für Gestaltungszwecke miteinander verbinden und – in der Nomenklatur des Bioengineering – ‚verschalten‘ lassen. Forster und Church postulieren eine generelle Gestaltbarkeit auf der Ebene der molekularen Biologie, weil auf dieser Ebene eine Demarkation von Natur und Technik hinfällig werde. Ihnen zufolge lässt sich die Zielsetzung des Bioengineering im Speziellen und der synthetischen Biologie im Allgemeinen in dem Credo zusammenfassen: „[T]o put together an organism from small molecules alone.“³⁹ In einem programmatischen Artikel mit dem Titel *Refi-*

³⁹ Forster/Church: „Synthetic Biology Projects in vitro“, S. 1.

nement and Standardization of Synthetic Biological Parts and Devices von Barry Canton, Anna Labno und Drew Endy wird dazu ein dreistufiges Verfahren festgelegt:

The ability to quickly and reliably engineer many-component systems from libraries of standard interchangeable parts is one hallmark of modern technologies. Whether the apparent complexity of living systems will permit biological engineers to develop similar capabilities is a pressing research question. We propose to adapt existing frameworks for describing engineered devices to biological objects in order to (i) direct the refinement and use of biological ‚parts‘ and ‚devices‘, (ii) support research on enabling reliable composition of standard biological parts and (iii) facilitate the development of abstraction hierarchies that simplify biological engineering.⁴⁰

Der hier beschriebene dreistufige Ansatz nimmt in sogenannten *BioBricks* Gestalt an. Diese ‚biologischen Bauteile‘ lassen sich zu neuen Systemen und Entitäten zusammenfügen oder erlauben es, bestehende Systeme mit neuen Eigenschaften zu erweitern. Alle BioBricks entsprechen einem gemeinsamen technischen Standard, der die Verbindung einzelner Bauteile gewährleisten soll. Weil es um den buchstäblichen Aufbau von molekularbiologischen Artifizien durch die Verschaltung vordefinierter Elemente geht, wird diese Forschungsrichtung als ‚Bottom-up-Approach‘ bezeichnet. In seiner Nomenklatur macht der Bereich des Bioengineering starke Anleihen in der Elektro- und Computertechnik – wenn etwa von Schaltkreisen, Umschaltern, Transistoren und Oszillatoren die Rede ist, die zu immer größeren Gefügen verschaltet werden sollen. Die ingenieurtechnische Homologie zwischen Zellen und Computern wurde im Diskurs des Bioengineering schon früh anschaulich. Exemplarisch lässt sich ein Schaubild aus der zweiten Ausgabe des Journals *Molecular Systems Biology* aus dem Jahr 2006 anführen. Darin werden der noch jungen Fachgemeinde die „*New Engineering Rules for an Emerging Discipline*“ erörtert.⁴¹

Die Darstellung legt nahe: Wie bei einem Hardwaredesign im Bereich der Computer werden im Bioengineering-Ansatz die einzelnen molekularbiologischen Standardbauteile nach einer hierarchischen Struktur miteinander verschaltet. Die Leserichtung des nachfolgenden Schaubildes impliziert bereits den Konstruktionsweg von kleinen Elementen (Proteine, Gene u. a.) zum großen Gefüge (Gewebe, Zellkulturen) – die Konstruktion erfolgt ‚von Grund auf‘.

Nach der Jahrtausendwende haben sich die Forscher:innen im Feld des Bioengineering auf die Erfindung und Erprobung eines Grundstocks von Basismodulen konzentriert („creation of functional and robust modules“⁴²), sodass man von einer

⁴⁰ Canton, Barry, Anna Labno und Drew Endy: „Refinement and Standardization of Synthetic Biological Parts and Devices“, *Nature Biotechnology* 26/7 (07.2008), S. 787–793, hier S. 787.

⁴¹ Vgl. Andrianantoandro, Ernesto u. a.: „Synthetic Biology: New Engineering Rules for An Emerging Discipline“, *Molecular Systems Biology* Nr. 2 (16.05.2006). <https://www.embopress.org/doi/full/10.1038/msb4100073> (zugegriffen: 03.03.2023).

⁴² Purnick, Priscilla E. M. und Ron Weiss: „The Second Wave of Synthetic Biology: From Modules to Systems“, *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 10/6 (06.2009), S. 410–422, hier S. 410.

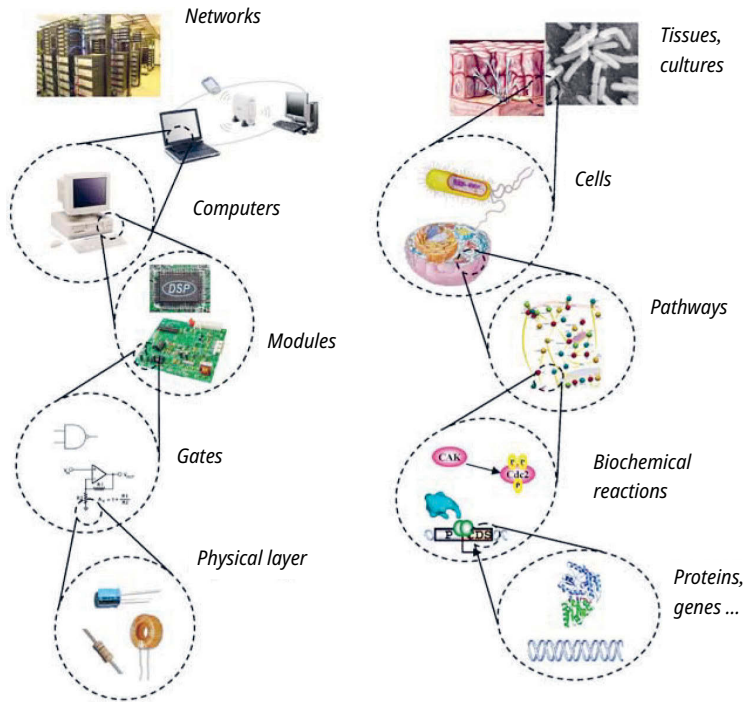


Abb. 2: Ähnlich wie bei einem Computer sollen im Bioengineering-Ansatz die einzelnen biologischen Bauteile nach einer hierarchischen Struktur zusammengebaut werden.

„ersten Welle“ der synthetischen Biologie sprechen kann. Priscilla Purnick und Ron Weiss erklären:

In the first wave of synthetic biology, basic elements – for example promoters, ribosome binding sites and transcriptional repressors – were combined to form small modules with specified behaviours. Currently, modules include switches, cascades, pulse generators, time-delayed circuits, oscillators, spatial patterning and logic formulas. These and other modules can be used to regulate gene expression, protein function, metabolism and cell-cell communication.⁴³

Heute steht eine beachtliche Anzahl von katalogisierten Basismodulen als BioBricks zur Konstruktion immer komplexerer Biosysteme zur Verfügung, die in Onlinedatenbanken eingesehen werden können.⁴⁴ – Die primäre Ebene, in denen die ‚lebendigen Maschinen‘ ingenieurtechnischen Typs realisiert werden, ist die Skalenebene des Molekularen.

⁴³ Purnick/Weiss: „The Second Wave of Synthetic Biology: From Modules to Systems“, S. 410.

⁴⁴ Die größte Datenbank der Community der synthetischen Biologie – mit etwa 20000 Modulen im Jahr 2018 – ist ein Non-Profit-Projekt, das auf einem Open-Source-Prinzip basiert. Die Datenbank ist Teil der am MIT beheimateten *BioBricks Foundation* und trägt den Namen *Registry of Standard Biological Parts*. Finanziert wird das Projekt von der US-amerikanischen *National Science Foundation*, dem *National In-*

Der Realisierung molekularbiologischer Entitäten und Systeme gehen Phasen gezielter Planung voraus: „[I]t emphasizes the mutual necessity of design and fabrication, which are iterative phases of manipulation directed towards implementing human defined functions in engineered biological systems“⁴⁵. Als ein Hauptgegenstandsfeld hat sich die genetische Modulation und Konstruktion künstlicher Stoffwechselwege etabliert. Bei diesem *Metabolic Engineering* konzentriert man sich wiederum auf die der Schaltungstechnik entlehnten Begriffe der *Genetic Circuits* und des *Pathway Design*. Begünstigt wird das Design der Stoffwechselwege durch drei interdependente Faktoren: „[T]he ever-declining costs of *de novo* gene synthesis; the improved use of bioinformatic tools to mine, sort and analyze biological data; and the increasing sensitivity and sophistication of investigational tools.“⁴⁶ Eine fundamentale Bedeutung kommt den besagten ‚Werkzeugen‘ zu. Dabei handelt es sich um Software-Programme im Stil des Computer-Aided-Design, die auf die molekularen Module abgestimmt sind. Mit ihnen lässt sich die Verschaltbarkeit ihrer Einzelteile *in silico* erproben, komponieren und gestalten, um diese anschließend wieder – qua Chemikalisierung – ins biologische Material zu übersetzen. Entweder werden dazu Elemente an Ort und Stelle im Labor auf chemischem Wege synthetisiert, oder, meist im Falle komplexerer Strukturen, bei speziellen Dienstleistern *on demand* in Auftrag gegeben. Auch wenn das computergestützte Design ‚molekularer Maschinen‘ seinen primären Ort im Labor hat, so hat sich doch Zusehens eine komplexe Arbeitsteilung und Infrastruktur ausdifferenziert.

Charakteristisch für die Frühphase in der Geschichte der synthetischen Biologie ist ein durchaus unkonventionelles Format, das, dank seines spielerischen und durchaus kompetitiven Charakters eine große Resonanz über die Grenzen der Lebenswissenschaft hinaus gefunden hat: Die *International Genetically Engineered Machine Competition*, kurz iGEM genannt. Dabei handelt es sich um einen am MIT initiierten Wettbewerb, der – ausgehend von einem Workshop, der im Jahr 2003 in Boston mit Studierenden und führenden Vertreter:innen aus dem Bereich des Bioengineering abgehalten wurde – seit 2005 jährlich stattfindet. Die iGEM richtet sich in erster Linie an Teams von Studierenden der frühen Semester, die mit ihren im Vorhinein erarbeiteten Projekten gegeneinander antreten. Leitgedanke ist es, dass die Konstruktion molekularer Maschinen aufgrund der beschriebenen Standardisierung auch für Forschende mit geringen Vorkenntnissen möglich sein soll. Der Wettbewerb selbst soll so gewissermaßen als ein *Proof of Principle* dienen. Dem Motiv der Niedrigschwelligkeit und dem Open-Source-Gedanken entsprechend, wird es den Teilnehmerteams erlaubt, auf die BioBricks aus der MIT-Registrierung zuzugreifen, um synthetische Organismen und

stitutes of Health sowie der *Defense Advanced Research Projects Agency*. Siehe: <http://parts.igem.org/Catalog> (zugegriffen am 03.03.2023).

45 O'Malley, Maureen A. u. a.: „Knowledge-Making Distinctions in Synthetic Biology“, *BioEssays* 30/1 (01.2008), S. 57–65, hier S. 57.

46 Yadav, Vikramaditya G. u. a.: „The Future of Metabolic Engineering and Synthetic Biology: Towards a Systematic Practice“, *Metabolic Engineering* 14/3 (05.2012), S. 233–241, hier S. 233.

Systeme mit noch unbekanntem Eigenschaften zu entwerfen. Verbunden ist dieses Privileg jedoch mit dem sogenannten ‚get and give approach‘⁴⁷, nach dem alle im Zuge des Wettbewerbs erarbeiteten neuen BioBricks in das Eigentum der *BioBricks Foundation* übergehen. – Nachdem die iGEM seit 2007 auch für internationale Studierende geöffnet wurde, erfreut sich der Wettbewerb exponentiell steigender Teilnehmerzahlen. Drei Jahre später reisten bereits 130 Teams und damit mehr als 2000 Studierende zur Finalveranstaltung nach Boston – dem sogenannten *Giant Jamboree*. Im Jahr 2019 zählte der Veranstalter über 300 Teams und über 3500 Teilnehmer:innen. Wegen der steigenden Teilnehmerzahl wurde die iGEM vom Campus des MIT ins Bostoner *Hynes Convention Center* verlegt. Die Großveranstaltung wird von Biotechnologieunternehmen frequentiert, welche die angehenden Forscher:innen für sich gewinnen wollen.

Es sind nicht so sehr die Projekte aus der Grundlagenforschung, sondern die technofuturistisch und idealistisch anmutenden Entwürfe, die das Bild des studentischen Wettbewerbs bestimmen: reprogrammierte Bakterien zur Filterung kontaminierter Gewässer; biolumineszente Bäume, welche die Straßen und Städte von Morgen beleuchten sollen; oder gar xenobiologische Mikroorganismen, die die Oberfläche des Mars für terrestrisches Leben habitabel machen könnten. Das Zusammenspiel von ingenieurtechnischer Standardisierung mit dem Entwurf biotechnologischer, kollektiver Zukünfte befördert *volens volens* eine normierende, soziotechnische Problematik. Diese deutete auch der Wissenschaftsjournalist Kai Kupferschmidt an: „Der iGEM-Wettbewerb zeigt eine Welt von morgen und die wichtigsten Lebewesen, die hier gezüchtet werden, sind nicht genveränderte Bakterien, sondern motivierte Forscher, die diese Welt möglich machen wollen.“⁴⁸ Eine weitere Möglichkeitsbedingung der synthetischen Biologie ist die Erprobung des Designs ‚molekularer Maschinen‘ mit den Mitteln der Bioinformatik, die nun zur Darstellung kommen soll.

***In silico* und Systembiologie**

Nicht nur als technische Homologie und konstitutives Vorbild für die ‚molekulare Maschine‘ werden Denkfiguren aus dem Register des Computers herangezogen – auch als funktionales Medium für den Entwurf, die Planung und das Design sind digitale Rechenmaschinen und Bildmedien unabdingbar für die synthetische Biologie. Dem Arbeiten mit biologischen Entitäten *in vitro* gehen zumeist Phasen der Arbeit *in silico* voraus. Als Fundament der synthetischen Biologie lässt sich die sogenannte Bioinformatik respektive Systembiologie erkennen. Die Informatik der Molekularbiologie wird

47 Smolke, Christina D: „Building Outside of the Box: iGEM and the BioBricks Foundation“, *Nature Biotechnology* 27/12 (12.2009), S. 1099–1102, hier S. 1100.

48 Kupferschmidt, Kai: „Wie Forscher den Bausatz des Lebens neu entwerfen“, *Zeit Online*, 17.02.2011, <https://www.zeit.de/wissen/2011-02/zellprogrammierer-synthetische-biologie/komplettansicht> (zugegriffen am 03.03.2023).

nicht nur für die Arbeit mit standardisierten Elementen wie etwa den BioBricks in Dienst genommen, sondern spielt in fast allen Forschungszweigen der synthetischen Biologie eine grundlegende Rolle. Weil die Bioinformatik quer zu allen wichtigen Ansätzen der synthetischen Biologie verläuft, sei sie an dieser Stelle zunächst skizzenhaft vorgestellt. – Eine kritische Vertiefung erfährt die Auseinandersetzung mit dem Problemfeld der Bioinformatik in dem Kapitel über das Humangenomprojekt (S. 158) und dem Abschnitt über die sogenannte *Digital Biology* nach Craig Venter (S. 165).

Seit ihrer Gründungsphase in den 1980er Jahren agierte die Bioinformatik unter dem Versprechen, die molekularen Abläufe im Genom und die damit verbundenen regulatorischen Prozesse durch mathematische Verfahren und stochastische Modellierungen im Medium des Computers zur Anschauung zu bringen, indem sie die Codierung der DNA ins Digitale übersetzt. Die Bioinformatik nutzt dafür die Annahme einer vermeintlichen Äquivalenz genetischer und digitaler Codes.⁴⁹ Im Denkbild der genomischen ‚Codeschrift‘ zielten die Forscher:innen darauf, das Molekularbiologische am Computerbildschirm sicht- und sagbar zu machen. In diesem Dispositiv erscheinen das Genom und seine verschiedenen Codierungsprozesse in Form einer variierenden Abfolge von den bekannten vier Basen Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T). Der automatisierte Prozess der Genomsequenzierung, also die Bestimmung der linearen Abfolge der Nukleinsäuren ist das grundlegende Verfahren der Bioinformatik. Ausgehend von den gewonnenen ‚Genomdaten‘, die in sogenannten digitalen *Biobanks* gesammelt und verwaltet werden, setzt die eigentliche Forschung der Bioinformatik an. Denn wie schon der Name impliziert, handelt es sich um eine biologische Disziplin, die das Leben vom materiellen Substrat ablösen will, um es im *dry lab* des Computers zum immateriellen Gegenstand der Forschung zu machen. Im Medium der Simulation erfolgt die rechnergestützte Erforschung von biologischen Prozessen außerhalb der *wet ware* lebender Zellen, Strukturen und Gewebe. Dafür definiert die Bioinformatik „biologische Komponenten als ‚algorithmische Zeichen‘, die ein Agieren mit den Strukturen des Lebens (subface) visuell vermittelt (surface) simulieren. Die sichtbare Oberfläche nimmt dabei als ‚doppeltes Bild‘ zwischen Algorithmik und Ästhetik die Funktion eines *interface* ein“⁵⁰. Das Interface, so wurde aus medienwissenschaftlicher Perspektive bemerkt, „eröffnet eine epistemisch eigenständige dritte Ebene [...] indem das *subface* über den Computer ins Lebendige verlängert wird, [es] stellt über die Interaktion mit Bildzeichen selbst neue Visualisierungen zur Verfügung“⁵¹. Ein vielbeachteter ‚Durchbruch‘ der Bioinformatik ereignete sich mit der 2003 abgeschlossenen Sequenzierung des Humangenoms.

49 Vgl. Thacker: *Biomedica*, S. 5.

50 Friedrich, Kathrin und Gabriele Gramelsberger: „Techniken der Überschreitung. Fertigungsmechanismen verlässlich ‚lebensfähiger‘ biologischer Entitäten“, *Zeitschrift für Medienwissenschaften*, Heft 4, 2011, S. 15–21, hier S. 33.

51 Ebd.

Nach dem Millennium wurde die Simulation für das Experimentieren mit einer immer größeren Anzahl interagierender Prozesse und hierarchischen Ebenen nutzbar gemacht. Spätestens hier beginnt die Bioinformatik, sich den Begriff des Systems einzuverleiben. Auf diesem holistischen Niveau sollen nicht nur eine kleine Zahl von Genen, sondern die systemischen Zusammenhänge vieler Variablen auf verschiedenen biologischen Skalenebenen simuliert und verstanden werden. Im Wechselspiel zwischen Laborversuch und Modellierung am Computer werden mathematische Konzepte zur Modellierung biologischer Systeme angewandt, die Vorhersagen über vielschichtige biologische Prozesse zwischen Zellen, Organen und dem gesamten Organismus ermöglichen. – Dieser neue bioinformatische Holismus bildet sodann die Möglichkeitsbedingung für ein ingenieurtechnisches Denken: Wenn die Simulation also nicht nur auf den regelgeleiteten Nachvollzug komplexer biologischer Prozesse konzentriert bleibt, sondern auf ihrer Basis ein gestalterisch-synthetisches Vorgehen in Anschlag gebracht wird, dann wird die Bioinformatik Teil des Redesigns des Lebenden und ein Mittel zur Konstruktion ‚molekularer Maschinen‘.

Anders formuliert: Eine solche Repräsentation und Simulation molekularbiologischer Zusammenhänge mit den Mitteln der Informatik bildet erst die Möglichkeit einer Wende zum Synthetischen, zu einem Machen im Sinne der Ingenieurbiologie. Die Bioinformatik ist das Technologie- und Diskursfeld, auf dem die Projekte und Ziele der synthetischen Biologie zuerst Gestalt annehmen. Im Bereich des Bioengineerings sind es die Datenbanken und Computer-Aided Design Software, mit der sich die komplexen Verschaltungen von Bausteinen und Elementen entwerfen lassen. Mit Blick auf das gesamte Feld der synthetischen Biologie lässt sich festhalten: In der synthetischen Genomik ist es ebenfalls die bioinformatische Epistemologie des Sequenzierens und die spezifische Software, mit denen man Genome modifizieren oder gleich ‚neu schreiben‘ will. Die Protokollforschung wiederum bedarf der Bioinformatik, um zu wissen, welche Gene und Sequenzen nicht unbedingt notwendig sind und somit aus der DNA ‚gelöscht‘ werden können. Im Bereich der Genomeditierung, so impliziert bereits die Wortwahl, muss erst geplant werden, welche Sequenzen mittels CRISPR gelöscht, getauscht und erweitert werden. In der Xenobiologie sind es dann jene, der Natur fremden chemischen Bausteine und Nukleinsäuren, mit denen man das genomische ‚Buchstabenalphabet‘ von A, T, C, G zu erweitern gedenkt. Und nicht zuletzt kommen die Do-it-Yourself-Biologie und die Biohacking-Ansätze nicht ohne die im hegemonialen Diskurs eingesetzten Verfahren der Bioinformatik aus, wenn deren CAD-Programme und Datenbanken genutzt werden, um alternative Visionen der synthetischen Biologie voranzutreiben.

Synthetische Genomik und Minimalzellen

Ausgehend vom Motiv der Konstruktion neuer Eigenschaften biologischer Entitäten lassen sich innerhalb des synthetisierenden Bioengineerings zwei unterschiedliche forschungsleitende Strategien erkennen: Der eine Ansatz steht für das Zusammensetzen

von bekannten Gensequenzen in Form von biologischen Standardbauteilen. Durch die Rekombination bereits bekannter Kombinationsmöglichkeiten sollen biologische Systeme mit neuen Eigenschaften entstehen. Dabei handelt es sich um „einen mehr oder weniger tiefgreifenden Umbau (Re-Engineering) bestehender Lebensformen“⁵². Der davon zu unterscheidende Ansatz zielt darauf, biologische Organismen *de novo* oder *from scratch* herzustellen. Der Genetiker Michael Bölker nennt diesen Zweig „eine radikale Neukonstruktion (Redesign) künstlicher Zellen“⁵³. Dieser Zugang operiert unter der Zielsetzung „Leben von Anfang an technisch zu produzieren“⁵⁴. Hier kommt ein ingenieurtechnisches Denken zur Anschauung, welches das Biologische in seine konstitutiven und operativen Elemente auflösen will, um die besagten lebenden Maschinen am Reißbrett und von Grund auf neu aufzubauen.

Obwohl ein ingenieurwissenschaftlicher Denkstil unverkennbar bleibt, wählt die Protzellforschung und Genomsynthese eine den Bioengineering-Ansätzen entgegengesetzte Strategie. Im Gegensatz zu den Bottom-up-Strategien des Bioengineerings begegnet man in der synthetischen Genomik einem Set an Top-down-Verfahren, die darauf zielen, bestehende Organismen fundamental umzubauen, anstatt Systeme aus standardisierten Einzelteilen zu assemblieren. Forschungsleitend ist die Idee einer technischen Komplexitätsreduzierung des Lebenden. Eine vielgebrauchte Diskursfigur, in der die Idee einer solchen synthetischen Genomik zum Ausdruck kommt, ist die vom sogenannten Schreiben eines Genoms. Verfolgte die analysierende Molekularbiologie seit den 1940er Jahren die Mission, den genetischen Code des Lebenden zu entziffern und zu lesen, so geht die synthetische Genomik einen entscheidenden Schritt weiter: Hier will man Teile oder den ganzen DNA-Strang eines Genoms – verstanden als lineare Abfolge von Nukleinsäuren und im Sinne eines Schreibprozesses – aus den vier Basen A, G, C und T auf chemisch-künstlichem Wege synthetisieren. Das Genom wird mit spezieller Software zunächst in *dry lab* entworfen und *qua* bioinformatischer Simulation auf seine Funktionalität getestet. Mittels eines sogenannten DNA-Druckers wird der Datensatz anschließend als chemische Zeichenabfolge ‚materialisiert‘. Dieser Forschungsansatz profitiert von den bereits erwähnten exponentiell gesunkenen Kosten für die automatisierte, chemische Synthese von Gensequenzen, die bei größeren Einheiten immer öfter durch externe Dienste besorgt wird. – Die wohl bekannteste Exemplifizierung ist Craig Venters eingangs beschriebene Komplettsynthese eines artifiziiellen Bakterien-genoms mit dem Namen *Mycoplasma laboratorium* oder *Synthia*. Dafür wurde zuerst eine fast identische Kopie eines ‚natürlichen‘ Genoms angefertigt, jedoch mit einigen neuen Einschüben aus den unbelebten, chemischen Komponenten. Anschließend verpflanzte man dieses ‚künstliche‘ Genom in eine Zelle, die jedoch nur noch über eine reduzierte, eigene DNA verfügte.

52 Bölker: „Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der Synthetischen Biologie“, S. 27.

53 Ebd.

54 Ebd.

Als buchstäbliche Basis für das künstliche Genom fungiert die Minimalzelle. Man geht davon aus, so schreibt der Berliner Chemiker Nediljko Budisa, „dass der Einsatz der Synthetischen Biologie beim Engineering komplexer Systeme und der Umgestaltung biologischer Komponenten zu minimalen Zellfabriken einen großen Fortschritt hin zu effizienten und sicheren biotechnologischen Anwendungen bedeutet“⁵⁵. Hierbei soll eine Zelle auf der Ebene ihres Genoms auf ein minimales Set an Eigenschaften reduziert werden. So bleiben nur noch jene DNA-Abschnitte, welche die Zelle zum Leben unter Laborbedingungen benötigt. Meistens handelt es sich um Bakterienzellen vom Typus *M. genitalium* oder *E. coli*. Diese Modellorganismen zeichnen sich durch maximale Teilungsfreudigkeit aus, obwohl sie nur über eine geringere Anzahl von Genen verfügen. Michael Bölker erklärt, der Minimalzellen-Ansatz folge der Zielsetzung, den „hohen Grad an Komplexität, der die existierenden biologischen Systeme auszeichnet, drastisch zu reduzieren“⁵⁶. Denn man verspreche „sich von einer solchen Komplexitätsreduktion eine sehr viel bessere Steuerbarkeit, die Voraussetzung für die technische (Um-)Gestaltung synthetischer Zellen ist“⁵⁷.

Das Genom einer Zelle wird dabei in ein reduziertes Genom umdisponiert, wenn immer mehr ‚nicht lebensnotwendige‘ Elemente aus dem Ersteren getilgt werden. Budisa zufolge ermöglichen die sogenannten

In-vitro-Plattformen [...] erheblich mehr Freiheitsgrade bei der Systemmanipulation und -analyse und reduzieren zugleich die Komplexität des Systems dadurch, dass die Zusammensetzung der Zelle zu einem bestimmten Zeitpunkt festgehalten und auf wesentliche Teile der Zelle (z. B. Membranen) verzichtet wird.⁵⁸

Die übergeordnete Bestrebung ist es, eine molekulare ‚Plattform‘ zu konstruieren, die zwar die Qualität einer lebenden Entität besitzt, jedoch über möglichst wenige Eigenschaften verfügt, um als ein Gestell zum Einbau fremder DNA ‚störungsfrei‘ zu fungieren. Die Genomsynthese oder die synthetische Genomik verfolgt dabei einen der Systembiologie entlehnten, holistischen Ansatz: „[S]ynthetic biology works at the whole genome level and uses both top-down strategies (starting with the genome) and bottom-up strategies (starting with nucleotides) to conduct minimal genome analysis, whole genome synthesis and the transplantation of ‚foreign‘ or modified genomes into cells.“⁵⁹ Nicht umsonst wird die Denkfigur des Minimalgenoms mit einer Vokabel aus der Automobilfertigung bedacht, wenn von einem Chassis die Rede ist. Im Sinne einer

55 Budisa, Nediljko: „Chemisch-synthetische Biologie“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 91.

56 Bölker: „Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der Synthetischen Biologie“, S. 34.

57 Ebd.

58 Budisa: „Chemisch-synthetische Biologie“, S. 91.

59 O'Malley u. a.: „Knowledge-Making Distinctions in Synthetic Biology“, S. 58 f.

Zweiteilung lässt sich in das Chassis eine externe Steuerungseinheit einsetzen. Vertreter:innen dieses Ansatzes haben eine Standardprozedur daraus gemacht, den (Daten-) Satz dieser Bakterien auf etwa 300 eigene Gene zu reduzieren. Jene Minimalorganismen werden auch Containerzellen oder Chassis, also Gestelle genannt, da sie so gut wie ‚leer‘ sind, um neue Eigenschaften in ihr Genom ‚einzupflanzen‘. Je niedriger der ‚Eigensinn‘ des biologischen Materials, desto höher der Grad der Kontrolle des synthetischen Genoms. Demensprechend ist die – technische – Austauschbarkeit des Materials die oberste Maxime.

Fundamental für diese Dichotomie von Genom und Chassis ist die epistemologische Betrachtung zellulären Lebens als nachrichtentechnisches und informationstheoretisches System und die dadurch implizierte Trennung von DNA als operativem System vom Rest der Zelle, die als ausführende Hardware bzw. Wetware fungiert. Mit dieser Denkbewegung wird deutlich, dass Craig Venter seinen Ansatz der synthetischen Genomik im Feld der synthetischen Biologie explizit als *Digital Biology* verstanden wissen will:

This is now the era of digital biology, in which the proteins and other interacting molecules in a cell can be viewed as its hardware and the information encoded in its DNA as its software. All the information needed to make a living, self-replicating cell is locked up within the spirals of its double helix. As we read and interpret that code, we should, in the fullness of time, be able to completely understand how cells work, then change and improve them by writing new cellular software.⁶⁰

Venter erkennt in seinem Ansatz der *Digitalen Biologie* eine tiefe Zäsur im Feld der Lebenswissenschaften. Seine historische Diagnose verbindet er mit dem Aufruf zum ingenieurtechnischen *Enhancement* des molekularen Lebens, durch den forcierten Einsatz computergestützten Designs. Zum Zweck des ‚Lebenmachens‘ will man sich die DNA als (selbst-)operative Maschinerie aneignen. Möglichkeitsbedingung dieser *engineering-driven* Praxeo- und Epistemologie ist jene Diskursbewegung, die das Biologische gänzlich ins Feld des digitalen Rechnens und Schreibens rückt. Ein weiterer konstitutiver Ansatz der synthetischen Biologie, der sich aus der Grundannahme einer fundamentalen Schriftförmigkeit des Genoms speist, wird mit dem Schlagwort der Genomeditierung bezeichnet.

Genomeditierung und CRISPR/Cas9

Die Technologie mit dem Akronym *CRISPR/Cas9* (clustered regularly interspaced palindromic repeats) gehört zu einer neuen Generation biotechnischer Werkzeuge zum gezielten Umbau sowie der großformatigen Konstruktion von Gensequenzen und ganzer Genomstrukturen mit bisher ungekannter Präzision. Wie bereits einleitend

⁶⁰ Venter: *Life at The Speed of Light*, S. 47.

beschrieben, handelt es sich bei CRISPR ursprünglich um einen molekularen Mechanismus aus Enzym und RNA, mit dem Bakterien und Archaeen Angriffe von Viren ‚erkennen‘ und abwehren. Also eine Art Immunmechanismus, mit dem sich eine Zelle ständig selbst repariert, indem ‚unerwünschte‘ Abschnitte mittels spezifischer Enzyme aus dem DNA-Strang geschnitten werden, um die ‚Fremd‘-DNA durch eigene Sequenzen zu ersetzen. Die Erforschung der besagten Cas-Protein-Mechanismen wird bereits seit etwa fünfundzwanzig Jahren in der Grundlagenforschung vorangetrieben. Im Jahr 2012 ist es jedoch Jennifer Doudna und Emmanuelle Charpentier gelungen, diesen molekularen Mechanismus in ein biotechnisches Werkzeug umzumünzen, das in seiner Effektivität und Handhabbarkeit frühere Verfahren mitunter obsolet gemacht hat. – Die Begriffe und ersten Ansätze eines ‚Redigierens‘ von Gensequenzen finden sich bereits in den früheren Generationen biotechnischer Werkzeuge, etwa bei den Zinkfinger-Nukleasen (ZFN) und beim sequenzspezifischen Restriktionsenzym (TALEN).

In der Durchführung durchläuft das CRISPR-Verfahren⁶¹ zumeist drei Stufen: (1) Im ersten Schritt wird der Lokus der Editierung bestimmt. Das ist genau jener Abschnitt innerhalb eines aus Milliarden Basenpaaren bestehenden Genoms, der mit bestimmten genetischen Eigenschaften assoziiert wird. Im Reagenzglas kloniert und modifiziert man anschließend ebendiesen Abschnitt und verbindet ihn mit einer ‚Sonde‘ aus RNA-Abschnitten (Guide-RNA). Genabschnitt und RNA werden anschließend mit einem Cas9-Enzym gekoppelt. (2) Der Verbund aus den drei Elementen läuft dann am DNA-Strang entlang. Am zuvor definierten Lokus angekommen, verbindet und öffnet die RNA den DNA-Strang. Dann schneidet Cas-9 in die Doppelhelix. (3) Ist der Strang einmal durchtrennt, versucht sich die Zelle automatisch und unmittelbar selbst zu ‚reparieren‘. Damit setzt ein molekularer Mechanismus ein, der die beiden losen Enden des Stranges aufs Neue zu verbinden versucht. – Derzeit konzentriert sich die Forschung und Anwendung der Genomeditierung meistens auf zwei Operationen: Sie zielt entweder darauf, Gensequenzen stillzustellen und zu deaktivieren oder neue Abschnitte in das Erbgut einzubauen. (a) Beim sogenannten Doppelstrangabbruch handelt es sich um einen oft angewandten Vorgang des ‚Editierens‘. Dieser hat die Blockade eines vordefinierten Gens zum Ziel. (b) Die Guide-RNA lässt sich jedoch auch so ‚programmieren‘, dass nach dem Schneidevorgang ein neuer Abschnitt automatisch in den DNA-Strang eingesetzt wird. Die drei Schritte des Genomeditierens finden ihre Veranschaulichung in einer Grafik, die Jennifer Doudna im Jahr 2015 in *Nature* präsentierte.⁶²

Doudna widmete der Erfindung dieser neuen Technologie eine ganze Monografie. In dem Kapitel mit der suggestiven Überschrift „Command and Control“ expliziert

⁶¹ Die zentralen Aspekte in der Beschreibung des CRISPR-Verfahrens wurden übernommen von: <https://www.transgen.de/forschung/2564.crispr-genome-editing-pflanzen.html> (zugegriffen am 03.03.2023).

⁶² Vgl. Doudna, Jennifer: „Genome-Editing Revolution: My Whirlwind Year with CRISPR“, *Nature* 528/7583 (12.2015), S. 469–471, hier S. 470.

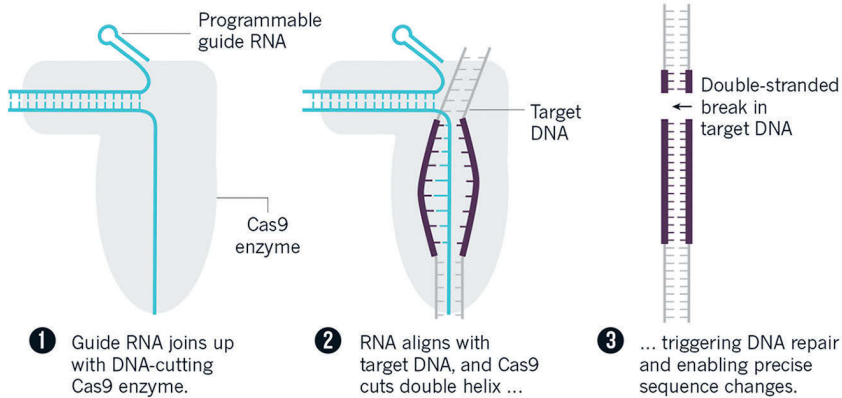


Abb. 3: Genomeditierung in drei Phasen: (1) RNA und Cas9-Enzym (wahlweise mit neuem DNA-Abschnitt) werden programmiert und gekoppelt. (2) Die vorprogrammierte RNA ‚findet‘ den zu schneidenden Abschnitt und verbindet sich mit dem DNA-Strang. Das Cas9-Enzym öffnet und schneidet einen vorab definierten Abschnitt aus dem Strang. (3) Der Immunmechanismus der Zelle wird aktiv, um die losen Enden des DNA-Stranges wieder zu verbinden. Dies führt entweder zur Blockierung eines Genabschnittes oder es wird ein neuer Abschnitt durch den Mechanismus eingesetzt.

sie die vermeintlich revolutionäre Erfindung von CRISPR als eine biotechnologische Schriftmission:

As I sat on the plane flying back to San Francisco after that first trip to Cambridge, I could already see a new era of genetic command and control on the horizon – an era in which CRISPR would transform biologists’ shared tool kit by endowing them with the power to rewrite the genome virtually any way they desired. Instead of remaining an unwieldy, uninterpretable document, the genome would become as malleable as a piece of literary prose at the mercy of an editor’s red pen.⁶³

Gerade wegen der Ordnungsfiguren der Textverarbeitung hat sich die Rede von ‚Genomeditierung‘ oder ‚Genomchirurgie‘ durchgesetzt. Anhand von Doudnas Ausführungen wird deutlich: Die Praktiken folgen der Epistemologie. Vor jener beschworenen technologischen Revolution um CRISPR sei das Genom ein ‚unhandliches, kaum interpretierbares Dokument‘ gewesen, das nun mittels der neuen Methodik zur buchstäblichen Poetologie der Lebensingenieurinnen freigegeben werde. Die Praktiken der Editierung rekurrieren wiederum – wie auch das Bioengineering und die synthetische Genomik – auf automatisierte Verfahren und lernende Algorithmen der Bioinformatik und Systembiologie:

Computers have also made gene editing easier than ever before. Using advanced algorithms that incorporate all the relevant design principles, including empirical data from the scientific literature on what kinds of targeting sequences work better than others, various software packages

⁶³ Doudna/Sternberg: *Crack in Creation*, S. 90.

offer researchers an automated, one-step method to build the best version of CRISPR to edit a given gene.⁶⁴

Die neue bioingenieurtechnische Methode ist in kurzer Zeit zum weltweiten Laborstandard geworden und gilt derweil als Schweizer Taschenmesser („Swiss army knife“⁶⁵), als ein neues Universalwerkzeug der synthetischen Biologie, um dessen Erfindung und Patente derweil ein vehementer Streit geführt wird. Das Verfahren ist, bei unerhört geringen Kosten, leicht zu handhaben und die Technologie des Genomeditierens auf alle Lebewesen, einschließlich des Menschen, anwendbar. Es lassen sich zudem Veränderungen an der Keimbahn vornehmen, die dann ‚automatisch‘ an die nachfolgenden Generationen vererbt werden.

Während CRISPR fast einstimmig als ein revolutionäres Werkzeug für die ingenieurtechnische Biologie beworben wird, gibt es auch randständige Forschungs- und Praxisfelder der synthetischen Biologie, etwa die Protozellforschung und die Xenobiologie, die ich nun vorstellen möchte. Auch wenn in diesen beiden Forschungsfeldern keine großen Fortschritte erkennbar sind, so geben sie doch einen Einblick in die theoretisch-philosophische Verfassung der synthetischen Biologie in der Zeit ihrer Gründungsphase und darüber hinaus. Gerade im Bereich der Xenobiologie wird die Stellung des Menschen in der Evolution auf eigentümliche Weise thematisiert. Im Zuge dessen rücken eigentlich überwundene Vorstellungen des Anthropozentrismus in die Mitte der Lebenswissenschaften. Die Frage nach dem *Anthropos* wird in den Kapiteln 4 und 5 eine tiefgreifende Problematisierung – hinsichtlich der aporetischen Menschenbilder der ‚molekularen Revolution‘ und der Editierung der menschlichen Keimbahn mit CRISPR in 2018 – erfahren.

Protozellforschung und Xenobiologie

Die Protozellforschung und die Xenobiologie möchte ich zusammen besprechen, denn schon ihrem Wortstamm nach weisen beide Richtungen auf die Kategorie der (biologischen) Zeitlichkeit. So indiziert *proto* ein Forschungsfeld möglicher Ursprünge, also (die Frage nach) der Emergenz des molekularen Lebens, das mit den Mitteln der synthetischen Biologie im Labor nachvollzogen werden soll, wenn man lebende Systeme aus unbelebten Stoffen zu assemblieren versucht. Die Protozellen sind jene möglichen ersten Lebensformen in Form von ‚simplen‘ Aminosäureverbindungen, welche Stanley L. Miller in seinen biochemischen *Prebiotic-Soup*-Experimenten im Jahr 1953 erzeugen wollte.⁶⁶ – Das *xeno* der Xenobiologie zielt hingegen auf fremde Bezirke jenseits

⁶⁴ Doudna/Sternberg: *Crack in Creation*, S. 112.

⁶⁵ Ebd., S. 71.

⁶⁶ Vgl. Miller, Stanley L.: „A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions“, *Science*, Band 117 (1953), S. 528–529.

der ‚natürlichen‘ Evolution, um diese zunächst mit künstlichen Elementen und durch Menschenhand in andere Richtungen zu treiben, und damit die Darwin’sche Evolution der Arten mit synthetischen Spezies zu erweitern. Während die Protozellforschung anhand der Konstruktion einfachster Organismen die ‚Geburt des genetischen Codes‘ und damit die vermeintliche Urszene eines „origin of life“⁶⁷ nachstellen will, ist es der Konstruktionswille der Xenobiologie, das Alphabet von A, T, C, G gezielt um ein zusätzliches X als künstliche Nukleinsäuren zu erweitern. So stehen beide Ansätze für eine *engineering-driven* Epistemologie und eine Emphase für das Artifizielle, wobei sich die Zielsetzung der Xenobiologie durch eine denkbar größte Naturferne im Feld der synthetischen Biologie auszeichnet.

Die Protozellforschung innerhalb der synthetischen Biologie arbeitet an der Erkundung der Grenze zwischen Leben und Nichtleben, zwischen organischer und anorganischer Chemie, zwischen belebter Materie und ‚toter‘ Materie. „Many researchers consider the self-organization of lipid and fatty acid molecules into bilayer vesicles as a simple form of membrane-based compartmentalization that can be developed for the experimental design and construction of plausible protocell models.“⁶⁸ Die Protozellkonstruktion hat deshalb zumeist mit jenem hypothetischen Moment vor Milliarden Jahren zu tun, an dem das planetarische, DNA-basierte Leben aufkam (Abiogenesis), das sich nach heutiger Meinung durch das Zusammenkommen von Lipid- und Fettsäuremolekülen in Doppelschicht-Vesikeln ereignet haben soll. Im Vergleich mit dem Minimalorganismen-Ansatz sollen Protozellen *bottom-up* aus unbelebten Stoffen assembliert werden. Wegen der offensichtlichen Zentralität des Emergenz-Begriffs ist die Protozellforschung neben der Konstruktionsarbeit im Labor eine Domäne für philosophische Ansätze geworden, die mit der besagten Theorie arbeiten. Man verspricht sich, die emergenten Prozesse *in actu* zu beobachten und zu analysieren. So liest sich folgende Definition:

Protocells are microscopic, self-organizing, evolving entities that spontaneously assemble from simple organic and inorganic materials. They are also known as artificial cells; however, that phrase is sometimes used to refer to things like artificial red blood cells, which are more inert than alive. By contrast, protocells are alive; they are similar to single-celled organisms like bacteria, in that they grow by harvesting raw materials and energy from their environment and converting it into forms they can use, they sense and respond to their environment and take steps to keep themselves intact and pursue their needs, and they reproduce and ultimately evolve.⁶⁹

67 Dzieciol, Alicja J. und Stephen Mann: „Designs for Life: Protocell Models in the Laboratory“, *Chemical Society Reviews* 41/1 (2012), S. 79–85, hier S. 79.

68 Ebd.

69 Bedau, Mark und Carol Cleland: „Introduction to the Ethics of Protocells“, in: Bedau, Mark und Carol Cleland (Hrsg.): *The Nature Of Life: Classical And Contemporary Perspectives From Philosophy And Science*, Cambridge: Cambridge University Press 2010, S. 1.

Protozellen sind demnach weniger komplexe Entitäten; sie zeichnen sich – ähnlich wie die bereits beschriebenen In-vitro-Plattformen – durch ihre biologische Simplizität aus. Diese ist gerade noch ausreichend, um die für die Molekularbiologie typischen Momente des Lebenden zu unterhalten. Das sind die besagten metabolischen Prozesse der Energieaufnahme und -verarbeitung aus der Umgebung, Responsivität gegenüber der Umwelt, Reproduktivität und mögliche Evolution. Diese geringe Komplexität ist der Ansatzpunkt für ein *simple design*, das sich im Grenzbereich zwischen lebender Natur und chemischer Künstlichkeit bewegt. Um ihrem unbestimmten ontologischen Status Rechnung zu tragen, werden die konstruierten Proto-Entitäten deshalb *life-like-systems* genannt. Dazu nochmals Bedau und Cleland:

[Proto]cells are a new kind of technology that can, for all intents and purposes, be considered literally alive. Indeed, they are sometimes called ‚protocells‘ to emphasize their similarity to simple single-celled life forms. But protocells are simpler than any existing bacterium. And unlike bacteria, they are not natural but artificial, and exist only through human creation.⁷⁰

Nicht die Reduzierung, sondern die Steigerung molekularbiologischer Komplexität eignet der Xenobiologie. Dieser Forschungsansatz innerhalb des Feldes der synthetischen Biologie zeichnet sich durch die größte Naturferne und die vielleicht höchste Emphase für das Künstliche aus. Die vier (aus der Sicht der Molekularbiologie) elementaren Komponenten der DNA sind die Gegenstands- und Interventionsebene der Xenobiologie. „One can gaze at the biological diversity on our planet“, so beschreibt Markus Schmidt die spezifische Sichtweise und Motivation der Xenobiologie, „and still be stunned about the chemical uniformity of present biological life“⁷¹. Der Wortstamm ξένος, griechisch für Fremder und gleichsam Gast spricht es aus: Mit einer Geste der Erweiterung versucht die Xenobiologie Nukleinbasen, also die ‚Bausteine‘ Adenin (A), Guanin (G), Cytosin (C) und Thymin (T) um eine synthetisch-chemische Komponente zu erweitern oder gegen mindestens eine der vier natürlichen Nukleinsäuren auszutauschen. Im Allgemeinen und unter dem Akronym XNA hat sich die Xenobiologie einer experimentellen Erprobung der Möglichkeit alternierender Lebensformen verschrieben, die einen ‚unnatürlichen‘ Gencode haben sollen. Der französische Biotechnologe Philippe Marliere gilt als einer der Vordenker dieses Ansatzes – er erklärt in der dritten Ausgabe des Fachjournals *Systems and Synthetic Biology* aus dem Jahr 2009:

The art of navigation requires a knowledge of cartography, yet cannot be reduced to it, just as astronautics is distinct from astronomy. Likewise, the account of the living world afforded by molecular and evolutionary biology will be useful for exploring unnatural history but will not be sufficient

⁷⁰ Bedau/Cleland: „Introduction to the Ethics of Protocells“, 2010, S. 1.

⁷¹ Schmidt, Markus: „Xenobiology: A New Form of Life as the Ultimate Biosafety Tool“, *BioEssays* 32/4 (09.03.2010), S. 322–331, hier S. 324.

for rationally designing life forms that did not occur or even could never have occurred during evolution.⁷²

Nicht (nur) biophilosophische Spekulation oder Science-Fiction also, sondern darüber hinaus ein regelgeleitetes Design gereichen zur Konstitution der Xenobiologie auf dem Terrain der synthetischen Biologie. Unter dem Leitmotiv einer ‚unnatürlichen molekularen Biologie‘ soll eine neue Linie der Evolution jenseits natürlicher Arten entstehen: ein gänzlich biotechnisch geformtes Leben als Ergebnis menschlicher Rationalität, Konstruktion und Steuerung. In diesem Sinne erscheint die synthetische Biologie wiederum als eine ‚Xeno-Epistemologie‘. Diese *engineering-driven* Wissensproduktion ist nicht primär auf ein besseres Verstehen der ‚natürlichen‘ Biologie rückgerichtet, wie es etwa im Bereich des zuvor vorgestellten Bioengineerings der Fall sein mag. Xenobiologie versucht sich an einer epistemologischen und ingenieurtechnischen Erprobung einer *Biologie des Möglichen*. So lassen sich jedenfalls die folgenden Sätze aus Marlieres Manifest auslegen, das, dem Untertitel nach, mögliche neue synthetische Spezies aus einer alten naturwüchsigen Welt der Darwin’schen Evolution zu führen gedenkt:

Combining the substitution of canonical cell components with alien ingredients, the recruitment of novel genes with no biological ancestry from random pools or from molecular design, and the long-term evolution of vast cell populations in isolation might now provide a potent methodology to explore a new biological world.⁷³

Diese neuen, durch synthetische Biologie ermöglichten und konstituierten Welten kommen in einem modifizierten Bild von Ernst Haeckels Darstellung des „Stammbaum des Menschen“ aus dem Jahr 1874 zur Andeutung. Das folgende Schaubild zeigt – in der Ordnungsfigur des *lignum vitae* – die Entwicklung der Arten, nur um diese mit einem xenobiologischen Denkraum zu erweitern. Das von Markus Schmidt im Jahr 2010 publizierte Kladogramm vom ‚Baum des Lebens‘ hat ein molekularbiologisches *Update* am unteren Bildrand erhalten: Den buchstäblichen Urgrund allen Lebens bildet nunmehr die DNA. Mit dieser Erweiterung des Haeckel’schen Bildraums impliziert die Darstellung ein zeitliches und hierarchisches Moment; es verifiziert die alte Ordnung der Arten und eröffnet gleichsam eine neue Perspektive. Die Erweiterung statuiert zunächst unmissverständlich: Alles planetarische Leben *wurzelt* im genetischen Code. Dieses DNA-basierte Leben steht in einer genealogischen Beziehung zu einem gemeinsamen Vorfahren, die mit der Emergenz des Lebens vor schätzungsweise vier Milliarden Jahren auftrat. Obwohl der modifizierten Darstellung Schmidts die originale Überschrift fehlt, wiederholt sie zunächst die hierarchisierende Geste jener Sonderstellung des Menschen an der Spitze der Entwicklung als höchsten Punkt der vertikalen, vielgliedrigen

72 Marliere, Philippe: „The Farther, the Safer: A Manifesto for Securely Navigating Synthetic Species Away From the Old Living World“, *Systems and Synthetic Biology* 3/1–4 (12.2009), S. 77–84, hier S. 77.

73 Ebd., S. 79.

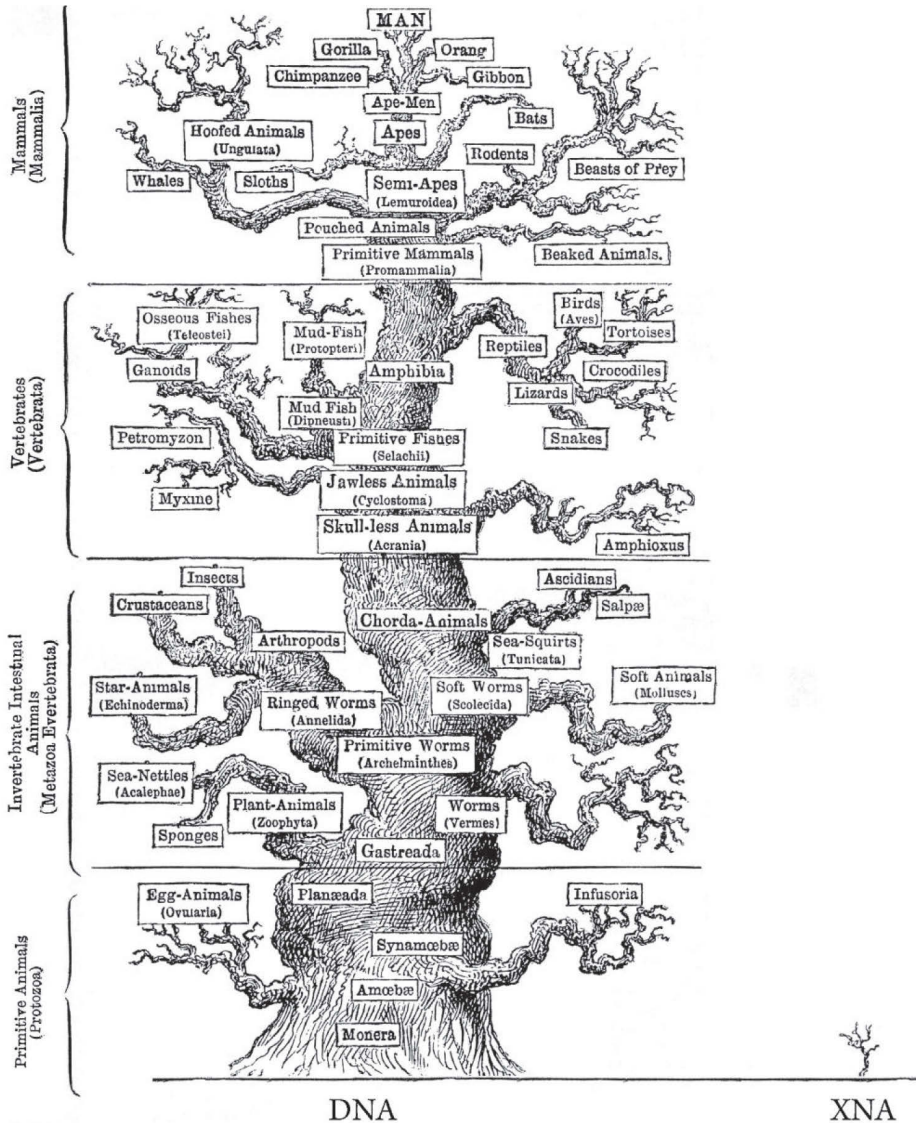


Abb. 4: Xenobiologische Aneignung von Ernst Haeckels Kladogramm *Stammbaum des Menschen*.

Stufenordnung jener sogenannten geschlossenen Abstammungsgemeinschaften – also zwischen niederen, den vermeintlich primitiven Lebensformen und den am höchsten entwickelten Säugetieren.

Durch das Fehlen der Überschrift rückt damit ‚Der Mensch‘, in der hier verwendeten englischen Version von Haeckel aus dem Jahr 1883 zur Bildüberschrift auf. Dieser Eindruck wird nochmals verstärkt, weil der Begriff – im Gegensatz zur deutschsprachigen Version – in Großbuchstaben an der Spitze des Baumes erscheint: MAN. Dies stellt

eine eigentümliche Korrespondenz von oberem und unterem Bildrand, zwischen MAN und DNA her. Beim Lesen des Akronyms DNA unterhalb der ‚Baumes‘ folgt das Auge der gezogenen Linie und überspringt eine gewisse Distanz unterhalb derselben. Die Betrachtung landet bei dem bereits beschriebenen Akronym des xeno-genetischen und xeno-genealogischen Codes: XNA. Oberhalb der horizontalen Linie erwächst ein kleiner Baum auf der rechten Bildhälfte, andeutungsweise die zarte Pflanze der Xenobiologie. Zur Erläuterung lässt sich eine weitere Passage aus dem Manifest von Philippe Marliere heranziehen:

Genesis of a second nature could turn out to be a rather cheap experimental process, at least in the microbiological realm. Before us likely lies the deployment of earth-bound exobiology, in other words the embodiment of virtual life forms and biological processes of metabolism and coding that did not occur or could not have evolved spontaneously through natural selection alone.⁷⁴

Aus dem menschengemachten Quellcode der XNA geht eine zweite lebende Natur hervor, die sich in Parallelität zur ersten entwickelt, und die eine neue biohistorische Entwicklung *sui generis* begründet. – Damit kommt ein weiterer Kerngedanke der Xenobiologie zur Anschauung: Außer ihrer buchstäblichen Erdgebundenheit und Code-basiertheit berühren oder verzweigen sich die zwei ‚Bäume‘ nicht. Aus dieser strategischen Parallelität, der sich offensichtlich nicht überschneidenden Linien von alter und neuer Evolution, von natürlichem Leben und Xenobiologie, abstrahieren die Vertreter:innen dieser Forschungsrichtung ein fundamentales Argument für die zumeist hitzig geführten Debatten um die sogenannte *Biosafety*: Da die xenobiologischen Wesen keinen gemeinsamen Denominator, keinen identischen genetischen Code mit den ‚natürlichen‘ Lebewesen teilen, sind etwaige gefährliche Mischverhältnisse nicht möglich. Die Inkompatibilität und Diametralität der nukleinen Alphabete wirke geradezu wie eine genetische „firewall“⁷⁵. In dieser extremen Naturferne sei eine höchste Sicherheit im Vergleich mit allen anderen Verfahren und Forschungsrichtungen im Feld der synthetischen Biologie gewährleistet. Philippe Marliere hat versucht, dieses eigentümliche Postulat der Biosicherheit auf die Formel zu bringen: „The farther, the safer“⁷⁶.

Ob sich das Postulat bewahrheitet, bleibt abzuwarten. Denn von allen Ansätzen der Ingenieurbiologie scheint die Xenobiologie die Gründungsphase noch nicht hinter sich gelassen zu haben. – Dafür prosperiert ein anderer, durchaus heterogener Bereich, dem ich mich nun zuwenden möchte. Hier tummeln sich die Forscher:innen des sogenannten Biohackings und der Laienbiologie, die die Konstruktion von molekularen Maschinen und das Redesign von Genomen auch fernab der renommierten Labore betreiben wollen: in der eigenen Garage oder als Selbstexperiment am eigenen Leib. Ein weiteres, peripheres Feld ist die sogenannte *Bio Art*. Hier versucht man, sich die Verfahren und

74 Marliere: „The Farther, the Safer“, S. 1.

75 Schmidt: „Xenobiology“, S. 325.

76 Vgl. Marliere: „The Farther, the Safer“.

Diskurse der synthetischen Biologie künstlerisch und durchaus kritisch in Atelier und Labor anzueignen.

Biohacking und Bio Art

Die skizzierten Hauptbetätigungsfelder der synthetischen Biologie stehen im Zeichen einer *engineering-driven* Epistemologie, wenn sich die Forschung an der Konstruktion neuer molekularbiologischer Entitäten durch die Assemblierung standardisierter Elemente versuchen und das Redesign von Genomen vorantreiben. Es ist vielleicht diese praktische Dimension des standardisierten Machens und die Verheißung eines computergestützten Entwerfens, die, bereits in der konstitutiven Phase, als eine Aufforderung von all jenen verstanden wurde, die synthetische Biologie auch außerhalb der akademischen und industriellen Register erproben wollten. Eine weitere Figuration im Feld der synthetischen Biologie werden *Biopunks* respektive *Biohackers* oder auch *Do-it-Yourself-Biologists* genannt. In einer Passage aus der vielgelesenen Monografie *Biopunk. DIY Scientists Hack the Software of Life* – vorgelegt von Marcus Wohlsen – heißt es:

Biohacking [...] is about engineering elegant, creative, self-reliant solutions to doing biology while relying not on institutions but wits. The solution is the hack. Hacks do not require fancy lab equipment, federal funding, or peer review. They simply need as many hands, eyes, and brains focused on a problem as possible.⁷⁷

Die offensichtliche, gegenkulturelle Geste verweist auf eine doppelte Homologie: Zum einen erkennen die *Biopunks* in den *Cyberpunks* der kalifornischen Computerrevolution der 1970er ihre eigenen historischen Vorläufer; ihre Version der biotechnologischen Revolution wollen sie zumeist aus der eigenen Garage vorantreiben. Diese historisierende Selbstbeschreibung verbindet sich mit einer ontologischen und epistemologischen Homologie, die in dem bereits skizzierten Postulat jener vermeintlichen Entsprechung von Computercode und DNA-Code zum Ausdruck kommt. In den Worten von Wohlsen: „If computers can be programmed, and living things are not so different from computers, they reason that life too can be programmed.“ Und genau darin bestehe der namensgebende ‚Hack‘. Das Biohacking, so Wohlsen, „is not a negative concept. It does not mean breaking into systems, stealing identities, or trashing privacy. It absolutely does not mean spreading viruses“⁷⁸.

Während die Figur des Biohackers die früheren Jahre der synthetischen Biologie begleitete, so haben sich zuletzt neue Formate und Formationen der kollaborativen Forschung ausgebildet. Es sind die sogenannten *Citizen Sciences*, welche die synthetische Biologie und CRISPR für eine interessierte Laienöffentlichkeit im buchstäblichen

⁷⁷ Wohlsen, Marcus: *Biopunk. DIY Scientists Hack the Software of Life*, New York: Current 2011, S. 5.

⁷⁸ Ebd., S. 5.

Sinne begreifbar machen wollen, wenn sie eigens dafür eingerichtete, offene Labore betreiben, in denen interessierte Bürger:innen mit biotechnischen Materialien und Verfahren *hands-on* experimentieren können. Diese Formen des Experimentierens werden zumeist von ausgebildeten Forschenden angeleitet. Die führenden Vertreter:innen der DIY-Biotechnologie finden sich jährlich auf dem *Bio Summit* am Media Lab des MIT zusammen, um ihrer Vision einer neuen Kultur der gemeinsamen Forschung im Feld der synthetischen Biologie Vorschub zu leisten. Ihre Agenda sieht drei konstitutive Momente vor:

[1] to fundamentally transform life sciences, to democratize biotechnology, to inspire creativity, and improve lives [2] by organizing life science change makers and bio enthusiasts [3] to build an inclusive global network, cultivate an accessible commons of knowledge and resources, launch community labs and projects, and enable local educators.⁷⁹

In ökonomischer Perspektive lässt sich zudem erkennen: Im Biohacking und bei den Biopunks, die synthetische Biologie und Genomeditierung betreiben, changiert die Motivation zwischen antikapitalistischem Habitus (also gegen *Big Science* und Patente auf das Lebende) und einer spezifischen Start-up-Mentalität, die wiederum auf die Akquise von Risikokapitalen zur Gründung eigener Biotechnologiefirmen zielt.

In diesem Spannungsfeld hat sich in den letzten Jahren eine steigende Anzahl von Forscher:innen durch Selbstexperimente hervorgetan, die etwa Genomeditierung mittels CRSIPR am eigenen Körper und auf eigenes Risiko applizieren, und diese Versuche in eigenen Kanälen auf den bekannten Social-Media-Plattformen einer größeren Öffentlichkeit zugänglich machen. Einer der exponiertesten Selbstexperimentatoren ist der Biophysiker Josiah Zayner, der nach seiner Promotion an der University of Chicago bei der US-Raumfahrtbehörde NASA die biologischen Möglichkeitsbedingungen einer Besiedlung des Mars erforschte. Laut Zayner war es die Frustration über die forschungspolitischen Restriktionen und Sicherheitsvorgaben, die seine Forschung verlangsamt hätten. Deshalb reichte er nach eigenen Angaben die Kündigung ein, um sich ganz auf seine eigenen Biohacking-Projekte zu konzentrieren. Kurze Zeit später gründete Zayner das Biotechnologie-Unternehmen mit Namen *The Odin*, das sogenannte Starter-Kits für das private Genomeditieren vertreibt. Die Kits werden intensiv auf den digitalen Plattformen beworben und über einen Onlineshop verkauft und weltweit verschifft. – So zeigt die nachfolgende Abbildung ein Odin-Kit, mit dem sich ein biotechnologisches Labor zum Zwecke des Biohacking und der CRISPR-basierten Eigenbehandlung in der heimischen Küche einrichten lasse.

Die Angebote von Zayners Firma bewegen sich durchaus in einer rechtlichen Grauzone. Derweil beschäftigen sich auch die nationalen Sicherheitsbehörden mit den Odin-Kits, die teilweise gegen geltendes Recht verstoßen sollen. So hat es in Deutschland bereits mehrere Beschlagnahmungen der Odin-Kits gegeben, nachdem private Nutzer

79 www.biosummit.org/statement-of-shared-purpose (zugegriffen am 03.03.2023).



Abb. 5: Das sogenannte Starter-Kit des Unternehmens mit Namen *The Odin* wird auf Facebook, Twitter und anderen Social-Media-Plattformen beworben. Das Bild stammt aus dem Onlineshop des Unternehmens. Es zeigt die Komponenten des *DIY Bacterial Gene Engineering CRISPR Kit*.

diese aus den USA erhalten hatten. Der Konflikt zwischen den Behörden und dem Biohacking hatte sich, nach einem tragischen Ereignis innerhalb der Szene, zugespitzt. Mitte des Jahres 2018 wurde der umstrittene Biohacker Aaron Traywick tot in einem Entspannungsbecken in Washington D. C. aufgefunden. Traywick hatte für erhebliches Aufsehen gesorgt, als er sich bei einer sogenannten Konferenz für Eigenexperimente vor Publikum eine Herpes-Therapie injizierte. Obwohl er keine biomedizinische und -wissenschaftliche Ausbildung durchlief, hatte er die Therapie selbst hergestellt. Traywick hatte sich als CEO der Firma *Ascendance Biomedical* zum Ziel gemacht, „genetische Behandlungen für jedermann verfügbar zu machen“⁸⁰. Problematisch in rechtlicher Hinsicht wird es, wenn mitunter erkrankte Personen zur Selbstbehandlung angeleitet werden: „[I]m Oktober 2017 hatte das Unternehmen eine Eigeninjektion live im Internet übertragen. Über Facebook wurde gezeigt, wie der HIV-Patient Tristan Roberts sich ein

⁸⁰ Mullin, Emily: „Biohacking bis zum Tod“, *Heise Online*, 09.05.2018, www.heise.de/hintergrund/Biohacking-bis-zum-Tod-4044740.html (zugegriffen am 03.03.2023).

von Ascendance bereitgestelltes Mittel injizierte.“ Das von Traywick geführte Unternehmen hatte ein Mittel zur Verfügung gestellt, das dazu dienen sollte, „die Zahl der HIV-Partikel in Roberts Blut zu verringern“⁸¹. Die gewünschte Heilwirkung sollte sich jedoch nicht einstellen.

Ein weiteres peripheres Register, das sich teilweise mit dem *Biohacking* überschneidet, lässt sich unter dem Schlagwort *Bio Art* anführen. Es ist ein Kunstschaffen über synthetische Biologie und begleitet und kommentiert in Anwendung derselben – mal in affirmativer, mal in kritischer Manier – die neue technowissenschaftliche ‚Interdisziplin‘. Schon vor dem Auftreten der synthetischen Biologie – bereits in den 1980er Jahren – begannen Künstler:innen die biotechnischen Verfahren, Materialien und Problematiken als Medien in ihre eigenen Kunstproduktion zu integrieren. Heute wie ehedem ergibt sich daraus ein eigentümliches Spannungsfeld der *Bio Artists*, die im Labor mit den Verfahren der synthetischen Biologie *hands-on* arbeiten. Hier werden die Methoden der synthetischen Biologie zum konstitutiven Bestandteil von Kunstproduktion. Es sind jene Künstler:innen, die zum Zwecke der diskursiven Reflexion über die technologischen, historischen, ökologischen und soziokulturellen Implikationen mit den Mitteln der Kunst arbeiten, und eine kritische Distanz zu ihrem Gegenstandsfeld einnehmen. Dabei wird zumeist thematisiert, „wie Natur in technowissenschaftlichen Verhältnissen angeeignet, konstruiert und letztlich neu gestaltet wird“. – So erklärt die Kunsthistorikerin Ingeborg Reichle: „Lebewesen, die durch die Anwendung von Methoden der Biotechnologie im höchsten Maße künstlich bzw. technisch sein können, dürfen nicht unhinterfragt als ‚Natur‘ beschrieben werden.“⁸² *Bio Art* im Zeichen der kritischen Reflexion zielt also auf die Sicht- und Sagbarmachung jener spezifischen Aushandlungsprozesse neuer Naturverhältnisse, die sich durch die Verfahren der ingenieurtechnischen Lebensherstellung ergeben. Exemplarisch lässt sich eine Installation mit Skulpturen von Rainer Marie Matysik aus dem Jahr 2017 anführen, die ein Ensemble *postevolutionärer Organismen* zur Anschauung bringt, die im Rahmen der Ausstellung *immaterial* in den Räumen des Bochumer Kunstverein gezeigt wurden. Matysiks Skulpturen weisen auf eine mögliche Zukunft und den Beginn einer technisch induzierten xenobiologischen Evolution.

Hingegen lässt sich das spekulativ-künstlerische Spiel mit der biologischen Zeitlichkeit ebenfalls umkehren. In den Fokus rücken dann die möglichen biologischen Vergangenheiten untergegangener Naturen und ausgestorbener Arten: Könnten wir jemals wieder Blumen riechen, die vom Menschen zum Aussterben gezwungen wurden? Diese durchaus wissenspoetische Frage wurde zum Ausgangspunkt einer gestalterischen Zusammenarbeit zwischen der britischen Künstlerin Alexandra Daisy Ginsberg, der Geruchsforscherin und Künstlerin Sissel Tolaas und einem interdisziplinären Team

81 Mullin: „Biohacking bis zum Tod“.

82 Reichle, Ingeborg: „Bio-Art: Die Kunst für das 21. Jahrhundert“, *Kunstforum International*, Ausgabe 258 (2018), S. 47; siehe auch: ebd.: *Kunst aus dem Labor: Zum Verhältnis von Kunst und Wissenschaft im Zeitalter der Technoscience*, Wien: Springer 2005.



Abb. 6: Reiner Maria Matysik: *Postevolutionäre Organismen*, 2017, Installationsansicht *immaterial*, Kunstverein Bochum, verschiedene Materialien, variable Dimension, ca. 2800 × 2400 × 100 cm.

von Wissenschaftler:innen des Biotechnologie-Unternehmens *Ginkgo Bioworks* unter der Leitung der Kreativdirektorin Christina Agapakis. Das Team um Ginsberg isolierte kleinste DNA-Mengen aus den Proben von drei bereits ausgestorbenen Blumenarten aus den *Herbaria* der Harvard-Universität. Anschließend nutzte das Ginkgo-Team die bereits beschriebenen *In-silico*-Methoden der Molekularbiologie. Damit ließen sich die Gensequenzen bestimmen, die in ihrer Codierung für die duftproduzierenden Enzyme verantwortlich waren. Mit den Methoden der synthetischen Biologie wurden die Sequenzen anschließend in chemische Stoffe übersetzt. Sissel Tolaas rekonstruierte die Gerüche der Blumen in ihrem Labor, indem sie identische oder vergleichbare Duftmoleküle verwendete. Die drei Blumen beziehungsweise Düfte stammen aus Landschaften von Orten nahe Hawaii, Kentucky und Kapstadt, die den kolonialen Praktiken der Agrarwirtschaft zum Opfer fielen.⁸³

Mit dem spekulativen Duft der *Hibiscadelphus wilderianus* aus den hawaiianischen Lavasteinlandschaften kamen die Besucher:innen der Ausstellung *La Fabrique du Vivant* im Pariser Centre Pompidou im Jahr 2019 in Kontakt. Durch einer quaderförmige, nach unten geöffnete Deckeninstallation wurden die synthetischen Duftmoleküle verströmt, sobald eine Person darunter verweilte. Das immersive, olfaktorische Erlebnis wurde

⁸³ Ginsberg, Alexandra Daisy: „Resurrecting the Sublime“, 2019, <https://www.daisyginsberg.com/work/resurrecting-the-sublime> (zugegriffen am 03.03.2023).



Abb. 7: Installation von Alexandra Daisy Ginsberg in der Ausstellung *La Fabrique du Vivant*, Centre Pompidou in Paris, 2019. *Resurrecting the Sublime. Hibiscadelphus wilderianus Rock* – (Geruchsverbreitungshaube, Lavabrocken, Dokumentarfilm).

unterstützt durch eine fiktive Videodokumentation. Sie zeigt die Blumen in besagter Landschaft, während ein Lavabrocken am Boden ruht. Die Arbeit trägt den Namen *Resurrecting the Sublime* – Ginsberg erklärt:

[B]iotechnology, smell, and reconstructed landscapes allow us to once again experience a flower blooming on a forested volcanic slope, in the shadow of a mountain, or on a wild river bank, revealing the interplay of species and places that no longer exist. *Resurrecting the Sublime* asks us to contemplate our actions, and potentially change them for the future.⁸⁴

Mit dieser historisierenden Arbeit zur synthetischen Biologie bespielt Ginsberg ein Feld, das auch einer geisteswissenschaftlichen Perspektivierung bedarf. Im folgenden Kapitel soll es genau darum gehen: Von den hawaiianischen Blumenwiesen richtet sich der Blick zurück in die Biologie und in die Labore vor 1900, um dort die lebenswissenschaftlichen Diskurse und Akteure einer Biologie der Lebensherstellung vor der kontemporären, hier skizzierten synthetischen Biologie zu thematisieren.

84 Ginsberg: „Resurrecting the Sublime“.

2 Genealogie und Kritik der synthetischen Biologie

Playing God?

When we announced our creation of the first synthetic cell, some had asked whether we were „playing God“. In the restricted sense that we had shown with this experiment how God was unnecessary for the creation of new life, I suppose that we were.¹

Craig Venter

Am 21. Mai 2010 ging eine Nachricht um die Welt. Dem Biotechnologie-Pionier und Unternehmer Craig Venter war es gelungen, ein künstliches Genom herzustellen und damit neues Leben zu „erschaffen“². Das Bakterium namens *Mycoplasma laboratorium* oder kurz *Synthia* sei, so Venter, die erste biologische Spezies, deren genetischen Code man gänzlich am Computer geschrieben habe. Das Experiment war der endgültige Durchbruch der Disziplin der synthetischen Biologie, als eine Fusion von Lebenswissenschaft, Informatik, Ingenieurtechnologie, Materialwissenschaft und Design. Venter stilisierte seine Forschungsergebnisse als Schöpfungsakt und die journalistische Berichterstattung nahm diese spektakuläre Inszenierung dankbar auf, um die Ereignishaftigkeit der synthetischen Biologie sogleich im Medium judäo-christlich-theologischer Bilder zur Anschauung zu bringen.³ Andere verstanden den Hype als Hybris: *Synthia* wurde zur unverhohlenen Provokation, denn die Wissenschaften vom Leben würden sich anmaßen, „Gott zu spielen“.⁴ Venter selbst, so führt die eingangs zitierte Passage unmissverständlich vor Augen, war wenig daran gelegen, dieser Kritik entgegenzukommen und seine quasitheologische Rhetorik abzurüsten.

The Economist zeigte als unmittelbaren Kommentar zu Venters Genomkonstruktion Michelangelo Buonarrotis *Erschaffung Adams* aus der Sixtinischen Kapelle in aktualisierter Fassung. Der nackte Adam liegt auf der linken Bildhälfte mit einem Laptop auf dem Schoß. Der berühmte, zum Leben erweckende Zeigefinger des Gottvaters war bei dieser rekonfigurierten Schöpfungsszene nicht mehr zu sehen. Man hatte seine Gestalt und die anderen himmlischen Wesen aus dem Bild retuschiert, und durch drei Zellen ersetzt. Der Bildlogik entsprechend las man den ebenfalls modifizierten Satz als eine Anspielung auf die Genesiszene im Alten Testament: *And man made life*.⁵

1 Venter, J. Craig: *Life at The Speed of Light. From the Double Helix to The Dawn of Digital Life*, New York: Penguin 2014, S. 24.

2 Vgl. Gibson u. a.: „Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome“, S. 52–56.

3 Zu Experiment und Inszenierung bei Craig Venter: Müller, Martin: „Wir müssen dringend reden“, *Welt am Sonntag*, Nr. 22, 28.05.2017, S. 59.

4 Vgl. van den Belt, Henk: „Playing God in Frankenstein’s Footsteps: Synthetic Biology and the Meaning of Life“, *NanoEthics* 3/3 (12.2009), S. 257–268.

5 Zu den *Himmelsbildern* von Michelangelo: Bredekamp, Horst: *Michelangelo*, Berlin: Wagenbach 2021, S. 253–262.



Abb. 8: Die Titelseite der 20. Ausgabe im Jahr 2010 von *The Economist* zeigt den ‚Neuen Menschen‘ als Bioingenieur.

Die Liste fraglicher Verwendungen solcher Schöpfungsmotive und ihre Zirkulation in den Diskursen der synthetischen Biologie ließe sich mühelos fortsetzen. Man denke an jene durch die Xenobiologie in Anschlag gebrachte Denkfigur einer ‚second genesis‘, den Titel der Monografie von Church und Regis, *Regenesis* sowie das Buch von Doudna und Sternberg *A Crack in Creation* und nicht zuletzt die Kritik an CRISPR als einer ‚prometheischen Technologie‘ zur Editierung des menschlichen Genoms.⁶

Vor diesem Hintergrund hat sich ein Großteil der bisherigen historisch-kritischen Forschung zur Deutung der synthetischen Biologie auf das Leitmotiv der ‚Lebensherstellung‘ konzentriert, das die bereits geschilderte Frühphase der Ingenieurbiologie prägte. Mit Blick auf den geistes- und kulturwissenschaftlich relevanten Forschungsstand, den ich nun vorstellen werde, lassen sich zwei Zugänge zur historisierenden Deutung

⁶ Vgl. Kozubek, Jim: *Modern Prometheus. Editing the Human Genome with Crispr-Cas9*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press 2018.

der synthetischen Biologie voneinander unterscheiden: Den ersten Forschungsstrang möchte ich als eine *Mythopoetologie der Lebensherstellung* rekonstruieren. Dabei werde ich den Fokus auf die Figurationen und Verfahren des ‚Lebenmachens‘ richten. Ich werde zunächst eine – keinesfalls auf Vollständigkeit zielende – *longue durée* des Schöpfungsmotivs in der sogenannten okzidentalen Tradition skizzieren, die von mythischen Figuren und neuzeitlichen Naturbeherrschungsdiskursen über literarische Appropriationen bis zur zeitgenössischen Science-Fiction reicht. So entsteht ein bildreiches Depot von Szenarien, Schauplätzen und Figuren, auf die im Laufe der Arbeit immer wieder zurückgegriffen wird. – Im Anschluss werde ich den zweiten, *wissenschaftsgeschichtlichen Forschungsstrang* zur Deutung der synthetischen Biologie beleuchten und diskutieren. Dabei handelt es sich um Akteure, Szenen und Versuche der Lebensherstellung im Labor seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts und die sie begleitenden Diskurse innerhalb der fachlichen Grenzen der Biologie. Thematisieren werde ich dort beispielsweise Jacques Loeb's Arbeiten zu einer ‚Biologie der lebenden Technik‘, Stéphane Leducs ‚chemische Gärten‘ und Waclaw Szybalskis Aufruf zu einer Neuausrichtung der Biologie als Ingenieurwissenschaft.

Ausgehend von den beiden Ansätzen, werde ich mir im letzten Abschnitt des Kapitels zum Ziel setzen, einen dritten Deutungszugang zur synthetischen Biologie zu entwickeln und damit eine dezidiert *kulturwissenschaftliche Problematisierung* voranzutreiben. Denn: Im Hinblick auf die neusten Entwicklungen im Feld der Genomeditierung scheinen die genannten motivhistorischen und wissenschaftsgeschichtlichen Ansätze zu kurz zu greifen. Ich plädiere stattdessen für eine Erweiterung der bisherigen Forschung hin zu einer wissenshistorischen und machttechnologischen Kritik der synthetischen Biologie. Daraus ergibt sich mein Argument, dass die besagte Modifikation der menschlichen Keimbahn im Jahr 2018 und die Projekte zum Redesign ganzer Gattungen für ein neues Paradigma in der von Michel Foucault umrissenen Geschichte einer ‚vollständigen Durchsetzung des Lebens‘ steht und eine weitere Eskalation hin zu einer technowissenschaftlichen Politik der Lebensherstellung bedeutet: Wenn heute das ingenieurtechnische ‚Lebenmachen‘ als eine Anwendungswissenschaft vorangetrieben wird, dann scheint eine dezidiert kulturwissenschaftliche Perspektivierung und Kritik der synthetischen Biologie dringlicher denn je. Im Umkehrschluss möchte ich die synthetische Biologie selbst als eine zentrale Herausforderung an die biopolitische Theoriebildung begreifen. Dafür werde ich den Begriff der *Zoöpolitik* vorschlagen und dabei an den genealogisch-wissensgeschichtlichen Ansatz anschließen. – Unter dieser Perspektive werden sowohl die mythopoetologischen Figurationen einer *longue durée* als auch die Laborgeschichten der Lebensherstellung im Rahmen einer Kritik der synthetischen Biologie in Kapitel 5 wieder aufgegriffen. Es gilt der Frage nachzugehen, was es bedeuten könnte, wenn Craig Venter seine – mittels der digitalen Biologie vorgenommenen – Konstruktionen ‚molekularer Maschinen‘ als die Einlösung der *Naturwissenschaftsutopien* eines Francis Bacon ausweist (S. 170).

Longue durée und Mythopoetologie der Lebensherstellung

Dem gefesselten Heros wurde ein Adler gesandt, der ihm die nachwachsende Leber abnagen sollte. Die Leber galt jedoch in den alten Hochkulturen als Organ der Zukunft, vielleicht als das wichtigste Instrument der Orakeldeutung, dessen Kenntnis an Tonmodellen geübt wurde. War also nicht gerade die Zukunft (und deren Antizipierbarkeit), die dem Patron der Handwerker und Techniker, ja noch der Gen-Ingenieure und Biotechnologen, von den Göttern buchstäblich weggefressen worden?⁷

Thomas Macho

Der altbabylonische Schöpfungsmythos *Enūma eliš* ist ein in Keilschrift auf sieben Tontafeln geschriebenes Gedicht, das von der Erschaffung der Welt, der Natur und der lebendigen Wesen erzählt. Am Ausgangspunkt des Mythos steht der Urkampf unter den Göttern. In den Mittelpunkt der Erzählung rückt dann der Aufstieg des Gottes Marduk als Kämpfer gleichsam Handwerker, dessen raffinierte Arbeit die Welt und das Leben darin sukzessiv hervorbringt. Hier lässt sich die Schöpfung der Welt als ein biomorpher Prozess deuten.⁸ Marduk erschafft die Welt und die lebendige Natur keineswegs aus dem Nichts, sondern benutzt dafür – in heutiger Manier des Recyclings – den Körper einer besiegten Urgöttin, des Meeresungeheuers Tiamat. Erst später werden die Menschen aus dieser Substanz und aus dem Blut der Götter geschaffen.⁹

Die Genesis, das 1. Buch Mose, entstand, der zeitgenössischen Pentateuchforschung zufolge, zwischen 586 bis 538 v. Chr., also während des babylonischen Exils des Volkes Israel. In der Genesis am Beginn des Alten Testaments, auf das sich bekanntlich alle drei Buchreligionen in konstitutiver Weise beziehen, vollzieht sich nicht nur die Schöpfung der Welt, sondern auch die sukzessive Schöpfung von Menschen und anderen lebendigen Wesen durch ‚das Wort‘ in sieben Tagen. Die Genesis liest sich als eine Abfolge logomorpher Akte, die jeweils mit der Formel anheben: Und Gott sprach. Mit dem Akt der Schöpfung des Menschen wird sogleich die Aufgabe und Stellung innerhalb der Welt durch Gott angegeben, die sich aus dem Moment der Ebenbildlichkeit ableitet. In den Worten Jahwes:

7 Macho, Thomas: „Prometheus. Eine Vor-Erzählung“, In: Leggewie, Claus, Ursula Renner und Peter Risthaus (Hrsg.) *Prometheische Kultur: Wo kommen unsere Energien her?* Paderborn: Fink 2013, S. 54.

8 Der Philosoph und Chemiker Joachim Schummer unterscheidet in seiner Kulturgeschichte der Lebensherstellung zwischen bio-, logo- und technomorphen Verfahren in den Schöpfungsmythen. Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*, Berlin: Suhrkamp 2011, S. 21–27.

9 Die über tausend Verse des *Enūma eliš* auf sieben Tontafeln können eingesehen werden unter: <https://www.ancient.eu/article/225/enuma-elish---the-babylonian-epic-of-creation---fu/>. Die Übersetzung ins Englische stammt aus: Lambert, Wilfred G. (Hrsg.): *Babylonian Creation Myths*, Winona Lake, Indiana: Eisenbrauns 2013.

Lasst uns Menschen machen als unser Bild, uns ähnlich. Und sie sollen herrschen über die Fische des Meers und über die Vögel des Himmels, über das Vieh und über die ganze Erde und über alle Kriechtiere, die sich auf der Erde regen. Und Gott schuf den Menschen als sein Bild, als Bild Gottes schuf er ihn; als Mann und Frau schuf er sie. Und Gott segnete sie, und Gott sprach zu ihnen: Seid fruchtbar und mehrt euch und füllt die Erde und macht sie untertan[.]¹⁰

Anschließend konkretisiert der Text den Prozess des ‚Menschenmachens‘; nämlich aus „Staub vom Erdboden“ und durch das anschließende Einhauchen des göttlichen Atems: Er „blies Lebensatem in seine Nase. So wurde der Mensch ein lebendiges Wesen“¹¹.

Platon berichtet in seinem Dialog *Timaios* von einem ominösen Schöpfergott, der – gemäß der platonischen Ideenlehre – unablässig damit beschäftigt ist, geometrische Flächen zu dreidimensionalen Körpern aufzufalten, die dann – im Stile eines Handwerkers, Künstlers oder Baumeisters – zu vergänglichen Lebewesen zusammengesetzt werden.¹² Interessanterweise nennt Platon diesen Schöpfergott auch den *Demiurgen*. Ein Wort, das noch in attischen Zeiten als ‚gemeinnütziger Arbeiter‘ im Sinne eines Handwerkers oder Staatsbediensteten übersetzt wurde. In den Worten Platons:

Den Schöpfer und Vater dieses Alls nun zu finden ist freilich schwierig, und wenn man ihn gefunden hat, ist es unmöglich, sich für alle verständlich über ihn auszusprechen; doch muß man in betreff seiner wiederum dies untersuchen, nach welchem von beiderlei Urbildern er als Baumeister die Welt gebildet hat, ob nach demjenigen, welches stets dasselbe und unverändert bleibt, oder aber nach dem Entstandenen.¹³

Nachdem die Schöpfung der Welt und der lebendigen Wesen größtenteils abgeschlossen war, zieht sich der Demiurg zurück und betraut eigens von ihm geschaffene, niedere Götter, mit seiner Tätigkeit fortzufahren. Die Arbeit an der Schöpfung ist in diesem Sinne sukzessiv und technomorph: ‚Lebenmachen‘ erscheint hier als eine göttliche Handarbeit auf der Basis eines demiurgischen ‚blueprints‘, die immer vom Idealen zum konkreten Lebewesen verläuft, wobei sich der Vorgang der Herstellung an die Gesetze einer ewigen Mathematik und spezifische technische Operationen halten muss. Es handelt sich dabei keineswegs um eine *creatio ex nihilo*, sondern um eine Art Redesign vorhandener ideeller Formen, die erst am Ende der Operationskette als lebendige und vergängliche Wesen in der Sinneswelt erscheinen.

Ein zentraler poetologischer Referenzpunkt in einer Kulturgeschichte der Lebensherstellung ist die Figur des Prometheus vom Göttergeschlecht der Titanen. In den aktuellen Diskursen der synthetischen Biologie erfreut sich Prometheus großer Beliebtheit,

¹⁰ Gen 1, 25–28. *Zürcher Bibel*, Zürich, Theologischer Verlag 2007.

¹¹ Gen 2, 7. Ebd. – Im Koran gibt es jedoch eine weitere Schilderung vom ‚Menschen-Machen‘. In Sure 21, 30 heißt es: „Sehen denn diejenigen, die ungläubig sind, nicht, daß die Himmel und die Erde eine zusammenhängende Masse waren? Da haben wir sie getrennt und aus dem Wasser alles Lebendige gemacht. Wollen sie denn nicht glauben?“

¹² Vgl. Platon: *Sämtliche Werke*. Band 3, Berlin 1940, S. 132.

¹³ Ebd., S. 106.

sodass man den Worten Thomas Machos folgend von dem denkwürdigen Status des Patrons der Lebensingenieure sprechen kann. Deshalb möchte ich mich dieser Figur etwas ausführlicher widmen. Im griechischen Mythos und zuerst bei Hesiod erscheint Prometheus zusammen mit Epimetheus als antagonistisches Brüderpaar: der listige und gewiefte ‚Vorausdenkende‘, also der Prometheus im Gegensatz zum Epimetheus, der ‚Nachherbedenkende‘, der dem Namen nach, in törichter und unvernünftiger Manier immerzu ‚handelt, bevor er denkt‘. Die initiale Version des Mythos, der sich einer unablässigen Umformulierung erfreute,¹⁴ lautet so: Über einen Streit über die zukünftige Regelung der menschlichen Opferdarbringung für die Götter verwehrt der Göttervater Zeus den Menschen die Aushändigung und den Gebrauch des Feuers. Prometheus jedoch wendet sich kurzerhand gegen seinen Vater und stiehlt genug Glut aus dem Olymp, um den Menschen die Technik des Feuermachens vor Augen zu führen. – Der erboste Zeus nimmt daraufhin eine doppelte Bestrafung vor: Auf ewig an eine Säule gekettet wird Prometheus täglich von einem Adler heimgesucht, der immer aufs Neue seine Leber frisst, wobei diese nachts immer wieder nachwächst. Den Menschen sandte Zeus die unheilvolle Büchse der Pandora – eine Quelle zukünftiger Plagen und Krankheiten.¹⁵

In Hesiods *Theogonie* ist jedoch von Prometheus als Schöpfer mitnichten die Rede. Erst mit Platons Umdeutung beginnt jene Karriere als Erschaffer der Menschen. Im gleichnamigen Dialog erzählt der Sophist *Protagoras* vom Brüderpaar Epimetheus und Prometheus, die den Auftrag zur Erschaffung aller sterblichen Lebewesen erhielten. Nach der Erschaffung der Lebewesen hatte Epimetheus alle überlebenswichtigen Eigenschaften und Attribute an die Tiere verteilt, sodass der Mensch leer ausging.¹⁶ Von der Verfehlung seines Bruders verärgert und von der zwangsläufigen Nacktheit und Wehrlosigkeit der Menschenwesen gerührt, entschied sich Prometheus, den bereits bei Hesiod beschriebenen Diebstahl zu begehen, um den Menschen das Feuer zu bringen und damit die Möglichkeit einer technischen Kultur zu initiieren.

Durch alle Epochen hindurch sollte das Schöpfermotiv eine wesentliche Rolle im Prometheus-Diskurs spielen. In den lateinischen literarischen Werken, etwa in Ovids *Metamorphosen* ist die Rede von Prometheus, als Erschaffer der Menschen, die er aus einer Mischung von Wasser und Himmelssamen zeugt.¹⁷ – Die Rezeption und Adaption der Prometheus-Figur war für die Theologie des spätantiken Christentums eine denkbare Herausforderung. Laktanz beschreibt Prometheus in seiner *Epitome divinarum institutionum* nicht mehr als Titan oder Gott, sondern als Menschen, dem es mit allerlei handwerklichen Fertigkeiten gelingt, menschenähnliche Kreaturen zu schaffen. Eine Schöpfungstat, die darauf zielt, den christlichen Schöpfergott zu beleidigen. Der

¹⁴ Vgl. Schummer: *Das Gotteshandwerk*, S. 22.

¹⁵ Hesiod: *Theogonie*, München: Carl Hanser Verlag 2014, S. 29–31.

¹⁶ Für Bernard Stiegler galt das Brüderpaar als der grundlegende Antagonismus einer technischen Kultur. Ausgehend vom Fehler des Epimetheus hat er seine Technikphilosophie formuliert: Stiegler, Bernard: *Technik und Zeit. Der Fehler des Epimetheus*, Zürich: Diaphanes 2009.

¹⁷ Ovidius Naso, Publius: *Metamorphosen*, Ditzingen: Reclam 2018, Buch 1, Vers 81.

menschliche Prometheus wird bei Laktanz zum Urheber des ersten Götzenbildes und zum Stifter des ersten Götzendienstes, der sich zu Unrecht als Gott inszeniert. Mit *Genealogia deorum gentilium* legte Giovanni Boccaccio eine ausgreifende Beschreibung des Prometheus-Mythos vor, welche die Basis für eine Neuauslegung des Stoffes im Geiste der Frührenaissance lieferte: als ‚zweifacher Prometheus‘, als Menschenschöpfer-Titan sowie als menschlicher Kulturstifter und Gelehrter.¹⁸

In der Neuzeit und in den Zeiten der europäischen Aufklärung wird Prometheus mit dem Fortschritt der Naturwissenschaft und entdeckenderischem Forscherdrang assoziiert, indem man sich auf sein Motiv des Lichtbringers und Kulturstifters konzentriert. Die Kulturen der europäischen Moderne erkennen in Prometheus, wahlweise im Lichte von Kritik oder Affirmation, ein spezifisches Handlungsprinzip. Hegel etwa formuliert in seinen *Vorlesungen über die Ästhetik* eine Kritik an Prometheus und erklärt ihn zum Egoisten:

Dies Sittliche, Rechtliche hat Prometheus den Menschen nicht gegeben, sondern nur die List gelehrt, die Naturdinge zu besiegen und zum Mittel menschlicher Befriedigung zu gebrauchen. Das Feuer und die Geschicklichkeiten, die sich des Feuers bedienen, sind nichts Sittliches in sich selbst, ebenso wenig die Webekunst, sondern treten zunächst nur in den Dienst der Selbstsucht und des Privatnutzens, ohne auf das Gemeinsame des menschlichen Daseins und das öffentliche des Lebens Bezug zu haben. Weil Prometheus nichts Geistigeres und Sittlicheres dem Menschen zuzuteilen im Falle war, gehört er auch nicht dem Geschlecht der neuen Götter an, sondern der Titanen.¹⁹

Prometheus wird also zur Chiffre für ungehemmte technische Innovation und Fortschritt der Naturwissenschaften, die sich in einer immer intensiveren Beherrschung der Natur Bahn bricht, und, Hegel zufolge, letztlich nur auf die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse zielt. In den Fokus rückt dabei der ‚entfesselte Prometheus‘, dessen frühere Tat der Menschenschöpfung als Ausdruck nie dagewesener Naturbeherrschung oder gar als Sieg über die schicksalshafte Natur gilt. Wenn Hegel Prometheus zum unsittlichen Titanen erklärt, dann geschieht das als eine Warnung vor Vereinseitigung der Wissenschaften als reine Naturbeherrschung, die seit der Neuzeit in der Verheißung eines Aufbruchs in eine technische Zivilisation standen.²⁰

In besonderer Weise vermochte es Francois Bacon, diese Verheißung mit den Mitteln einer utopischen Schilderung zum Ausdruck zu bringen. In *Nova Atlantis* (1627) erzählt er von einem fiktiven Kontinent inmitten des Pazifiks. Dort unternimmt Bacon zusammen mit seinen Leser:innen einen Rundgang durchs sogenannte Haus Salomons.

¹⁸ Vgl. Dülmen, Richard van (Hrsg.): *Erfindung des Menschen. Schöpfungsträume und Körperbilder 1500–2000*, Wien: Böhlau 1998, S. 28.

¹⁹ Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: *Vorlesungen über die Ästhetik*, Band II, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1970, S. 57.

²⁰ Zu den teils divergierenden Figurationen der Naturbeherrschung: Bredekamp, Horst: „Kulturtechniken zwischen Mutter und Stiefmutter Natur“, in: Krämer, Sybille und Horst Bredekamp (Hrsg.) *Bild – Schrift – Zahl*, München: De Gruyter 2003, S. 117–142.

Man hatte das Haus eingerichtet, um „die Ursachen und Bewegungen sowie die verborgenen Kräfte in der Natur zu ergründen und die Grenzen der menschlichen Macht soweit wie möglich zu erweitern“²¹. Die Rede von der Lebensherstellung erscheint nicht mehr als Mythos, sondern es wird nun qua Utopie in die Fabriken, Werkstätten und Laboratorien einer fiktiven Zivilisation verlagert, die dem technischen Vermögen und der Raffinesse des neuzeitlichen Englands um Längen voraus zu sein scheint. Im Zentrum seiner utopischen Erzählung der Naturbeherrschung steht damit eine neue szientistisch-technische Macht über das Leben. Zwar nimmt Bacon im Text Bezug auf die in seiner Zeit bekannten Techniken der Pflanzenzüchtung (durch Pfropfen, Kreuzen, Okulieren), doch er schildert auch etwaige Techniken, die deutlich über die bekannten Methoden des 17. Jahrhunderts hinausgehen. Unter dem Schlagwort der ‚künstlichen Weisen und Mittel‘ beschreibt Bacon im Zeitalter der Naturgeschichte eine ‚synthetische Biologie‘ der Züchtung mit ihren spezifischen Techniken der Lebensherstellung:

Auf künstliche Weise machen wir die einen Tiere größer oder schlanker, als sie es ihrer Natur nach sind; auf der anderen Seite aber hindern wir andere Tiere an ihrem natürlichen Wachstum. Die einen machen wir fruchtbarer und zeugungsfähiger, als es ihrer Natur entspricht, die anderen dagegen unfruchtbar und zeugungsunfähig. Auch in bezug auf Farbe, Gestalt und Lebhaftigkeit verändern wir sie auf viele Arten. Wir finden Mittel, um verschiedene Tierarten zu kreuzen und zu paaren, die neue Arten erzeugen und nicht unfruchtbar sind, wie man gewöhnlich glaubt.²²

Auch berichtet Bacon von der gezielten und planvollen Herstellung lebender Entitäten aus toter Materie. Seine fiktive Schilderung erinnert in gewisser Weise an die Verfahren der Protozellforschung, die ebenfalls nach dem richtigen molekularchemischen Mischverhältnis sucht, aus dem dann ein System mit der Qualität des Lebenden entstehen soll:

Wir züchten mehrere Arten von Schlangen, Würmern, Fliegen und Fischen aus verwesenden Stoffen, von denen sich einige zu vollkommenen Arten entwickeln – wie es vierfüßige Tiere oder Vögel sind –, ein Geschlecht besitzen und sich fortpflanzen. Wir lassen uns nun bei dieser Tätigkeit nicht vom Zufall leiten, vielmehr wissen wir von vornherein, welches Verfahren anzuwenden ist, um jene Lebewesen erzeugen zu können.²³

Mit Joachim Schummer ist davon auszugehen, dass Bacons Schilderungen über die gezielte Lebensherstellung durch die Kenntnis des Werkes von Giambattista della Porta beeinflusst waren. In dessen Hauptwerk *Magiae naturalis* aus dem Jahr 1558 finden sich neben den gängigen Beschreibungen von Züchtungsvorgängen etwaige Anleitungen, „um neue Arten von Hunden, Maultieren, Vögeln und Fischen zu bilden. Dabei fehlen auch nicht eine Sammlung von Mensch-Tier-Hybriden sowie Ideen über die ‚Verbesserung‘ und Geschlechtsdeterminierung menschlicher Nachkommenschaft“²⁴.

²¹ Bacon, Francis: *Neu-Atlantis*, Berlin: Akademie-Verlag 1986, S. 41.

²² Ebd., S. 46.

²³ Ebd., S. 47.

²⁴ Schummer: *Das Gotteshandwerk*, S. 42.



Abb. 9: Die spontane Entstehung von Gänsen, die an Bäumen wachsen oder aus Muscheln schlüpfen. Zeichnung von Jacobus Lydius aus dem Kompendium „Vrolyke Uren Des Doods, Ofte Der Wysen Vermaek“, veröffentlicht in Dordrecht im Jahr 1750.

Der Karlsruher Philosoph verweist noch auf eine weitere genealogische Fährte der Lebensherstellung: Sie führt zum Denkbild einer spontanen Entstehung von Leben, die unter dem aristotelischen Begriff der *Urzeugung* firmiert. Gemeint ist ein Prozess, der mit der Abiogenesis als Urbeginn des Lebens einsetzt, und sich seitdem ständig, zu jeder Zeit und an jedem Ort wiederholen könne. – In diesem Denkbild einer permanenten *genesis autómotos* spiegelt sich zudem eine folkloristische, populäre Auffassung der Urzeugung als ein Akt der spontanen Lebensherstellung. Man ging davon aus, dass tierische Lebewesen, etwa Schafe, Gänse und Lämmer in Bäumen entstehen würden, und dass Mäuse etwa aus einer Ansammlung von Staub in Kellern und Dachböden buchstäblich ins Leben springen könnten.

Die Theorie der Urzeugung und ihr folkloristischer Gebrauch rekurrieren wiederum auf die antike, stoische Lehre einer Allgegenwart von sogenannten Urkeimen in der Natur, die spontan zu Lebewesen reifen können. In den Wissenschaften der Renaissance und der frühen Neuzeit kam es zu einer denkwürdigen Umdeutung. Man verlegte den antiken Diskurs der spontanen Lebenserzeugung kurzerhand in den Bereich menschlicher Fertigkeiten. Dies gilt nach Schummer für die hermetisch-humanistischen

Traditionen von Paracelsus und della Porta, für die mathematisch-astronomischen Diskurse der mechanischen Naturphilosophie von Kepler, Galilei, Descartes oder Newton, für die medizinischen Denktraditionen von Stahl, Boerhaave oder Haller oder auch für die auf Thomas von Aquin rekurrierende Naturphilosophie eines Athanasius Kirchner: „Überall war man sich einig, dass Leben spontan entsteht und entsprechend auch jederzeit von Menschen hergestellt werden kann und darf.“²⁵

In der jüdischen Mystik des Frühmittelalters findet sich die Legende des *Golems*. Dieses vom Menschen aus Lehm geformte Wesen wurde mittels kabbalistischer Buchstaben- und Zahlenmystik ins Leben gerufen, um anschließend als willfähriger Diener seines Schöpfers zu arbeiten. Eine erste schriftliche Erwähnung findet sich im 12. Jahrhundert im *Sefer Jetzira*, dem Buch der Schöpfung, das in Worms verfasst wurde. Beschrieben werden dort eine Reihe logo- und technomorpher Handlungsabfolgen, die in erster Linie dem Ziel gewidmet sind, eine aus unbelebten Stoffen geformte Entität zum Leben zu erwecken. Lebensherstellung erscheint hier als ein Ergebnis magisch-technischer Praktiken.²⁶ In der Alchemie begegnet man dann der Geschichte von der Herstellung kleiner Menschen, den sogenannten *Homunkuli*. Hier wird das ‚Lebenmachen‘ zu einem Akt, der seinen Ort in jenen Räumen hat, die man später Labore nennen wird. Diese Figur des künstlichen Menschen erscheint dann auch in den Dichtungen Goethes. Im *Faust II* (1832) übernimmt der Homunkulus sogar für einige Akte die Hauptrolle, nachdem der Famulus Wagner diesen künstlichen Menschen in seinem privaten Forschungslabor hergestellt hatte. Die folgende Szene liest sich wie ein alchemistischer Traum, der durchaus an Venters Genomkonstruktion erinnert:

Es leuchtet! seht! – Nun läßt sich wirklich hoffen,
 Daß, wenn wir aus viel hundert Stoffen
 Durch Mischung – denn auf Mischung kommt es an –
 Den Menschenstoff gemächlich componiren,
 In einen Kolben verlutiren
 Und ihn gehörig cohobiren,
 So ist das Werk im Stillen abgethan.
 Es wird! die Masse regt sich klarer!
 Die Ueberzeugung wahrer, wahrer!
 Was man an der Natur Geheimnisvolles pries,
 Das wagen wir verständig zu probiren,
 Und was sie sonst organisiren ließ,
 Das lassen wir krystallisiren.²⁷

²⁵ Schummer: *Das Gotteshandwerk*, S. 37.

²⁶ Vgl. Dülmen (Hrsg.): *Erfindung des Menschen*, S. 543 ff.

²⁷ Goethe, Johann Wolfgang von: *Faust. Der Tragödie zweyter Theil in fünf Acten*, in: Vollständige Ausgabe letzter Hand, Band 41, Stuttgart: J. G. Cotta'sche Buchhandlung, 1832. Zweiter Akt.



Abb. 10: In Wagners Laboratorium. Faust betrachtet den Homunkulus in der Phiole. Eine Illustration von Franz Xaver Simm, 1899.

Der Lebensraum und Aktionsradius des Goethe'schen Homunkulus ist buchstäblich auf das Laboratorium als eine artifizielle Welt begrenzt. Den Ort seiner (Er-)Zeugung, eine gläserne Phiole, kann er im lebendigen Zustand nicht verlassen. Der Figur des Wagner gilt der Homunkulus als eine Art *Proof of Principle*, seine Existenz beweist ihm die Möglichkeit einer Überwindung der geschlechtlichen Reproduktion des Menschen. An ihre Stelle trete nun die technische Fortpflanzung im Labor: Geschlechtliche Fortpflanzung könne nur noch den Tieren zugemutet werden.²⁸

²⁸ Berechtigterweise wurde argumentiert, dass die Denkfigur des ‚Lebenmachens‘ in Verkopplung mit den Rhetoriken von der ‚schöpferischen Lebensherstellung‘ selbst als Teil einer langen und heterogenen Diskursgeschichte erscheint, und keineswegs als Novum in der Geschichte der Wissenschaften vom Leben verstanden werden sollte. Komplementär zu Schummer lässt sich ein Aufsatz über die Poetologie jener Topoi und Figuration der ‚synthetischen Natur‘ in der Moderne lesen: von Hermann, Hans-Christian: „Synthetische Natur: Zur Literaturgeschichte der Lebenswissenschaften“, in: Kiessling, Sonja und Heike Catherina Mertens (Hrsg.): *Evolution in Menschenhand: Synthetische Biologie aus Labor und Atelier*, Freiburg: Herder 2016, S. 69–76.

Während Goethes Homunkulus offenbar von alchemistischen Denkfiguren des Mischens und Probierens mit allerlei Stoffen inspiriert war, so nimmt eine weitere Autorin die Diskursfigur der labortechnischen Lebensherstellung in ihre fantastische Erzählung auf. Im Jahr 1818 veröffentlicht Mary Shelley den Roman *Frankenstein or The Modern Prometheus* anonym. Die Figur des Schweizer Viktor Frankenstein, gleichsam Protagonist und Ich-Erzähler des Romans, wird zum Wiedergänger des Famulus Wagner und zu einem neuen Prometheus, der an der Universität in Ingolstadt in einem geheimen Laboratorium ein menschenähnliches Wesen aus unbelebten Stoffen zusammenbaut. Hatte Frankenstein sowohl die Werke aus der Tradition der Urzeugung als auch allerlei alchemistische Quellen studiert, so war der ausschlaggebende Faktor in den manisch vorangetriebenen Versuchen und Prozeduren der Verlebendigung letztlich die Elektrizität. Das namenlose ‚Monster‘ ist jedoch kein kleines Menschlein nach dem Vorbild der Homunkuli, sondern eine fast 2,40 Meter große, riesenhafte Gestalt. Zu Beginn seiner Experimente hatte Frankenstein das Wesen nach den ästhetischen Körperidealen der griechischen Antike entworfen. Nahezu zwei Jahre des Experimentierens vergingen, bis die technische Lebensherstellung ‚glückte‘. In einer Novembernacht erwacht das Wesen zum Leben, doch die erste Begegnung zwischen Schöpfer und Geschöpf wird zum traumatisierenden Moment für Frankenstein. Im berühmten Kapitel V spricht er die folgenden Worte:

How can I describe my emotions at this catastrophe, or how delineate the wretch whom with such infinite pains and care I had endeavoured to form? His limbs were in proportion, and I had selected his features as beautiful. Beautiful! Great God! His yellow skin scarcely covered the work of muscles and arteries beneath; his hair was of a lustrous black, and flowing; his teeth of a pearly whiteness; but these luxuriances only formed a more horrid contrast with his watery eyes, that seemed almost of the same colour as the dun-white sockets in which they were set, his shrivelled complexion and straight black lips. [...] and breathless horror and disgust filled my heart.²⁹

Anschließend entflieht das sogenannte Monster aus dem Ingolstädter Laboratorium. Zuerst nur affektgeleitet und verstört, setzt eine Subjektwerdung des gemachten Wesens ein.³⁰ Frankenstein sollte die Ausübung seines ‚Gotteshandwerks‘ und daraus resultierenden Schöpferakts zeitlebens bereuen und letztlich daran verzweifeln.

Während Goethes Homunkulus sein Milieu nicht verlässt, zieht die biotechnische Kreatur von Shelley ihre Kreise bereits außerhalb des Labors – so erfährt das Motiv des ‚Lebenmachens‘ und die Figuration des künstlichen Menschen eine weitere Entgrenzung seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts. Diese Entgrenzung soll hier nur in exempla-

²⁹ Kapitel V, Mary Wollstonecraft Shelley: *Frankenstein, or; The modern Prometheus*, London 1818.

³⁰ Was hier beschrieben wird, erinnert durchaus an zeitgenössische Theorien der Subjektivation. Judith Butler schreibt: „Ins Leben gerufen wird das Subjekt [...] durch eine ursprüngliche Unterwerfung“. Ebd.: *Psyche der Macht, Das Subjekt der Unterwerfung*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002, S. 8; vgl. auch Bublitz, Hannelore: *Das Archiv des Körpers. Konstruktionsapparate, Materialitäten und Phantasmen, Sozialtheorie*, Bielefeld: Transcript 2018, S. 79–81.

rischer Weise angedeutet werden: In Alfred Döblins *Meere, Berge und Giganten* werden „Menschen zum Material biotechnischer Prozesse“³¹ und die Natur zum Gegenstand eines invasiven *Terra Formings*, das ins 27. Jahrhundert hinein vollzogen wird. Einen ähnlich weiten Sprung in die Zukunft unternimmt der dystopische Roman *Brave New World* (1932) von Aldous Huxley, der von einer fiktiven Welt im Jahre 2540 erzählt, in der ein eugenischer Weltstaatsapparat das Monopol auf die Herstellung und Züchtung seiner Bürger:innen im Labor hält. Huxley spielt mit dem Motiv des unterworfenen, bürgerlichen Subjektes innerhalb der eugenischen Klassengesellschaft. Um ihre Entwicklung zu kontrollieren und einen späteren Platz in einem gesellschaftlichen Kastensystem zu prädestinieren, lässt man die Embryonen in künstlichen Gebärmüttern heranwachsen.³² – Im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts rückt die Figur des Lebensingenieurs in den Mittelpunkt einer kritisch-literarischen Reflexion der Postmoderne. In Michel Houellebecqs *Les Particules élémentaires* (1998) wird der depressive Molekularbiologe Michel zum Wegbereiter eines ‚neuen Menschengeschlechts‘, das durch labor-technisches Redesign des Humangenoms in einem Zustand permanenter, orgastischer Glücksgefühle lebt.³³ Die Konstruktion des ‚neuen Menschen‘ gilt hier als eine ‚metaphysische Revolution‘; und gleichsam als Absage und Überwindung einer als existenzielle Qual empfundenen gesellschaftlichen ‚Atomisierung‘ im Zeitalter des Spätkapitalismus. Eine Zeit, in der das Subjekt an sich und den materialistischen Freiheits- und Glückversprechen einer liberalen, westlichen Spätmoderne verzweifelt.

Im Sinne einer *Biologie des Möglichen* (S. 49) erzählt Dietmar Dath in seinem im Jahr 2008 erschienen, fiktionalen Roman eine Geschichte jenseits der Darwin’schen Evolution. In *Abschaffung der Arten* entspinnt sich eine gewaltige Erzählung im Zeichen des Posthumanismus, die sich über drei Zeitalter und fünf Planeten entlang einer permanenten Transformation von Zivilisationen und Spezies erstreckt. Der ‚Neue Mensch‘ erscheint dort als ein vernunftbegabtes Tier, das sich selbst und seine Biologie zum Gegenstand einer gesteuerten und ingenieurtechnischen Evolution gemacht hat. In den Wirren der verschiedenen Erzählstränge lässt sich jedoch eine Geschichte herauslesen, welche die initiale Transformation der menschlichen Gattung sowie die Anfänge jener Gattung der Dath’schen ‚Über-Tiere‘ aufzeigt. Demnach waren es die Forschungen und Initiativen eines Hamburger Bioingenieurs, der den Prozess des Über-Tier-Werdens kurz nach dem zweiten Millennium im Labor einleitete.³⁴

Obwohl alle angeführten literarischen Werke von einer Zukunft biotechnischer Wesen und künstlicher Evolutionen erzählen, so lässt sich bemerken, dass die jeweiligen Verfahren des ‚Lebenmachens‘ selbst als Reflexionen historischer Konstellationen und Technologiediskurse erscheinen: Bei Shelley gibt die Elektrizität den Ausschlag zur

31 Schäffner, Wolfgang: *Die Ordnung des Wahns. Zur Poetologie psychiatrischen Wissens bei Alfred Döblin*, München: Fink 1995, S. 223.

32 Vgl. Huxley, Aldous: *Schöne neue Welt. Ein Roman der Zukunft*, Frankfurt am Main: Fischer 2013.

33 Vgl. Houellebecq, Michel: *Elementarteilchen*, Köln: DuMont 1999.

34 Vgl. Dath, Dietmar: *Die Abschaffung der Arten*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2010.

Verlebendigung des Stoffes, bei Huxley sind es die Kontroll- und Züchtungsphantasien der Eugenik und nicht zuletzt bilden Molekularbiologie und synthetische Biologie den historischen Referenzraum von Houellebecqs und Daths Science-Fiction. Doch damit nicht genug: Die synthetische Biologie affirmiert sich immer deutlicher als eine *Biologie des Möglichen*. Darin wird die Figur des Bioingenieurs – jedenfalls der Möglichkeit nach – zu einem Akteur mit durchaus poetischen Qualitäten, wenn dieser ganz offensiv die Komposition und Konstruktion zukünftiger Wesen und Welten vorantreibt. Unter der Leitidee des Synthetischen wird die lebenswissenschaftliche Rekonstruktion vergangener Evolutionen und Genealogien überlagert und teilweise ersetzt durch die Imagination und den Entwurf möglicher, biotechnischer Zukünfte. Durch die Figur des Ingenieurs, der ‚Leben‘ künstlich herstellt, wird zudem die tradierte Trennung von (literarischer) Fiktion und (analysierender) Wissenschaft in Frage gestellt. Fiktion und Imagination sind daher nicht nur Mittel, um die Figuren und Ästhetiken der synthetischen Biologie in Szene zu setzen. Darüber hinaus ist ‚Lebenmachen‘ mit der durchaus mythopoetischen Fragestellung, welche Entitäten und Zukünfte denn eigentlich im Labor entworfen, projiziert und buchstäblich ins Leben gerufen werden sollen, verbunden. Anders formuliert: Aus gutem Grund firmiert der Lebensingenieur als eine Sehnsuchtsfigur der fiktionalen Literatur. Jedoch ist das Fiktionale im Sinne einer Erfindungskunst selbst die *Conditio sine qua non* des Lebensingenieurturns. So schreibt Jennifer Doudna, dass der Möglichkeitsraum, der durch CRISPR entstanden sei, nur durch die besagte Erfindungskunst und Imagination ausgestaltet werden könne, ja sogar müsse („only by our collective imagination“³⁵). Demensprechend trägt die von ihr vorgelegte Monografie den hyperbolischen Titel *Crack in Creation*. Der nächste Abschnitt widmet sich den Diskursen und Laborkonstellationen, in denen man ab etwa 1890 eine *Biologie des Möglichen* vorantreibt.

„Technik der lebenden Wesen“ – Laborgeschichten von 1890 bis 1915

We didn't even know our field had a history.³⁶
Die Veranstalter:innen der SB 1.0

Der *zweite Strang historisierender Forschung* entstammt der nordamerikanischen Wissenschaftsgeschichte und zeichnet sich durch einen deutlich engeren zeitlichen Fokus aus. In diesem Forschungsregister finden sich jene Szenen und Akteure, die sich vielleicht am besten als (Proto-)Geschichte der synthetischen Biologie bezeichnen und sich auf einen Zeitraum zwischen 1890 bis etwa 1915 begrenzen lassen. Der Wissen-

³⁵ Doudna/Sternberg: *Crack in Creation*, S. 110.

³⁶ Campos, Luis: „That Was the Synthetic Biology That Was“, in: Schmidt, Markus u. a. (Hrsg.): *Synthetic Biology. The Technoscience and Its Societal Consequences*, Dordrecht: Springer 2009, S. 8.

schaftshistoriker Luis Campos beleuchtet beispielsweise die „earlier history of attempts to redesign life“³⁷. Diese *Laborgeschichten* stellen die sogenannten Pioniere und ihre spezifischen Versuche der Lebensherstellung als Vorläufer der heutigen synthetischen Biologie dar.³⁸ – Jene laborgeschichtliche Perspektive wurde unlängst ergänzt durch wissenschaftsethnologische Arbeiten. Die Harvard-Wissenschaftshistorikerin Sophia Roosth etwa erzählt in ihrer Monografie eine Mikrogeschichte, die nach dem Millennium einsetzt und den Wissenschaftler:innen der synthetischen Biologie direkt in die Labore führender Universitäten der USA folgt, um dabei die jeweiligen konstitutiven Gründungs-momente auf dem Wege der Disziplinbildung zu erörtern. Forschungsleitend für Roosth ist dabei ein epistemologisches Interesse: zum einen, wie es den Forscher:innen – unter dem Banner einer Neuausrichtung der Molekularbiologie *als* Ingenieurwissenschaft – gelingt, eine eigenständige Disziplin zu konstituieren und zum anderen, ob sich im Zuge dessen der Begriff des Lebens in der Biologie verändert.³⁹

Bevor ich mich im Folgenden mit der Darstellung der ‚Ahnengalerie‘ einer ingenieurwissenschaftlichen Lebenswissenschaft beschäftige, hier einleitend eine Vorbemerkung zur Entstehung der Biologie als einer Disziplin *sui generis*, die ich dann im anschließenden Abschnitt zum Ansatz einer genealogisch arbeitenden Wissensgeschichte wieder aufnehmen werde. Seit ihrem Bestehen widmet sich die Biologie, ganz ihrem Wortsinn nach, der Frage, was Leben ist. Die Entstehung der Biologie als Wissenschaftsdisziplin lässt sich an der historischen Schwelle um 1800 verorten. Als eigenständige Disziplin im naturwissenschaftlichen Sinne wird die Idee der Lebenswissenschaft etwa von Gottfried Reinhold Treviranus in seiner Schrift *Biologie oder Philosophie der lebenden Natur* aus dem Jahr 1802 umrissen. Jenes Auftauchen der Biologie ist in diskursgeschichtlicher Hinsicht einer epistemischen Wendung zu verdanken, so das zentrale Argument Michel Foucaults. Die Biologie wurde erst in der Episteme des modernen Wissens als eigene Kategorie, als ein Wissen vom Leben *als* Lebendiges, wirksam. Noch im vorigen Jahrhundert war die Idee vom „Leben selbst“ schlichtweg nicht vorhanden, war also im Bereich des Sag- und Sichtbaren gänzlich abwesend:

Man will Geschichten der Biologie im achtzehnten Jahrhundert schreiben. Aber man ist sich nicht darüber im klaren, daß die Biologie nicht existierte und daß die Aufteilung des Wissens, die uns seit mehr als hundertfünfzig Jahren vertraut ist, für eine vorausgehende Epoche keine Geltung haben kann; daß, wenn die Biologie unbekannt war, es dafür einen ziemlich einfachen Grund gab: das Leben selbst existierte nicht. Es existierten lediglich Lebewesen, die durch einen von der Naturgeschichte gebildeten Denkraster erschienen.⁴⁰

37 Campos: „That Was the Synthetic Biology That Was“, S. 5.

38 Hier soll bereits vorweggenommen werden, dass ich mich mit den Begriffen ‚Pionier‘ und ‚Vorläufer‘ am Ende des 2. Kapitels kritisch auseinandersetzen werde.

39 Vgl. Roosth, Sophia: *Synthetic. How Life Got Made*, Chicago: The University of Chicago Press 2017.

40 Foucault, Michel: *Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften*, Suhrkamp, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1994, S. 168.

Die Biologie als Disziplin konstituierte sich über die klassifizierende Unterscheidung jener zu beobachtenden Phänomene, um so die Natur in zwei ontologisch voneinander verschiedene Bereiche aufzuspalten. Durch die fundamentale Unterscheidung von Lebendigem und Leblosem war für Treviranus und seine Zeitgenossen gleichsam der zwingende Umstand gegeben, dass für die Erforschung der lebendigen Natur eine Wissenschaft vom ‚Leben selbst‘ vonnöten sei. – Erst an der Schwelle zum 20. Jahrhundert wurden Stimmen laut, die eine praktische Erweiterung der analysierenden Biologie einforderten und vorantrieben. Diese sogenannten Pioniere der synthetischen Biologie wollten sich nicht mehr mit der Beobachtung und Klassifikation von Naturphänomenen zufriedengeben, sondern das ‚Leben selbst‘ technisch verändern oder sogar synthetisch herstellen.

Etwa neunzig Jahre nach der von Foucault beschriebenen *Naissance de la biologie* sollte die Idee einer herstellenden Biologie Einzug in den Diskurs der Lebenswissenschaft halten. Diese befand sich zu diesem Zeitpunkt in einer erbitterten Auseinandersetzung um den Lebensbegriff, in der Neo-Vitalisten und Mechanisten um die Deutungshoheit in der bezeichneten Sache miteinander rangen.⁴¹ Der deutsch-amerikanische Biologe und Physiologe Jacques Loeb begann zum Ende der 1880er Jahre damit, vehement für eine Neuausrichtung und Erweiterung seines Fachs einzutreten. Loeb's Physiologie stand noch in der Tradition der französischen Materialisten des 18. Jahrhunderts und fühlte sich einem streng mechanistisch-reduktionistischen Lebensbegriff verpflichtet. Er ging davon aus, dass jegliche lebendigen Entitäten und Prozesse auf chemische Vorgänge zurückzuführen sind. Ausgehend vom Denkbild der lebendigen Maschine insinuierte Loeb eine zukünftige Lebenswissenschaft. Im Zeichen von Mechanismus und Ingenieurideal schwebte ihm eine Laborwissenschaft vor, die sogar neue Formen des Lebens nach Belieben und Bedarf entwickeln werde. Seine Vorstellungen einer synthetisierenden Biologie kommen vielleicht am deutlichsten in der folgenden Passage zum Ausdruck. Loeb schreibt in einem Brief, den er im Jahr 1890 aus der *Stazione Zoologica* in Neapel an den Physiker und Philosophen Ernst Mach, mit dem er einen Großteil seiner Forscherkarriere in Korrespondenz stand, nach Berlin sandte:

Der Gedanke, der mir vorschwebt ist der, dass der Mensch selbst als Schöpfer auch in die belebte Natur eingreifen kann, um sie eventuell nach seinem Willen zu formen. Man würde so wenigstens zu einer Technik der lebenden Wesen gelangen können.⁴²

⁴¹ Vgl. Büschli, Otto: *Mechanismus und Vitalismus*, Leipzig: W. Engelmann, 1901.

⁴² Brief von Jacques Loeb an Ernst Mach vom 26.02.1890, Deutsches Museum Archiv München. Zitiert nach: Fangerau, Heiner: „Zur Geschichte der Synthetischen Biologie“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 66.

Nachdem Loeb wenige Jahre später von Deutschland in die USA emigriert war, versuchte er dort seine Grundidee einer ‚Technik der lebenden Wesen‘, in dem von ihm begründeten Feld der experimentellen *Physiologischen Morphologie* zu konkretisieren:

[T]he aim of Physiological Morphology is not solely analytical. It has another and higher aim, which is synthetical or constructive, that is, to form new combinations from the elements of living nature, just as the physicist and chemist form new combinations from the elements of non-living nature.⁴³

Loeb war zudem als ausgewiesener Experimentator bekannt. Zu Beginn seiner Laufbahn forschte er über die Regenerationsprozesse von Nesseltieren, wobei er synthetisierende und kombinatorische Verfahren in Anschlag brachte, und damit Biologie im Sinne einer angewandten Technikwissenschaft betrieb. „So gelang es ihm etwa, Köpfe an der Stelle von Stämmen und Stämme an der Stelle von Köpfen entstehen zu lassen.“⁴⁴ – Im Jahr 1899 war es Loeb in einem weiteren, vieldiskutierten Experiment zur sogenannten künstlichen Parthenogenese gelungen, die Entwicklung von Seeigeleiern auf technisch-mechanischem Wege mittels gezielter Reizungen, somit ohne Befruchtung durch Spermien, herbeizuführen. Zur Ausdeutung des Experimentes schreibt Loeb die folgenden Zeilen an Ernst Mach: „Es ist am Ende doch noch möglich, dass ich meinen Traum einer konstruktiven oder technischen Biologie an der Stelle einer bloss analytischen zu sehen, noch verwirklicht finde.“⁴⁵

Die Begriffsgeschichte der Wortprägung ‚synthetische Biologie‘ führt in das Paris der Vorkriegsjahre. Der erste nachweisliche Gebrauch des Begriffs findet sich bei dem französischen Mediziner und Biologen Stéphane Leduc, der sich im Allgemeinen mit naturwissenschaftlichen Experimenten sowie Beobachtungs- und Methodenfragen im Zeichen einer biologischen Grundlagenforschung beschäftigte, die im Speziellen darauf zielten, generelle Gesetze organischen Wachstums und der Morphologie zu verstehen. In einem Aufsatz mit dem Titel „La Biologie Synthétique“ aus dem Jahr 1912 beschreibt Leduc eine Reihe von (Schau-)Experimenten zur Erzeugung sogenannter chemischer Gärten.⁴⁶ Indem er Schwermetallsalze in eine wässrige Lösung aus Natrium und Silicat gab, ließ sich die Entstehung von Kristallstrukturen beobachten, die in ihrer Form und Farbe Pflanzen ähneln. Anhand seiner in Glasbehältern gezüchteten *Jardins chimiques* wollte er zeigen, dass jene grundlegenden physikalisch-chemischen Prozesse von Osmose und Diffusion eine Vielzahl kristalliner Wachstumsformen, und damit neue und komplexe, ja sogar mit dem bloßen Auge erkennbare organische Formen hervorbringen können. Leduc behauptete, ihm sei auf diesem Wege die Schaffung künstlichen

⁴³ Loeb, Jaques, 1894, zitiert nach: Fangerau, 2012, S. 67.

⁴⁴ Ebd., S. 66.

⁴⁵ Brief von Jacques Loeb an Ernst Mach vom 28.12.1899, Deutsches Museum Archiv München. Zitiert nach: ebd., S. 68.

⁴⁶ Vgl. Leduc, Stéphane: *La Biologie Synthétique*. In: *Études de Biophysique*, Paris: A. Pionat 1912.



Abb. 11: Fotografie einer ‚osmotischen Pflanze‘. Das Bild zeigt einen *Jardin chimique*. Zu sehen in der englischen Ausgabe von Stéphane Leducs *The Mechanism of Life* – aus dem Jahr 1911.

Lebens gelungen. Zahlreiche Fotografien ebensolcher ‚Gärten‘ nahmen Eingang in die Veröffentlichungen Leducs.

Hauptsächlich verfolgte Leduc jedoch methodologische Fragestellungen und epistemologische Ziele: Der chemische Garten galt ihm als ein Experimentalsystem, in dem er von dem Wachstum der Kristalle Rückschlüsse auf allgemeine Wachstumsgesetze von Organismen aufzustellen versuchte, um davon einen generellen Begriff des Lebens abzuleiten. Leduc war fest davon überzeugt, dass neben der klassischen biologischen Analyse die regelgeleitete Synthese für einen weiteren Fortschritt der Biologie unablässig sei:

Jusqu'à present la biologie n'a eu recours qu'à l'observation et à l'analyse. L'unique utilisation de l'observation et de l'analyse, l'exclusion de la méthode synthétique, est une des causes qui retardent le progrès de la biologie ... [La méthode synthétique] devoir être la plus féconde, la plus apte à nous révéler les mécanismes physiques des phénomènes de la vie dont l'étude n'est même pas ébauchée. Lorsqu'un phénomène, chez un être vivant, a été observé, et que l'on croit en connaître le mécanisme physique, on doit pouvoir reproduire ce phénomène isolément, en dehors de l'organisme vivant.⁴⁷

⁴⁷ Leduc, Stéphane, 1912, zitiert nach: Campos: „That Was the Synthetic Biology That Was“, S. 8.

Synthese nach Leduc lässt sich heute durchaus als eine Technik der Überprüfung und Verifikation im Sinne eines ‚Verstehens durch Herstellen‘ begreifen, als eine Skizze einer *engineering-driven* Epistemologie (S. 25 ff.). Erst wenn bestimmte physikalische Mechanismen nicht nur als theoretisierende Beobachtung, sondern auch außerhalb des biologischen Phänomens und durch Menschenhand reproduziert werden können, lassen sich vollends gesicherte Aussagen im Feld der Biologie treffen: „C’est la méthode synthétique, la reproduction par les forces physiques des phénomènes biologiques, qui doit contribuer le plus à nous donner la compréhension de la vie.“⁴⁸ Aufs Ganze gesehen, erscheint das Programm jener Leduc’schen *Biologie synthétique* als eine pragmatische und epistemologische Vorwegnahme der heutigen Zielsetzung der Ingenieurbiologie in den Forschungszweigen der Protzellkonstruktion, deren Vertreter:innen für ein auf Herstellung basierendes Erkennen fundamentaler Lebensprozesse eintreten (S. 46).

Leducs Experimente wurden seinerzeit von zahlreichen Fachkollegen diskutiert, doch sollte sich seine Konzeption der synthetischen Biologie nicht durchsetzen. Seine Kritiker monierten, die von Leduc beschriebenen osmotischen Formbildungen seien lediglich Imitationen des Lebens, die für ein besseres Verständnis von komplexen Lebewesen im speziellen Sinne und eine Theorie des Lebens im Allgemeinen schlichtweg irrelevant seien. Seine Bücher und Aufsätze wurden bereits früh von der *Académie des Sciences de Paris* abgelehnt. Man verwehrte Leduc und seiner synthetischen Biologie die Aufnahme in die Protokolle und Chroniken der Institution. Die Begründung: Es sollte niemandem ein Forum gegeben werden, den man der ‚überkommenen‘ theoretischen Tradition der ‚spontanen Lebensentstehung‘ zuordnete.⁴⁹ – Jedoch, so bleibt noch zu erwähnen, fanden die Theorien und Formexperimente des Franzosen Eingang in die Schriften des schottischen Mathematikers und Biologen D’Arcy Wentworth Thompson. Dieser hatte sich in seinem Opus magnum *On Growth and Form* (1915) gleich mehrfach auf Leduc bezogen und dessen Bilder in sein Buch aufgenommen. Heute gilt Leduc nicht nur als wiederentdeckter ‚Erfinder‘ der synthetischen Biologie, sondern auch als ein Begründer und Wegbereiter einer biophysikalischen Erforschung der Morphogenese.⁵⁰

Nur zwei Jahre später und ohne nachweislichen Bezug zu Leduc taucht der Begriff der synthetischen Biologie auch in der deutschsprachigen Debatte auf. Der Chemiker Emil Fischer, einer der entscheidenden Akteure der synthetischen Chemie, hatte seit Ende des 19. Jahrhunderts ein naturwissenschaftliches Programm ausgearbeitet, das die gezielte Veränderung von Organismen durch Einwirkung chemischer Substanzen

⁴⁸ Leduc, 1912, zitiert nach: Campos: „That Was the Synthetic Biology That Was“, S. 8.

⁴⁹ Vgl. Tirard, Stéphane: „Stephane Leduc (1853–1939). From Medicine to Synthetic Biology“, *Histoire Des Sciences Medicales* 43/1 (2009), S. 67–72, hier S. 67.

⁵⁰ Vgl. Thompson, D’Arcy Wentworth: *On Growth and Form*, Cambridge: Cambridge University Press 1917, S. 162.

für technische Zwecke vorsah. Dafür schlug Fischer den Begriff der „chemisch-synthetischen Biologie“ vor.⁵¹ Der Berliner Chemiker Nediljko Budisa, ein führender Forscher auf dem Feld der zeitgenössischen synthetischen Biologie in Deutschland, beschreibt die futuristische Agenda, die Emil Fischer durch seine chemisch-synthetische Biologie im ersten Viertel des 20. Jahrhunderts heraufziehen sah:

Dieses Programm ist ein frühes Beispiel für ein Konzept der Synthetischen Biologie, da er darin erstmalig erklärt, dass der Stoffwechsel lebender Zellen durch den Einsatz synthetischer Verbindungen beeinflusst und sogar verändert werden könne und solle, um neuartige Fette, Wachse und Proteine zu erzeugen. Fischer glaubte, dass Modifikation, Gestaltung und Erschaffung von Organismen mithilfe chemischer Verfahren eine Art Beginn eines großen Zukunftsprojekts seien. Er erwartete, dass neue, auf synthetische Weise erzeugte Lebensformen mit einer neuartigen oder alternativen chemischen Zusammensetzung fundamentale Vorteile gegenüber den bekannten Lebewesen haben würden und somit ein großes Potenzial besäßen, aus dem ein technologischer Nutzen für die Gesellschaft gezogen werden könnte.⁵²

Auch wenn die synthetische Chemie eines der bestimmenden Naturwissenschaftsfelder des ersten Drittels des 20. Jahrhunderts sein sollte, verbleibt Fischers Diskurs, der in seinen Grundzügen an die heutige Xenobiologie erinnern mag, im Bereich des Symbolischen und der Spekulation. – Anschließend sollte die Wortprägung der synthetischen Biologie für mehrere Jahrzehnte dem Vergessen anheimfallen. Erst in der Mitte der 1970er Jahre tauchte der Begriff wieder im Kontext der Molekularbiologie auf. Der polnische Genetiker Waclaw Szybalski gebrauchte den Begriff, um eine Erweiterung seines Faches auszuloten, die über das experimentelle Basteln einer rekombinanten Gentechnik der 1970er Jahre hinaus auf ein dezidiert ingenieurtechnisches Terrain führen sollte. Seine im Jahr 1974 veröffentlichten Worte lassen sich als eine Fusion von Loeb und Fischer im Kontext einer molekularbiologischen Kybernetik verstehen. Die nachfolgenden Passagen lesen sich wie eine Einleitung zu einem aktuellen Lehrbuch für *Bioengineering*, wenn dort sowohl von neuen Modulen und Stoffwechselwegen als auch von der Konstruktion synthetischer Genome die Rede ist:

Up to now we are working on the descriptive phase of molecular biology. [...] But the real challenge will start when we enter the synthetic biology phase of research in our field. We will then devise new control elements and add these new modules to the existing genomes or buildup wholly new genomes. This would be a field with the unlimited expansion potential and hardly any limitations to building ‚new better control circuits‘ and [...] finally other ‚synthetic‘ organisms, like a ‚new

⁵¹ Vgl. Fischer, Emil: „Die Kaiser-Wilhelm-Institute und der Zusammenhang von organischer Chemie und Biologie“, in: *Gesammelte Werke: Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten: Vorträge und Abhandlungen allgemeinen Inhalts*. Hrsg. von Emil Fischer. Berlin: J. Springer 1915. S. 796–809.

⁵² Budisa, Nediljko: „Chemisch-synthetische Biologie“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 90.

better mouse'. [...] I am not concerned that we will run out of exciting and novel ideas, [...] in the synthetic biology, in general.⁵³

In seiner Stellungnahme zur Vergabe des Nobelpreises für Physiologie oder Medizin 1978 an die Molekularbiologen Arber, Nathans und Smith konkretisiert Szybalski seine weiteren Gedanken über eine synthetische Ära der Molekularbiologie. Er spricht von einer epistemologischen und praktischen Wende, die sich im zukünftigen Horizont einer Ingenieurbiologie vollziehen werde: „[T]he new era of synthetic biology [is] where not only existing genes are described and analyzed but also new gene arrangements can be constructed and evaluated.“⁵⁴

Wie im ersten Kapitel gezeigt wurde, so hat die Molekularbiologie Szybalskis ‚Challenge of Synthetic Biology‘ erst nach dem Millennium angenommen. Im Hinblick auf die beiden dargestellten Forschungsstränge zur historisierenden Deutung der synthetischen Biologie lässt sich jedoch fragen, ob die geisteswissenschaftliche Rezeption der letzten Dekade und deren offensichtliche Konzentration auf Craig Venters *Making-Life-Diskurs*, mit dieser Herausforderung je Ernst gemacht hat. Als Frage formuliert: Erscheinen die *bis dato* formulierten und beforschten Perspektiven auf die sogenannten Vorläufer der synthetischen Biologie, der mythopoetischen Motivgeschichte und wissenschaftshistorischen Laborgeschichte als ausreichend, um der (fortlaufenden) Ereignishaftigkeit der synthetischen Biologie gerecht zu werden? Wie könnte eine Kritik am derzeitigen, geisteswissenschaftlich-historisierenden Forschungsstand der Ingenieurbiologie lauten? Diese Frage werde ich im nächsten Abschnitt diskutieren. Denn im Bereich der Kulturwissenschaft weckt die Rede des ‚Making Life‘ andere Assoziationen, sie führt auf eine andere historische Fährte: ‚Lebenmachen‘ erscheint hier als eine genealogische Chiffre jener von Michel Foucault beschriebenen *Naissance de la biopolitique* um 1800.

Nach CRISPR – Für eine macht- und wissensgeschichtliche Problematisierung der synthetischen Biologie

Die bisherige geisteswissenschaftlich-historische Forschung konzentrierte sich auf die Frühphase der synthetischen Biologie. Es lassen sich zwei Ansätze erkennen, die meistens auf zwei Autoren zurückgeführt werden können: Zum einen Joachim Schummers Thematisierung der mythisch-literarischen Figurationen der Lebensherstellung und zum anderen Luis Campos Arbeiten über die lebenswissenschaftlichen ‚Pioniere‘ der heutigen synthetischen Biologie. Der hauptsächliche Verdienst von Schummer wie auch von Campos liegt darin, eine historisierende Erforschung der synthetischen Biologie

53 Szybalski, Waclaw: „In Vivo and In Vitro Initiation of Transcription“, *Advances in Experimental Medicine and Biology* 44/1 (1974), S. 23–24.

54 Ebd.: „Nobel Prizes and Restriction Enzymes“, *Gene* 4/3 (1978), S. 181.

als solche erst begründet zu haben. Aus heutiger Sicht bleibt der kritisch-theoretische Beitrag zu einer historischen Ausdeutung der synthetischen Biologie in beiden Fällen jedoch eher ernüchternd. Nachfolgend gilt es zunächst der Frage nachzugehen, welchen kritischen Einsatz Schummer und Campos zu einer geschichtsbasierten Deutung der synthetischen Biologie formuliert haben. In Abgrenzung dazu und mit Bezug auf eine genealogisch arbeitende Wissensgeschichte soll dann ein eigener methodischer Ansatz entwickelt werden. Dieser Ansatz wird es mir im weiteren Fortgang meiner Studie erlauben, die synthetische Biologie und die jüngsten Ereignisse um CRISPR im Hinblick auf ihre bio- und zoöpolitischen Implikationen zu problematisieren.

Vermittels der mythopoetologischen Geschichten und Figuren der Lebensherstellung, so erklärt Schummer, zielt dieser Forschungsansatz auf eine Entschärfung des bereits „lange währenden Konflikts zwischen einer Wissenschaft, welche die Lebensherstellung öffentlich zum Ziel erklärt hat, und ihrer öffentlichen Kritik“⁵⁵. Jener öffentlichen Empörung und Kritik müsse man das historische Argument der *longue durée* entgegensetzen. Denn mit dem Verweis auf die lange Kulturgeschichte der Lebensherstellung werde evident: Das Ziel des ‚Lebenmachens‘, wie es von Venter und anderen Vertreter:innen der Ingenieurbiologie artikuliert wurde, sei nicht die infernale Ausnahme einer ethischen Grenzüberschreitung, sondern vielmehr die Regel – also nur ein weiterer „Kulminationspunkt“⁵⁶ einer langen Historie. Schummers Diskussion jener mythischen und literarischen „Vorläufer“⁵⁷ steht deshalb im Zeichen einer epistemologischen und kulturhistorischen ‚Deeskalation‘. Mit dem Rückblick auf „[zwei Jahrtausende alltäglicher Lebensherstellung“ erscheine die heutige Synthese einfacher Lebensformen im Labor im Lichte einer beruhigenden „Banalität“ – Schummers fast schon existenzphilosophisch anmutende Empfehlung lautet deshalb: „Gelassenheit“⁵⁸.

In die Richtung der synthetischen Biologie gewendet, verlegt Schummer seine Kritik auf die Ebene der analytischen Philosophie, wenn er den Begriff des Lebens in den Mittelpunkt der Argumentation stellt: Der Lebensbegriff sei (nicht nur) innerhalb der Biologie umstritten. Aus der Warte der Philosophie erscheint er sogar als eine metaphysische Begrifflichkeit, über die mit den Mitteln der Wissenschaft keine gesicherte Erkenntnis möglich sei. In diesem Sinne entlarvt Schummer das propagierte ‚Lebenmachen‘ als Sprachspiel der synthetischen Biologie: Es handele sich dabei lediglich um eine Art wissenspolitische Werbemaßnahme, die zwar öffentlichkeitswirksam vorgibt, Leben herzustellen, jedoch über keinen kanonisierten Begriff des Lebens verfüge. „Die Erschaffung künstlichen Lebens ist nämlich weder ein erreichbares Ziel, noch dient sie in erster Linie der Vermehrung des wissenschaftlichen Wissens oder der Steigerung des technischen Nutzens.“⁵⁹ Schummers Kritik, der ich mich nicht anschließen möchte, fällt

55 Schummer: *Das Gotteshandwerk*, S. 124.

56 Ebd.

57 Ebd., S. 23.

58 Ebd., S. 32.

59 Ebd., S. 125.

überraschend fundamental aus: „[E]in Projekt, das sich über prinzipiell unerreichbare Ziele definiert, kann schwerlich zur Wissenschaft gerechnet werden.“⁶⁰ Viel deutlicher hätte Schummer den Vorwurf der Unwissenschaftlichkeit der synthetischen Biologie wohl kaum formulieren können.

Die Erforschung der etwa 1890 einsetzenden Laborgeschichten, die gleichsam mit dem Verweis auf Leduc *et alii* eine ‚early history‘ der synthetischen Biologie schreiben wollen, bleibt meistens im Modus der historischen Darstellung. So wird Kritik bei Campos, wenn überhaupt, lediglich in einer sehr impliziten Weise vorgetragen. Seine Kritik verbirgt sich in dem Vorwurf einer Geschichtsvergessenheit seitens der heutigen Forschung. Der Wissenschaftshistoriker hatte selbst an den ersten Konferenzen zur Begründung der synthetischen Biologie teilgenommen und im Anschluss seine Verwunderung zu Protokoll gegeben. Die Vorgeschichte des eigenen Faches sei den führenden Vertreter:innen der synthetischen Biologie nicht im Mindesten bekannt gewesen. Sein vielgelesener Aufsatz „That Was the Synthetic Biology That Was“ (2009) offenbart das Motiv der Geschichtsvergessenheit in einer Fußnote. Campos schreibt, der Name und die Arbeiten Leducs waren gänzlich „unknown to all participants at the [synthetic biology] 1.0 and 2.0 conferences“. Dieses Unwissen gipfelt in dem Ausspruch: „We didn’t even know our field had a history.“⁶¹ – Anschließend sei es jedoch innerhalb weniger Jahre, und nachdem die synthetische Biologie die Protagonisten einer ‚frühen Geschichte‘ in ihren Kanon aufgenommen hat, zu einer bedenklichen Transformation des Selbstverständnisses gekommen. Leduc, Loeb und andere erschienen Campos zufolge nun als – nicht ganz ernst zu nehmende – Vordenker und Vorläufer der heutigen Forschung:

Knowing these few details of the larger history of an engineering approach to life, and the ways in which terms like ‚synthetic biology‘ and ‚genetic engineering‘ have emerged, transformed, and sometimes been lost to history (at least for a time) helps to highlight a peculiar perception common among synthetic practitioners, and recurring over decades: that they alone have been the first to truly aim for – and possibly attain unto – a properly engineered biology.⁶²

Die Kontrastierung von früheren Ansätzen mit der heutigen synthetischen Biologie macht ihren besonderen Habitus sicht- und nachvollziehbar. Die Vertreter:innen der aktuellen synthetischen Biologie erkennen ihre Differenz in dem offensiv vorangetriebenen Anliegen, Biologie als Ingenieurwissenschaft zu betreiben. Nach Campos erzeugte das ‚neue Wissen‘ um die eigene Geschichtlichkeit eine identitätsbildende Distinktion: Der Unterschied zu den früheren Ansätzen der synthetischen Biologie erlaubt es den heutigen Forscher:innen, sich als die eigentlichen *Pioneers* zu affirmieren, die nun zum ersten Mal ein ‚echtes‘ *Bioengineering* betreiben.

60 Schummer: *Das Gotteshandwerk*, S. 134.

61 Campos: „That Was the Synthetic Biology That Was“, S. 8.

62 Ebd., S. 16.

Aus zeitgenössischer Perspektive stellt sich die Frage, welchen Beitrag Schummers und Campos Forschungsansätze eigentlich noch zu leisten vermögen. Heute scheinen die beiden skizzierten Kritiken, die sich auf Venters Genomkonstruktion (2010) und die Frühphase der synthetischen Biologie (2004 bis 2009) fokussierten, kaum mehr der Dringlichkeit der synthetischen Biologie im Jahr 2023 gerecht zu werden. Weder mit dem Vorwurf der Geschichtsvergessenheit, noch mit den vermeintlichen Zweifeln an der Wissenschaftlichkeit des Ziels der molekulartechnischen Lebensherstellung ist den jüngsten, problematischen Entwicklungen in der synthetischen Biologie beizukommen. Denn mit CRISPR und *Gene Drive* scheint sich hier eine noch unverstandene ‚Macht über das Leben‘ Bahn zu brechen, die sich nicht mehr mit der ‚Banalität‘ von Mikroorganismen oder der Etablierung einer *engineering-driven* Epistemologie zufriedengibt und gleichsam auf das (Lebens-)Politische ausgreift. – Mein Vorschlag ist deshalb, einen neuen Fokus der Forschung zu setzen, der es erlaubt, ebendiese neuen Problemstellungen in den Blick zu nehmen. Dazu werde ich die historisch-deutende Forschung um eine macht- und wissensgeschichtliche Perspektivierung der synthetischen Biologie erweitern.

Für eine historisch-kritische Beschäftigung mit der synthetischen Biologie werde ich zwei, an Michel Foucault angelehnte, Konzepte in Anschlag bringen: Es wird darum gehen, die synthetische Biologie aus jener Perspektive zu problematisieren, die ich die *Genealogie* der Bio- und *Zoëpolitik* nennen möchte. Ähnlich wie der mythopoetologische und auch der laborgeschichtliche Ansatz, werde ich mich auf das Motiv der Lebensherstellung fokussieren. Die Denkfigur der Lebensherstellung weist jedoch innerhalb des Theoriediskurses der Biopolitik auf eine konstitutive Formel, die sich nicht mit mythisch-literarischen Figuren oder den ersten Syntheseversuchen im Labor beschäftigt: ‚Lebenmachen‘ bezeichnet hier vielmehr die Chiffre einer historischen Schwelensituation um 1800, in der eine neue ‚Macht über das Leben‘ entsteht. „*Entstehung* bezeichnet den Punkt,“ so schreibt Foucault über den historiografischen Kerngedanken jenes von Nietzsche entlehnten Genealogiebegriffs, „an dem etwas hervortritt. Sie ist Prinzip und Gesetz eines Erscheinens. Wie man die Herkunft allzu oft in einer bruchlosen Kontinuität sucht, so wäre es auch falsch, ihre Entstehung von ihrem Ende her zu betrachten“⁶³. Aus dieser Perspektive erscheinen die Mythen als eine kontinuierliche Aufreihung von Vorläufern oder die Biologen des späten 19. Jahrhunderts als Pioniere der synthetischen Biologie als ein durchaus problematischer Ansatz. Mit dem Verweis auf die Denkfiguren der Herkunft und der Entstehung lassen sich die beiden skizzierten Forschungsrichtungen kritisieren: In beiden Fällen denkt man den Anfang vom Ende her und rekonstruiert so eine Art Sinn der synthetischen Biologie (im Mythos oder im Labor). „Die Genealogie rekonstruiert dagegen die verschiedenen Unterwerfungssysteme: nicht die vorgreifende Macht eines Sinns, sondern das zufällige Spiel der Herr-

63 Foucault, Michel: „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 2: 1970–1975, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 166–191, hier S. 174.

schaftsbeziehungen. Die Entstehung vollzieht sich stets innerhalb eines bestimmten Kräfteverhältnisses.⁶⁴

Das von Foucault beschriebene Erscheinen einer Politik des ‚Lebenmachens‘ ist weder eine *creatio ex nihilo*, noch einer Formulierung einer innovativen Idee auf dem Feld philosophischer Meisterdiskurse geschuldet. Sie ist nicht Ergebnis des konstitutiven Willensaktes eines genialen Vordenkers, sondern ein singuläres Ereignis, das sich aus einer Vielzahl widerstreitender Faktoren ergibt. Ein solcher *Entstehungsherd* ist gleichsam ein Ort der Konfrontation. „Daher ist niemand für das Entstehen verantwortlich, und niemand kann sich dessen rühmen.“⁶⁵ Macht und Wissen sind damit nicht an überzeitliche Instanzen gebunden, sondern erscheinen als historische Konstellationen, Produktionen und Konstruktionen, die auf der ‚Bühne des Wissens‘ auftreten und auch wieder verschwinden. Die genealogisch arbeitende Wissensgeschichte steht Hannelore Bublitz zufolge im Zeichen einer „Demystifikation“, denn sie verwehrt sich in ihrer historischen Rekonstruktion, „auf tiefer liegende Bedeutungen, Gesetze oder metaphysische Annahmen zurückzugreifen“⁶⁶. Somit leitet sie Macht weder einfach aus der Gesellschaft und ihren Institutionen ab, noch setzt sie irgendeine wissenschaftliche Disziplin als eine Verwalterin von wahren Wissen voraus. Wissensgeschichte rekonstruiert vielmehr die Entstehung von Machtbeziehungen und Wissensordnungen als Effekte von „Diskursen und technischen Strukturen wie Experimentalanordnungen oder Medien“⁶⁷.

Wenn sich also die scheinbaren historischen Konstanten einer wissenschaftlichen Rationalität, vermeintliche ethische Universalien als auch tradierte philosophische Kernbegriffe nicht unter „dauerhaften Bezugssystemen assimilieren lassen“⁶⁸, wird auch Michel Foucaults einleitend skizzierte Entstehung eines biologischen Begriffs vom Leben um das Jahr 1800 – als ein Ergebnis seines historischen Erscheinens – nachvollziehbar. Es handelt sich aus genealogischer Perspektive um einen Begriff, der vor der ‚*Naissance de la biologie*‘ nicht existierte. Dabei lässt sich das französische *Naissance* gleichsam als Geburt und Entstehung übersetzen. Nicht zuletzt offenbart eine solche Formel Foucaults „genealogische Stilistik“. Nach Joseph Vogl ist diese mitunter gekennzeichnet durch einen „ironischen oder parodistischen Stil, der sich gegen die Dignität des historischen Gedächtnisses“⁶⁹ wendet.

Mit meiner Verwendung des genealogischen Ansatzes kommt es nicht einfach zu einer Applikation einer auf Objektivität zielenden Methode zur historisierenden

64 Foucault: „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, S. 175.

65 Ebd., S. 176.

66 Bublitz, Hannelore: *Diskurs*, Bielefeld: Transcript 2003, S. 38.

67 Sarasin, Philipp: „Was ist Wissensgeschichte?“, *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur* 36/1 (2011), S. 172.

68 Vogl, Joseph: „Genealogie“, in: Kammler, Clemens u. a. (Hrsg.): *Foucault-Handbuch*, Stuttgart: J. B. Metzler 2014, S. 255–258, hier S. 255.

69 Ebd.

Deutung der synthetischen Biologie. Obwohl sich die Genealogie als Geschichtsschreibung in ‚positivistischer Weise‘ auf ihre Gegenstände bezieht, liefert sie immer nur eine partielle Rekonstruktion der verstreuten Herkunft, der heterogenen Entstehungskonstellationen und der konstitutiven Kontingenzen. Eine solche macht- und wissensgeschichtliche Historisierung hat deshalb „keine Angst, ein perspektivisches Wissen zu sein“⁷⁰. – Summa summarum, und damit sei bereits zum folgenden Kapitel übergeleitet, ist die „Wissensgeschichte kein in Stein gemeißeltes Konzept“⁷¹. Auf die konzeptuellen Fragen, Modifikationen und Erweiterungen, die sich aus einer solchen offenen Konzeption einer genealogischen Wissensgeschichte in der Auseinandersetzung mit dem Gegenstand (die ‚Entstehung der Zoöpolitik‘) ergeben, werde ich am Ende des nächsten Kapitels noch einmal zurückkommen. Im Folgenden, und damit wäre das weitere Programm meiner Untersuchung gekennzeichnet, gilt es, die Entstehung der Lebensmacht um 1800 als eine Verlebendigung der Macht zu rekonstruieren. Diese werde ich als eine Theorie der Zoöpolitik entwickeln. Die weitere machttechnologische Eskalationsgeschichte der Zoöpolitik lässt sich über die sogenannte ‚molekulare Revolution‘ in den 1940er Jahren (Kapitel 4) bis zur synthetischen Biologie jenseits der Schwelle des Millenniums (Kapitel 5) verfolgen.

70 Foucault: „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, S. 182.

71 Sarasin: „Was ist Wissensgeschichte?“, S. 172.

3 Die Entstehung der Zoöpolitik

Um 1800 – Die Verlebendigung der Macht

„Lebenmachen“ ist nicht ein Projekt, das erst mit der ‚molekularen Revolution‘ und mit der ingenieurtechnischen Biologie beginnt, sondern es führt zurück zu dem entscheidenden Moment einer *Verlebendigung der Macht* um 1800. Die Foucault’schen Analysen des Übergangs von der Souveränitätsmacht zur Lebensmacht, die den Staatskörper in seiner vitalbiologischen Dimension und seiner filigranen Verzweigung durchdringt und als neues, virtuelles Objekt einer Bevölkerung erfindet, erhalten mit dem Blick aus der neuen Gegenwart eine Reformulierung ihrer genealogischen Dynamik. Die Macht, die im Souverän noch eine sichtbare Repräsentation hatte, wird in der neuen Macht des disziplinierenden Staates allgegenwärtig und unsichtbar zugleich. Statt eines Sonnenkönigs geht es nun um die geheime Polizei, wie sie sich Hegel erträumt,¹ die den Staat und all seine Bürger:innen im Innersten zusammenhält, oder eben die Statistik, die alle Regungen und Verrichtungen im Staat registriert und zu dem sozialen Körper zusammensetzt.

Diese neue Macht stimuliert und aktiviert auf der Ebene der individuellen Körper, sie tötet nicht mehr, sondern macht lebendig. Auch die Bevölkerung wird als kollektiver Körper aktiv, sie wächst vor allem in unkontrollierter und exponentieller Weise. Thomas Robert Malthus *Essay on the Principle of Population* (1798) dokumentiert die ungeheure Dynamik eines Wachstums, das wegen des gleichzeitigen weit geringeren Anwachsens der Nahrungsmittelproduktion von Anfang an im Modus der Krise auftritt. Die dadurch notwendige „Effizienzsteigerung des Regierens“² verlangt neue Produktionsformen und produktive Subjekte. Die Macht manifestiert sich also in ihrer Lebendigkeit, eine Verlebendigung der Macht, die überall agiert und proliferiert.

Dieses Agens der aktivierenden Macht taucht umgekehrt im Innersten des Lebens auf, das dadurch zu einem essenziellen Prinzip wird. So erscheint bei Blumenbach die konstitutive Denkfigur einer dynamisierten Macht in Form des durchaus souveränen Prinzips einer verlebendigenden, das Material regierenden *Agency*, die sich im Begriff des Bildungstriebes konzentriert. Blumenbach schreibt im Jahr 1789, dass genau dieser „von andern Lebenskräften zu unterscheiden“ sei, denn er ist „die erste wichtigste Kraft zu aller Zeugung, Ernährung, und Reproduction“, den man „mit dem Namen des Bildungstriebes (nisus formativus) bezeichnen kann“. Leben ist nicht mehr das Resultat

1 Vgl. Hegel, Georg Friedrich Wilhelm: *Vorlesungen über Naturrecht und Staatswissenschaft* (1817/18), Hamburg: Meiner 1983, S. 163; Schäffner, Wolfgang und Joseph Vogl: „Polizey-Sachen“, in: Hinderer, Walter, Alexander von Bormann und Andrea Breth (Hrsg.): *Friedrich Schiller und der Weg in die Moderne*, Würzburg: Königshausen & Neumann 2006, S. 47–65.

2 Vgl. Joseph, *Kalkül und Leidenschaft. Poetik des ökonomischen Menschen*, Zürich: Diaphanes 2002, S. 288.

einer Urzeugung oder einer präfigurierten Form und Ordnung (S. 67), sondern erscheint als materialistischer Prozess seiner permanenten Selbsthervorbringung, Selbsterhaltung und Selbstüberschreitung, wenn der Bildungstrieb als „lebenslang tätiger Trieb rege wird“³. Das Leben wird zu einer neuen Macht, wie umgekehrt die Macht verlebendigt. Daraus resultiert die eigentümliche Koinzidenz der parallelen ‚Geburten‘ von Biologie und Biopolitik.

Diese Verbindung von Biologie und Biopolitik im Zeichen einer ‚vollständigen Durchsetzung des Lebens‘ verliert mithin nichts an ihrer Brisanz, vielmehr eskaliert sie in den zwei weiteren Stufen der ‚molekularen Revolution‘ und der ingenieurtechnischen Herstellung des Lebens durch die synthetische Biologie im Anthropozän. Deshalb erstaunt es nicht, wenn die alten Elemente der Souveränität und der Verlebendigung der Macht wiederkehren. So spricht Erwin Schrödinger in 1943 von der Macht des genetischen Codes, die im Inneren des Lebens wirkt (‚regierende Atome‘). Eine weitere Eskalationsstufe in der Geschichte des ‚Lebenmachens‘ zeigt sich gegenwärtig in der Entwicklung um CRISPR, wenn man die Strategien der Züchtigung und Disziplinierung auf das Genom und nun sogar auf die menschliche Keimbahn anwendet (S. 201 ff.).

Biopolitik galt bisher als heterogenes und heterodoxes Begriffsfeld, auf dem sich Politik mit Leben, Gesundheit und Körpern in bioethischen, ökologischen, gesundheits-, migrations- und demografiepolitischen Debatten auseinandersetzt. In den Kontroversen um die neusten medizinischen und biotechnischen ‚Innovationen‘ ist der Biopolitikbegriff umkämpft. Im gängigen Spektrum linker wie rechter Realpolitik wird er gleichermaßen für sich beansprucht. Im Zuge dieser zumeist ahistorischen Gebrauchsweisen bestätigt sich ein kritischer Befund von Jacques Rancière – nach dem der Begriff der Biopolitik gegenwärtig eine Art Super-Signifikant darstellt, der aufgrund seiner Weitschweifigkeit gleichzeitig alles adressiert, und doch nichts Konkretes zu problematisieren vermag.⁴ In den Quarantänetagen der globalen Covid-19-Pandemie wurde der Biopolitikbegriff, so kritisiert Philipp Sarasin zurecht, schlagartig zum „Stichwort der Stunde, in dessen grellem Licht sich die Wahrheit des Regierens in Zeiten der Pandemie enthüllt“⁵.

3 Blumenbach, Johann Friedrich: *Über den Bildungstrieb*, Göttingen: Dietrich 1789, S. 24 f; ders.: „Über den Bildungstrieb (Nisus formativus) und seinen Einfluß auf die Generation und Reproduction“, in: Georg Christoph Lichtenberg und Georg Forster (Hrsg.) *Göttingisches Magazin der Wissenschaften und Litteratur* 1/5, Göttingen 1780, S. 247–266.

4 Vgl. Rancière, Jacques: „Biopolitik oder Politik?“, in: Muhle, Maria und Kathrin Thiele (Hrsg.): *Biopolitische Konstellationen*, Berlin: August Verlag 2011, S. 227 f.

5 Sarasin, Philipp: „Mit Foucault die Pandemie verstehen?“, *Geschichte der Gegenwart*, 25.03.2020, <https://geschichtedergegenwart.ch/mit-foucault-die-pandemie-verstehen/> (zugegriffen am 03.03.2023); vgl. auch Žižek, Slavoj: „Der Mensch wird nicht mehr derselbe gewesen sein: Das ist die Lektion, die das Coronavirus für uns bereithält“, *Neue Zürcher Zeitung*, 13.03.2020, <https://www.nzz.ch/feuilleton/coronavirus-der-mensch-wird-nie-mehr-derselbe-gewesen-sein-ld.1546253> (zugegriffen am 03.03.2023).

Mit der sonst üblichen Projektion von Elementen der Biopolitik der Moderne in die Gegenwart, verliert der Biopolitikbegriff jedoch seine Schlagkraft und wird beliebig. Erst mit dem Begriff der Zoöpolitik wird eine neue Genealogie deutlich, welche die Brisanz der Gegenwart mit den Konstellationen im 19. und 20. Jahrhundert zusammenschließt: als eine Verlebendigung der Macht um 1800, die zur molekularepistemischen Macht des genetischen Codes wird und heute unter dem Anspruch auf eine ‚biological mastery‘ in der synthetischen Biologie eskaliert – als eine Macht, die im Sinne Jennifer Doudnas die fundamentalen Prozesse des Lebenden beherrscht und damit auf das ganze planetarische Leben auszugreifen beginnt: „[We] have succeeded in bringing this primordial process fully under human control. [...] scientists can now manipulate and rationally modify the genetic code that defines every species on the planet, including our own.“⁶

Im Folgenden wird es darum gehen, jene historische Konstellation der „Naissance de la biopolitique“⁷ als eine Verlebendigung der Macht in ihren konstitutiven Elementen zu skizzieren und zu diskutieren. Dies soll zuerst im Hinblick auf die historische Emergenz und die etwaigen Möglichkeitsbedingungen einer Politik des ‚Lebenmachens‘ geschehen, um sich von dort aus den Strategien und Verfahren von Souveränitätsmacht, Disziplinarmacht und Biopolitik zuzuwenden. Ausgehend von Michel Foucault und weiterführenden Analysen⁸ lässt sich die tiefgreifende Transformation im Feld der Mächte um 1800 und die damit verbundene Emergenz der Biopolitik als die Regulierung des Lebens der Bevölkerung rekonstruieren. Argumentationsgrundlage hierfür bildet die Verortung der Steigerung von menschlicher Vitalität und der kontrollierten Herstellung von Leben im Rahmen staatlicher Managementprogramme als

6 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. xiii.

7 Foucault, Michel: *Die Geburt der Biopolitik. Geschichte der Gouvernementalität II*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2004.

8 Vgl. Schäffner, Wolfgang: „Nicht-Wissen um 1800. Buchführung und Statistik“, in: Vogl, Joseph (Hrsg.): *Poetologien des Wissens um 1800*, München: Fink 1999; Esposito, Roberto: *Bios. Biopolitics and Philosophy*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2008; Immunitas: Schutz und Negation des Lebens, Berlin: Diaphanes 2004; Nancy, Jean-Luc: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, Berlin: Diaphanes 2003; Vogl, Joseph: *Kalkül und Leidenschaft. Poetik des ökonomischen Menschen*, Zürich: Diaphanes 2002; „Poetik des ökonomischen Menschen“, *Zeitschrift für Germanistik* 17/3 (2007), S. 547–560; „Staatsbegehren. Zur Epoche der Policey“, *Deutsche Vierteljahrsschrift für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte* 74/4 (12.2000), S. 600–626; Vogl, Joseph: „Regierung und Regelkreis. Historisches Vorspiel“, in: Pias, Klaus (Hrsg.): *The Macy-Conferences 1946–1953*, Band 2, Berlin: Diaphanes 2004, S. 67–80; Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik: Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014; Lemke, Thomas: *Biopolitics. An Advanced Introduction*, New York: New York University Press 2011; ebd.: *Biopolitik zur Einführung*, Hamburg: Junius 2011; ebd.: *Die Natur in der Soziologie. Gesellschaftliche Voraussetzungen und Folgen biotechnologischen Wissens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2013; ebd.: „Eine Analytik der Biopolitik. Überlegungen zu Geschichte und Gegenwart eines umstrittenen Begriffs“, *Behemoth. A Journal on Civilisation* 1/1 (01.2008), S. 72–89; Bublitz, Hannelore: *Das Archiv des Körpers*; Muhle, Maria: *Eine Genealogie der Biopolitik. Zum Begriff des Lebens bei Foucault und Canguilhem*, Paderborn: Wilhelm Fink 2013.

Kontrollmechanismen des Bevölkerungskörpers. Die Bevölkerung ist jedoch kein prä-etablierter Körper, sondern ein virtuelles Objekt, das permanent mit den Mitteln der Statistik erzeugt werden muss. Im Hinblick auf eine Technizität der Steigerung und die Denkfigur des ‚Machens‘ wird es am Ende des Kapitels darum gehen, anhand einer aktualisierten Diskussion des Lebensbegriffs eine bisher übersehene historische Dimension des Biopolitik-Theorems kenntlich zu machen. Denn in der ‚Geburt der Biopolitik‘ lässt sich gleichsam eine noch tiefgreifendere machthistorische Transformation und Ereignishaftigkeit erkennen, die sowohl über die Moderne als auch über die Ordnungsfigur des menschlichen Lebens hinausreicht. Es handelt sich dabei um die Zoëpolitik, die das (selbsttätige) Lebendende als (steigerungsfähige) Technologie begreift. Der hier eingeführte Begriff der Zoëpolitik bietet die Möglichkeit einer kritisch-genealogischen Perspektivierung der ‚molekularen Revolution‘ (Kapitel 4) und der zeitgenössischen synthetischen Biologie (Kapitel 5) als jeweils eigenständige Paradigmen der ‚vollständigen Durchsetzung des Lebens‘, die sich gegenwärtig immer deutlicher als ein ‚Wille zum Design‘ zu erkennen geben.

Nach der Jupiterischen Geschichte – Kontrolle „lebender Tableaus“

Der Souverän steht abseits dieser Abhängigkeit und dieses unaufhörlichen Austauschs der Mittel und Zwecke. Er ist weder Mittel noch Zweck. Er gehört einer anderen Ordnung zu: jener Ordnung, die die gesamte Horizontalität, ihre Dichte und ihre Geflechte an eine senkrechte Vertikalität bindet. Die Souveränität überragt nicht nur: sie ist transversal.⁹

Jean-Luc Nancy

In sozial-, geistes- und kulturwissenschaftlichen Debatten erscheint der Terminus der Biopolitik vielerorts mit dem historiografischen Begriff des Paradigmas verbunden: Die Rede von dem *Paradigma der Biopolitik* findet sich in einschlägigen zeitgenössischen Diskussionen, die zumeist auf Michel Foucaults machttheoretischen Analysen der 1970er Jahre rekurrieren.¹⁰ Darin bezeichnet der Biopolitikbegriff eine spezifische, für die europäische Moderne typische Form des Machtwissens, also eine neue geschichtliche Konstellation um 1800, dessen Spezifikum Foucault in der paradigmatischen Formel des *faire vivre* (Leben machen) zu indizieren versucht. In historischer Hinsicht erscheint diese neue Macht über das Leben, in den Worten Petra Gehring, „[a]ls epochenspezifische Form der Ordnung der Wirklichkeit, des Einsatzes von Wissen [zum Zwecke] der Menschenregierung [in] Europa und Nordamerika“¹¹.

⁹ Nancy: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, S. 124 f.

¹⁰ Im Jahre 1976 lancierte Michel Foucault den Begriff der Biopolitik im Rahmen seiner Vorlesung am Collège de France, die in Buchform erschien: Foucault: *Der Wille zum Wissen*.

¹¹ Gehring, Petra: *Was ist Biomacht? Vom zweifelhaften Mehrwert des Lebens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2006, S. 11.

Den „modernen Lebens-Macht-Technologien“¹² geht bis zum Ausgang des klassischen Zeitalters ein Paradigma der Todes-Macht-Mechanismen voraus. Bevor das biologische Leben als ein zentraler und epochenmachender Faktor der biopolitischen, europäischen Moderne¹³ wirksam wird, stand die Geschichte des Machtwissens im Zeichen des von Foucault umrissenen Souveränitätsparadigmas, wie er ausführlich am Beispiel Frankreichs darlegte. Im Zentrum dieser theoretisch-historischen Konzeption liegt das antagonistische Verhältnis von Tod und Leben: Zeichnet sich die Souveränitätsmacht durch einen konstitutiven Bezug zum Tod und Töten-Können aus, so ereignet sich mit der ‚Geburt der Biopolitik‘ eine Umkehrung dieser Beziehung: Die Macht bezieht sich in einem positiv-affirmierenden Modus auf das Leben, das es nun zu kontrollieren und letztlich hervorzubringen gilt. Trotz dieser transformierenden Diskontinuität lösen die drei Machttypen der Souveränität, der Disziplin und der Biopolitik einander nicht einfach ab. Vielmehr sind sie von einem reziproken Verhältnis geprägt, in dem die Souveränität und die Disziplin gleichermaßen zur Steigerung und Herstellung des Lebenden in Dienst genommen werden. Um derlei Einblick in das Funktionieren der „Blackbox der Biopolitik“¹⁴ werfen zu können, werde ich mich zunächst demjenigen Paradigma zuwenden, das vor der Schwelle zum 19. Jahrhundert liegt, und damit der Regierung des Lebendigen in machthistorischer Hinsicht vorrausgeht. In dessen Zentrum steht die Figur des Souveräns.

Es lässt sich von einer grundsätzlichen Beobachtung ausgehen, nach der „die Historie in unserer Gesellschaft lange eine Geschichte der Souveränität gewesen ist, eine Geschichte, die sich in der Dimension und Funktion der Souveränität entfaltet: eine ‚jupiterische‘ Geschichte also“¹⁵. In seinen Untersuchungen zur Typologie verschiedener Machtformen lässt Foucault die Figur des Jupiters, den Himmelsvater der römischen Götter auftreten. Jupiter gilt ihm gewissermaßen als höchste Figuration und als unüberwindbarer Prototyp der Souveränitätsmacht, „wie sie in der römischen Zivilisa-

12 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 181.

13 In den folgenden Kapiteln werde ich mich zunächst auf die europäische Moderne konzentrieren. Für eine erweiterte Perspektive: Mbembe, Achille: „Nekropolitik“, in: Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik. Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 228–275. Nach dem kamerunischen Politikwissenschaftler Achille Mbembe entsteht mit der modernen Biopolitik in Europa und Nordamerika eine Form der kolonialen Nekropolitik, die auf „die verallgemeinerte Instrumentalisierung der menschlichen Existenz und die materielle Zerstörung menschlicher Körper und Bevölkerungen“ zielt (ebd., S. 228). Mbembe erweitert damit Foucaults Fragestellung und beleuchtet die Geschichte der europäischen Kolonien sowie die Geschichte des transatlantischen Sklavenhandels als ein Komplement in der Etablierung moderner Rechtsstaatlichkeit. Die Kolonien können „als eines der ersten Beispiele biopolitischen Experimentierens gelten. In vielerlei Hinsicht offenbart allein schon die Struktur des Plantagensystems und seiner Nachwirkungen die emblematische und paradoxe Figur des Ausnahmezustandes“ (ebd., S. 241). Für eine weitere, außereuropäische Erörterung der Foucault’schen Fragestellung: Langlitz, Nicolas: „Is there an Asian Biopolitics?“, *BioSocieties* 6/4 (12.2011), S. 487–500.

14 Esposito, Roberto: *Immunitas: Schutz und Negation des Lebens*, Berlin: Diaphanes 2004, S. 190.

15 Foucault, Michel: *In Verteidigung der Gesellschaft*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2001, S. 80.

tion und in den Gesellschaften des Mittelalters praktiziert“ wurde.¹⁶ Als *Jupiter Fulgur*, bewaffnet mit Blitzen, oder als donnernder *Jupiter Tonans* bindet, blendet, zwingt und unterjocht der Göttervater seine Untertanen.¹⁷ Sein Götterzwang fordert „Verpflichtung, Schwur, Engagement und Gesetz“¹⁸ aufseiten der Unterworfenen. Ins Theoretische gewendet, ist der souveräne Machttypus ein „Diskurs der Prachtentfaltung, dank der die Macht fasziniert, terrorisiert, immobilisiert“. Somit „bindet und versteinert“¹⁹ die Souveränitätsmacht.

Jenes souveräne Schreckensbild vom Götterzwang der jupiterischen Macht spiegelt sich in der Figur des irdischen Souveräns (als eine Art sterblicher Gott, jedoch mit himmlischer Legitimation vonseiten der politischen Theologie): Je nach historisch-territorialer Konstellation in der Gestalt des Königs oder des Fürsten, versetzte sein immediates Recht zu strafen (und wenn ‚nötig‘ zu töten) seine Untertanen in untertänigste Ergebenheit und erstarrten Schrecken. Entsetzlich und von martialischer Grausamkeit sind die Szenen und Inszenierungen öffentlicher Bestrafung in Paris, wie im Falle des Robert-François Damiens, der nach einem fehlgeschlagenen Attentat auf Louis XV. wegen versuchten Königsmord 1757 zum Tode verurteilt wurde. Es kam zu unerhörten Tötungsszenen – in diesem Fall die Vierteilung des Verurteilten mit anschließender Verbrennung seiner zerrissenen Leibesteile am helllichten Tage. In seiner grellen und entsetzenden Sichtbarkeit war die Tötung ein allzu gängiges Schauspiel, das den Untertanen des Souveräns als Spektakel und Warnung im Namen der französischen Krone gezeigt wurde: „Im ‚Übermaß‘ der Martern ist eine ganze Ökonomie der Macht investiert.“²⁰

Das letzte Kapitel von Michel Foucaults *Der Wille zum Wissen* ist mit den Worten „Recht über den Tod und Macht zum Leben“²¹ überschrieben. Dort werden die Begriffe Leben und Tod zum analytischen Rahmen von Macht, in dem sich eine erste theoretische Bestimmung von Biopolitik erkennen lässt. Die Kontrastfolie, von der sich Disziplin und Biopolitik abheben sollen, ist die souveräne Macht – angedeutet durch ebenjene Wendung *Recht über den Tod*. Im Register der Machttypen lassen sich die obigen Szenen der Souveränitätsmacht zuordnen, die unter der Chiffre von „Leben lassen und in den Tod stoßen“ firmiert. Der Macht souveränen Typs eignet ein „Zugriffsrecht auf die Dinge, die Zeiten, die Körper und schließlich das Leben; sie gipfelte in dem Vorrecht, sich des Lebens zu bemächtigen, um es auszulöschen“²².

Foucault benennt – neben Jupiter und Louis XV – eine weitere Figuration, in der die souveräne Macht im Bereich des antiken Rechtsdiskurses Gestalt annimmt: Er ver-

16 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, 2001, S. 79.

17 Vgl. ebd.

18 Ebd., S. 80.

19 Ebd.

20 Ebd.: *Überwachen und Strafen. Die Geburt des Gefängnisses*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1991, S. 47.

21 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 159.

22 Ebd., S. 162.

weist auf die souveränen ‚Privilegien‘ des altrömischen Familienvaters. Dieser hatte das Recht – namentlich das *patria potestas* – über Tod und Leben sowohl seiner Kinder als auch seiner Sklaven zu verfügen. Der Status des Souveräns nimmt Ausgang vom lateinischen Vokabular *superanus*, was so viel bedeutet, wie ‚über allen stehend‘. So erreicht der Vater-Souverän das höchste Ausmaß seiner Macht im juristisch zugesicherten Töten-Können seiner Untergebenen. Weil er Kindern und Sklaven das Leben gab und gewährt, ist er auch imstande, ihnen das Leben zu nehmen. Die Souveränitätsmacht handelt also willkürlich: Sie verfügt über das Leben der anderen, „ohne in seiner Entscheidung an irgendwelche Bedingungen geknüpft zu sein: Es ist das Recht zu töten, um zu töten“²³.

Diese ungehemmte Zugriffsweise der Souveränitätsmacht schwächte sich zunächst ab und bildete im Kontext des europäischen Adels oder der Aristokratie zunehmend die Ausnahme. Der Souverän kann in dieser eingeschränkten Form beispielsweise bei drohendem Angriff seines Lebens oder seines Territoriums durch äußere Feinde das Leben seiner Untertanen aufs Spiel setzen. Das Zugriffsrecht ist dergestalt „bedingt durch die Verteidigung des Souveräns und seines Überlebens“²⁴. Doch auch in seiner abgemilderten Form bleibt der konstitutive Kern der souveränen Macht derselbe: „Das sogenannte Recht ‚über Leben und Tod‘ ist in Wirklichkeit das Recht, sterben zu *machen* und leben zu *lassen*.“²⁵

In der strategischen Ermangelung jedweder Spontanität und Komplexität zielt souveräne Macht auf die Reproduktion einer starren Dualordnung von Beherrscher und Beherrschten, von Privileg und Gehorsam, von Drohung und Erstarrung, von Aktivität und Stillstellung. Dieser Typus der Macht steht insofern im Zeichen einer Passivierung der Subjekte, deren Status durch Recht und politische Theologie festgeschrieben wird. Eine solche Souveränitätsmacht ist deshalb „arm an Ressourcen, haushälterisch in ihrem Vorgehen, monoton in ihren Taktiken, unfähig zur Erfindung und gleichsam gezwungen, sich beständig zu wiederholen“. Foucault führt weiter aus:

Sodann wäre es eine Macht, deren Mächtigkeit sich darin erschöpfte, nein zu sagen, außerstande etwas zu produzieren, nur fähig Grenzen zu ziehen, wesenhaft Anti-Energie; ihre Wirksamkeit bestünde in dem Paradox, daß sie nichts vermag als dafür zu sorgen, daß die von ihr Unterworfenen nichts vermögen, außer dem, was die Macht sie tun läßt. Endlich handelt es sich um eine Macht, deren Modell wesentlich juristisch ist, einzig und allein auf die Verkündung des Gesetzes und das Funktionieren des Verbotes ausgerichtet.²⁶

So gesehen ist der juristische und gewaltförmige Zugriff auf das Leben nicht unmittelbar; der Zugriff ist immer über den Tod – als das *Negativum* des Lebens – vermittelt. Der Souverän „offenbart seine Macht über das Leben nur durch den Tod, den er zu verlan-

²³ Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 23.

²⁴ Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 161.

²⁵ Ebd., S. 162.

²⁶ Ebd., S. 106.

gen im Stande ist“²⁷. In theoretischer Hinsicht kennzeichnet das Paradigma souveräner Macht zudem ein zeitliches Moment. Das repressive Drohen mit dem Tode und das juristisch fixierte Töten-Können dienen dem Erhalt einer starren, überzeitlichen Weltordnung, die um den Körper des Souveräns kreist: Seine Existenz gilt es zu schützen, weil alle Körper nur in Abhängigkeit des einen privilegierten Körpers des Souveräns existieren. Die souveräne Macht zeichnet *keine* Verantwortung für das Leben der Untertanen. Souveräne Macht ist folglich Verfügungsmacht.

Gesellschaften und Kollektive, die sich nach der Ordnung souveräner Macht formieren, sind gleichsam geprägt von der Abschöpfung regenerativer Kräfte, Ausbeutung der Arbeitskraft, kriegerischen Aneignung fremder Territorien, gewaltsamen Entzug von Eigentum und drakonischer Strafe bei Ungehorsam. Die souveräne „Macht war vor allem Zugriffsrecht auf die Dinge, die Zeiten, die Körper und schließlich das Leben; sie gipfelte in dem Vorrecht, sich des Lebens zu bemächtigen, um es auszulöschen“²⁸. Der Souverän selbst vermag zwar sterben zu *machen*, jedoch kann er nicht das Leben seiner Untertanen ‚anordnen‘. Falls er sie nicht tötet, so kann er ihnen das Leben nur *lassen*. Die Souveränitätsmacht hat es insofern primär mit Rechtssubjekten zu tun, die jedoch als Untertanen keine wirklichen Rechte haben; allenfalls wird ihnen das Leben gewährt. Damit wäre nochmals die statische, erfindungsarme und ‚anti-energetische‘ Dimension dieser Macht bezeichnet: Dem Souverän entgeht somit die vitale und biologische Dimension der unterworfenen Subjekte. Auch in epistemischer Hinsicht liegt das Leben *als* ein Lebendiges außerhalb des Sicht- und Sagbaren der souveränen Ordnung. Denn die ‚Geburt der Biologie‘ als eine Disziplin *sui generis* hatte sich noch nicht ereignet.

Doch an der Schwelle zum 19. Jahrhundert gerät die eherne Macht der Souveränität unter Druck. Im Falle Frankreichs ist es das rasant ansteigende Bevölkerungswachstum auf einem nun mehr kaum zu überblickenden, nationalstaatlichen Territorium, das die starren Mechanismen der souveränen Macht in maßgeblicher Weise überfordern sollte. Doch in dem Moment einer „Krise der Souveränität“²⁹, so bezeichnet es Roberto Esposito, gelingt es der Macht, sich gewissermaßen ‚neu zu erfinden‘; es ereignet sich eine Inversion der Todes-Macht-Mechanismus hin zur ‚Leben-Macht-Technologie‘. Die tiefgreifende Wandlung besteht darin, dass der Tod „als symbolischer Machtmechanismus disqualifiziert [wird] und die Macht die Verwaltung des Lebens [übernimmt]“³⁰. Im Paradigma der Souveränitätsmacht gab „es nur Untertanen, nur Rechtssubjekte“, im postsouveränen Paradigma hingegen „gibt es Körper und Bevölkerungen“³¹, die nun zu den epochenmachenden Kategorien des Machtwissens und ihrer Technologien aufsteigen. – Auf den *état d’urgence* des jupiterischen Paradigmas antwortet die Macht mit der

27 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 161.

28 Ebd.

29 Esposito: *Immunitas*, S. 189.

30 Muhle, Maria und Katrin Thiele: „Konstellationen zwischen Politik und Leben“, in: Muhle, Maria und Kathrin Thiele (Hrsg.): *Biopolitische Konstellationen*, Berlin: August Verlag 2011, S. 11.

31 Foucault, Michel: *Botschaften der Macht*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1999, S. 125.

vitalisation d'eux-mêmes. Diese enigmatische Verlebendigung wird zuerst durch die Disziplinarmacht vorbereitet, um dann als *Biopolitik der Bevölkerung* ein gänzlich neues Paradigma zu begründen: Die Produktion des Lebens, statt Reproduktion einer jupiterischen Ordnung, die allein an patriarchalen Prinzipien der Herrschaft ausgerichtet ist.

In Abgrenzung zum Souveränitätsparadigma postuliert Michel Foucault zu Ende des 18. Jahrhunderts, also mit dem Ausgang des klassischen Zeitalters, eine „tiefgreifende Transformation“. Zwei neue Machttypen setzen sich als Gegenlogik zur Abschöpfung und Todesmacht ins Werk und begründen das Paradigma der Biopolitik. Die todesnahe Ausbeutung wird nun schrittweise überlagert von dynamisierenden Techniken der „Anreizung, Verstärkung, Kontrolle, Überwachung, Steigerung und Organisation“³² der menschlichen Körper und des Lebendigen. Mit dem Begriff der Biomacht³³ unterscheidet Michel Foucault zwei Machtmechanismen: Diese kennzeichnet er als „Disziplinen: als politische Anatomie des menschlichen Körpers“ und als „regulierende Biopolitik der Bevölkerung“³⁴. Der Pol der Disziplinen wirkt individualisierend. Ihr Gegenstand ist die Überwachung und Kontrolle des einzelnen menschlichen Subjektes, indem sie die einzelnen Körper als zu dressierende, gedrillte, unmittelbar gehorchende Maschinen behandelt. Die Disziplinen versammeln die einzelnen Körper in eigens dafür eingerichteten Überwachungsräumen und Produktionsstätten, in der die Subjekte gleich trivialen, Befehle ausführenden Maschinen als Teil einer größeren Maschinerie ins Werk gesetzt werden. „In der hierarchisierten Überwachung der Disziplinen ist die Macht keine Sache, die man innehat, kein Eigentum, das man überträgt; sondern eine Maschinerie, die funktioniert.“³⁵ – Der Pol der Biopolitik der Bevölkerung wirkt hingegen ‚kollektivierend‘. Die Macht zielt also weniger auf die Vereinzelung der Körper. Sie bildet vielmehr eine Aggregation von Einzelkörpern, die zum sogenannten „Gattungs-Menschen“³⁶ zusammengeschlossen werden. Dieser konstituiert sich in epistemologischer und medientechnischer Hinsicht mittels diverser Vitalitätsmarker, etwa die durchschnittliche Sterblichkeits- und Geburtenrate, die Langlebigkeit, die Krankenzustände etc. Die globale Verfasstheit werde ich dann im Anschluss an dieses Kapitel genauer betrachten. Zunächst möchte ich mich den historischen Implikationen und technischen Details der Disziplinarmacht widmen.

32 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 163.

33 Zum Verhältnis der Begriffe Biopolitik und Biomacht, die Foucault nicht präzise voneinander trennt und mitunter synonym verwendet: Hier sei folgende Unterscheidung vorgeschlagen: Biopolitik bezeichnet die eingreifenden Maßnahmen und regulierenden staatlichen Kontrollen, während die ‚Bio-Macht‘ sich im Grunde auf beide Pole, wie Foucault sie nennt, die ‚Disziplinen des Körpers‘ und die ‚Regulierung der Bevölkerungen‘ bezieht. Die Biomacht zielt also auf die „kontrollierte Einschaltung der Körper in die Produktionsapparate“ (ebd., S. 168); die Biopolitik bezeichnet hingegen, „den Eintritt des Lebens und seiner Mechanismen in den Bereich der bewußten Kalküle“ (ebd., S. 170).

34 Ebd., S. 166.

35 Ebd.: *Überwachen und Strafen*, S. 228 f.

36 Ebd.: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 286.

Ende des 18. Jahrhunderts, noch vor dem Aufkommen der regulierenden Bevölkerungspolitik, beginnt das Wirken der Disziplinierung des Körpers. Nicht der juristische Status des untergebenen Subjektes ist hier ausschlaggebend, vielmehr „produziert [die Disziplinarmacht] zuallererst die Individuen, die ihr unterworfen sind“³⁷. Ihr Ziel ist es, die einzelnen Körper zu dressieren, sie gelehrig zu machen und ihre Kräfte in „ökonomische Kontrollsysteme“³⁸ einzuspeisen. „Die erste große Operation der Disziplin ist also die Einrichtung von ‚lebenden Tableaus‘, die aus unübersichtlichen, unnützen und gefährlichen Mengen geordnete Vielheiten machen.“³⁹ In Überwachungsnetzen der Disziplinarmacht werden die Aktivitäten der Körper gerichtet, gebündelt und auf Produktionszwecke hin dynamisiert.

Die Disziplinierung etabliert spezifische räumlich-institutionelle Ordnungen des Körpers, die Gilles Deleuze als die „großen Einschließungs-Milieus“⁴⁰ bezeichnet. Mit dem Aufkommen von „Schulen, Internaten, Kasernen, Fabriken“⁴¹ entstehen konstruierte Disziplinarräume zur „Anreizung, Verstärkung, Kontrolle, Überwachung, Steigerung und Organisation der unterworfenen Kräfte“⁴² der Individuen. Während es die souveräne Macht zumeist mit einem Territorium zu tun hat, auf dem in immer gleicher Weise geherrscht und gehorcht, gelebt und gestorben wird, so ähnelt die räumliche Ordnung der Disziplin hingegen einem künstlich angelegten Überwachungsraum, in dem Körper wie Maschinen behandelt, angeordnet und regiert werden.⁴³ So heißt es bei Foucault:

Die Disziplin ist im Grunde der Machtmechanismus, durch den es uns gelingt, im sozialen Körper auch die winzigsten Elemente zu kontrollieren, durch die es uns gelingt, auch die sozialen Atome selbst zu erreichen, das heißt die Individuen: Individualisierungstechniken der Macht. Wie jemanden überwachen, sein Verhalten kontrollieren, sein Betragen, seine Anlagen, wie seine Leistung steigern, seine Fähigkeiten vervielfachen, ihn dorthin stellen, wo er nützlicher ist.⁴⁴

Die Disziplinierung der individuellen Körper und die Biopolitik bilden im 19. Jahrhundert keine Gegensätze. Vielmehr durchkreuzen, überlagern und ergänzen sie sich. Im Laufe der Zeit macht sich die Biopolitik der Bevölkerung die Disziplinen zu eigen,

37 Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 153.

38 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 166.

39 Ebd.: *Überwachen und Strafen*, S. 190.

40 Deleuze, Gilles: *Unterhandlungen. 1972–1990*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1993, S. 254.

41 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 166.

42 Ebd., S. 163.

43 Wie Foucault in seinem berühmten Panoptikum-Beispiel zeigt: die Raumordnung der Disziplinarmacht ist so angelegt, dass sich der Einzelne permanent beobachtet fühlt, und daran seine Subjektivität ausrichtet, indem die Fremdbeobachtung ein zentrales Merkmal seines Selbstverhältnisses wird. Dabei ist es egal, ob das einzelne Subjekt wirklich permanent überwacht wird, ob ein Beobachter wirklich immer anwesend ist. Vgl. Foucault: *Überwachen und Strafen*, S. 251–294.

44 Ebd.: *Botschaften der Macht*, S. 182.

indem sie „die Disziplinen nicht ausschließt, sondern sie umfaßt, integriert, teilweise modifiziert und vor allem benutzt“.⁴⁵

„Die Macht ist materialistisch geworden.“ So lautet die tiefgreifende Diagnose Foucaults, denn „[s]ie hört auf, wesentlich juristisch zu sein. Sie muß mit jenen realen Dingen umgehen, die der Körper, das Leben, sind“⁴⁶. Diese materialistische Hinwendung des Machtwissens zum lebendigen Körper hat Catherine Malabou mit dem Theorem der *zwei Körper des Königs* – dem hinfalligen, sterblichen individuellen Körper und dem politischen, unsterblichen und allgegenwärtigen Körper – von Ernst Kantorowicz in Verbindung gebracht und die Auswirkungen von Disziplin und Biopolitik auf dieses Konzept untersucht.⁴⁷ Malabou erkennt in der besagter Dichotomie die Trennung von Realem und Symbolischem, die allerdings den überzeitlichen, allmächtigen symbolischen Körper einen klaren Vorrang verleiht und gleichsam den realen Körper als ein reines Vehikel herabsetzt. Die Proliferation der Disziplinen und das Aufkommen der Lebensmacht brechen jedoch ihr zufolge mit dieser Asymmetrie. Weil die postsouveränen Mächte sich seit 1800 vorrangig auf die sterblichen, aber lebendigen Körper konzentrieren, kommt es demnach zu einer folgenreichen Inversion: Das Metaphysische verschwindet gewissermaßen aus dem Feld der Mächte und wird in postsouveränen Konstellationen schlichtweg obsolet.⁴⁸

Ausgehend von Malabous Argument der Dispersion der Metaphysik⁴⁹ und im Hinblick auf den Lebensbegriff der Biopolitik möchte ich eine erweiterte Denkbewegung vorschlagen, die auf die Formel des ‚Lebenmachens‘ zielt: Denn bei genauem Hinsehen verschwindet das Metaphysische nicht einfach, sondern wird gewissermaßen ins biologische Material selbst verlegt. In dieser Immanenz wirkt es als eine neue historische Dialektik ‚wiedergeboren‘, in der sich der ‚Wille zur kalkulierten Vitalitätssteigerung‘ durch die Macht und die ‚innere Dynamik der lebendigen Körper‘⁵⁰ reziprok aufeinander beziehen. Die Möglichkeitsbedingung der Lebensmacht speist sich nun nicht mehr aus einem Bezirk metaphysischer-theologischer Symbolik, sondern aus dem, was ihr in der real-materiellen Körperlichkeit *als* Lebendiges erscheint. Die starre Ordnung der politischen Theologie weicht einer sich stetig dynamisierenden ‚Lebens-Macht-Technologie‘.

Joseph Vogl zufolge liegt in der Konzentration auf das (menschliche) Leben und seine Materialität die Möglichkeitsbedingung einer unerhörten „Effizienzsteigerung

45 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 279.

46 Ebd: *Botschaften der Macht*, S. 125.

47 Vgl. Kantorowicz, Ernst: *Die zwei Körper des Königs. Eine Studie zur politischen Theologie des Mittelalters*, München: Deutscher Taschenbuch-Verlag 1990.

48 Vgl. Malabou, Catherine: „Introduction to Biopolitics and Biopower“, 15.12.2012, <https://www.youtube.com/watch?v=vCm3UCIXkgE&t=867s> (zugegriffen am 03.03.2023).

49 Unter einem anderen Aspekt siehe Bublitz: *Das Archiv des Körpers*, S. 58–61.

50 Vgl. Thüring, Hubert: *Das neue Leben. Studien zu Literatur und Biopolitik 1750–1938*, München: Wilhelm Fink 2012.

des Regierens“, indem die Macht „Gesellschaftsmaschinen als Wunschmaschinen zu begreifen“⁵¹ lernt. Die Macht hört auf, sich nur als Abbild einer höheren Ordnung zu reflektieren und lernt schrittweise, sich als Technologie zu affirmieren, indem sie das Leben zuerst diszipliniert und dann gewissermaßen aufsaugt, durchdringt und imitiert, mit dem *désir fantasmatique* es gezielt hervorbringen: *faire vivre*.

Mit der Ordnungsfigur der Vitalitätssteigerung und der Lebensherstellung mittels Bevölkerungskörper werde ich mich im folgenden Abschnitt auseinandersetzen. Im letzten Abschnitt des Kapitels werde ich dann zunächst meine kritische Lesart des Biopolitikbegriffs vorstellen, um schließlich meine Theorie der Zoëpolitik einzuführen. Mit dem Verweis auf den antiken Lebensbegriff der *Zoë* lässt sich eine machttechnologische Rückseite der Foucault'schen Theoreme in den Blick nehmen. Dort zeigt sich ein Begehren nach durchdringender Kontrolle und gänzlicher Beherrschung des Lebenden, das über die Konstellationen der Moderne hinausgeht. Ich werde darlegen, dass Zoëpolitik zunächst darauf zielt, das physische Leben – auch jenseits des Menschen – durch materielle und symbolische Operationen (an-)steuern zu können, um die Prozesse seines selbsttätigen Werdens unter Kontrolle zu bringen. In der Denkfigur des ‚Lebenmachens‘ zeigt sich der initiale Traum der Zoëpolitik, der sich anschließend in der ‚molekularen Revolution‘ in der Mitte des 20. Jahrhunderts (Kapitel 4) und heute in der synthetischen Biologie (Kapitel 5) zu erkennen gibt.

Produktion und „Realität der Bevölkerung“

La vie, c'est la création.
Claude Bernard

Jenseits der Schwelle zum neuen Paradigma kommt es um 1800 zu einer historischen Reorganisation im Feld der Mächte: Die Souveränitätsmacht wie auch die Disziplinen werden nicht etwa disqualifiziert oder obsolet, sondern vielmehr dem Ziel des ‚Lebenmachens‘ subordiniert und einverleibt. Das souveräne Signum des Todes und die zirkuläre Abschöpfung machen einem bisher ungekannten Modus Platz: Der Begriff der Biopolitik bezeichnet in diesem Sinne nicht einfach nur eine Rekonfiguration des Politischen und der Gesellschaft, sondern einen völlig neuen Modus der Weltherstellung, der gänzlich im Zeichen der Sorge um das Leben operiert.⁵² Die Welt wird umdisponiert und neu eingerichtet, um „den Körper, die Gesundheit, die Ernährung, das Wohnen, die Lebensbedingungen und den gesamten Raum der Existenz [zu] besetzen“⁵³.

51 Vogl: *Kalkül und Leidenschaft*, S. 288.

52 Vgl. den Begriff der „ökotechné“ in Nancy: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, S. 57–89.

53 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 171.

Auch die Disziplinen werden nun Teil des biopolitischen Paradigmas, insofern sie an der Steuerung und Steigerung der Vitalität der Bevölkerung mitarbeiten. „Im Zuge des Anwachsens der Produktionsapparate und der Bevölkerung“, so erklärt Hannelore Bublitz, „verändert sich also der machtförmige Zugriff auf den Körper zur Steuerung von Massenphänomenen, die auf die effiziente Sicherung des Lebens (aller) gerichtet ist“⁵⁴. Jener dezidiert neue Gegenstand, den die Biopolitik erst hervorbringt, ist die „Realität der Bevölkerung“⁵⁵ als ein Gesamt der zu regierenden menschlichen Körper in einem (nationalstaatlichen) Territorium mithilfe zeitlich-iterativer Sicherungs-, Kontroll- und Steigerungsverfahren. Die epistemischen Möglichkeitsbedingungen finden sich dabei im Begriff des Lebens selbst, der an der Schwelle zum 19. Jahrhundert eine tiefgreifende Neubestimmung erfährt und nun im eigens gegründeten Fach beforscht wird: die Biologie.⁵⁶

Das neue Machtparadigma investiert nun primär in das Feld, das dem Zugriff souveräner Macht verschlossen blieb. Das sind das Leben, die lebendigen Körper und seine biologisch-materiellen Prozesse. In den durch biopolitische Regierungsmethoden geprägten Gesellschaften der westlichen Moderne werden Subjekte und Kollektive nicht (mehr nur) verschlissen oder mit dem Tode bedroht. Die neuen Technologien der Macht sind „dazu bestimmt, Kräfte hervorzubringen, zu ordnen, anstatt sie zu hemmen, zu beugen oder zu vernichten.“⁵⁷ Zu Anfang der Vorlesungsreihe *Sicherheit, Territorium, Bevölkerung* am Collège de France im Jahr 1978 findet sich die nachfolgende Definition. Michel Foucault will die neue Macht über das Leben verstanden wissen als ein:

Ensemble von Mechanismen, durch die das, was in der menschlichen Art seine grundlegenden biologischen Züge ausbildet, in das Innere einer Politik, einer politischen Strategie, einer allgemeinen Machtstrategie eintreten kann; anders gesagt, wie die Gesellschaft, die modernen abendländischen Gesellschaften seit dem 18. Jahrhundert, der grundlegenden biologischen Tatsache Rechnung getragen haben, daß das menschliche Wesen eine menschliche Art bildet.⁵⁸

Die Vitalprozesse der Körper und der Kollektive bilden fortan das Interventionsfeld der neuen Machttechnologien. Was in den Fokus gerät, sind die mannigfaltigen Körper und ihre biologische Materialität, die nun unter dem Banner des *faire vivre* in ein neues Regime überwachter und gesteuerter Produktivität dienstbar gemacht werden. Biomacht ist somit eine Macht, die in das Lebendige „eindringt, es durchdringt [und es] verändert“⁵⁹. Die „biologische Modernitätsschwelle“ des 19. Jahrhunderts führt

54 Bublitz: *Das Archiv des Körpers*, S. 80.

55 Foucault: *Sicherheit, Territorium, Bevölkerung*, S. 27.

56 Die um 1800 entstehende Wissenschaft vom Leben liefert zudem zahlreiche transferierbare Konzepte und Begriffe (etwa Wachstum, Gleichgewicht, Produktion), die sich ins Feld des Politischen übertragen lassen und *vice versa*.

57 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 163.

58 Ebd.: *Sicherheit, Territorium, Bevölkerung*, S. 13.

59 Ebd.: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 286.

zu einer politischen Ökonomie, in deren Zentrum sich Leben und Politik gegenseitig bedingen. Biopolitik markiert demensprechend den Eintritt des Lebens in „die Ordnung des Wissens und der Macht, in das Feld der politischen Techniken“⁶⁰. Das Leben der menschlichen Gattung wird zur Leitgröße der politischen Techniken schlechthin.

Nach Roberto Esposito hat es die regulierende Biopolitik der Bevölkerung „nicht mehr bloß mit Rechtssubjekten zu tun, die im äußersten Fall durch den Tod unterworfen werden, sondern mit Lebewesen, deren Erfassung sich auf dem Niveau des Lebens halten muß“⁶¹. Die Kontrolle des Lebens ist nicht durchweg repressiv, wie es den souveränen Strategien eigen ist. Denn die Regierung der Bevölkerung bezieht sich durchaus positiv auf ihren Gegenstand; in diesem Fall ermöglicht die Macht, sie bringt hervor, stößt Entwicklungen an und sorgt sich um das Wohl der Körper. „Anstelle der Drohung mit dem Mord ist es nun die Verantwortung für das Leben“⁶², die das politische Denken und Handeln umtreibt. Foucault erläutert:

Der abendländische Mensch lernt allmählich, was es ist, eine lebende Spezies in einer lebenden Welt zu sein, einen Körper zu haben sowie Existenzbedingungen, Lebenserwartungen, eine individuelle und kollektive Gesundheit, die man modifizieren, und einen Raum, in dem man sie optimal verteilen kann.⁶³

Gegenstand einer Politik der ‚Optimierung‘ des Lebens und der menschlichen Gattung ist der kollektive Körper der Bevölkerung als Aggregation aller Individualkörper. Dieser Bevölkerungskörper ist „zur selben Zeit individuell, weil jedem einzelnen eignend, und generell, weil einer ganzen Gattung zugehörig“. Auf ihn richten sich die schützenden, potenzierenden und reproduzierenden Maßnahmen der Biopolitik, „zu schützen, ihn zu potenzieren, ihn zu reproduzieren“. Damit folgt die Biopolitik einem Zweck, der über „über den alten Disziplinärapparat hinausgeht, da sie die Existenz des Staates selbst in seinem zugleich ökonomischen, juristischen und politischen ‚Interesse‘ betrifft“⁶⁴. Ähnlich wie die Disziplin, welche die Subjekte als dressierte, individuelle Körper durch die Einspeisung in künstliche Räume und die Einschaltung in die Produktionsapparate konstituiert, wird auch die Vorstellung der Gattung und der Bevölkerung durch historisch-spezifische, mediale Prozeduren hervorgebracht. Erst diese Prozeduren schließen die vielen, zuerst zusammenhangslosen, lebendigen Körper, durch permanente „Vorhersagen, statistische Bewertungen und globale Messungen“ zu Kollektiv- respektive Staats- und Gattungskörpern zusammen. Insofern adressiert die Biopolitik der Bevölkerung kein „einzelnes Phänomen oder Individuum, insofern es Individuum ist“. Vielmehr ver-

⁶⁰ Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 169.

⁶¹ Ebd., S. 170.

⁶² Ebd.

⁶³ Ebd., S. 169.

⁶⁴ Esposito: *Immunitas*, S. 191.

sucht diese, „auf der Ebene der Gründe dieser allgemeinen Phänomene einzugreifen, auf der Ebene der Phänomene, insoweit sie global sind“⁶⁵.

Die Souveränitätsmacht trägt in prozessualer Hinsicht noch Merkmale der starren, vorgeordneten, juristisch fixierten Ordnung, deren Vektoren von der Gegenwart in die Vergangenheit weisen. Das Dispositiv der Biopolitik rechnet hingegen mit der Modifizierbarkeit und Potenzialität des Lebendigen, indem sie die Körper „verwaltet und bewirtschaftet“⁶⁶. So investieren Machtmechanismen in das, was werden soll. Leben ‚machen‘ erscheint als rechnerisches und prozessuales Planspiel, in dessen Einsatz das genuin menschliche Leben und die Körper auf dem Spiel stehen. „Am Leitfaden der Wissenschaften Ökonomie und Biologie entdeckt diese neue Machtform, dass das physische Leben der Individuen einer Gesellschaft eine nicht nur verwendbare, sondern eine *steigerbare* Ressource“ ist. Das Leben, so lässt sich mit Petra Gehring zu Recht behaupten, soll „im Medium der Fruchtbarkeit und der biologischen Fortpflanzung verbessert und vermehrt werden“. Die Biopolitik der Moderne ist dementsprechend strategische „sozialhygienische Gattungsverbesserung“. Kurzum: Die Macht über das Leben „erfindet den biologischen Mehrwert“⁶⁷ der menschlichen Gattung.

Der spezifisch-historische Begriff, in dem sich die verschiedenen Diskurslinien verschränken – also der Mensch, das Lebendige und die Regierung – ist die Bevölkerung. Für die Machtprozeduren erweist sich das Reden über die Gattung als abstrakter Referenzpunkt. Erst durch die Bevölkerung, als globale Größe des Wissens und der Intervention, wird die Biopolitik der menschlichen Gattung als Machtstrategie für die mannigfaltigen menschlichen Lebewesen verbindlich. Die Bevölkerung – im Sinne eines vitalen Kollektivs – wird nun Zielscheibe, Kontrollfeld und Modifikationsgeschehen der Biopolitik. Dabei ist die Kategorie der Bevölkerung jedoch keine vorgeordnete Kategorie des Wissens und der Macht. Sie geht erst aus den vielfältigen medialen und ökonomischen Prozeduren der Biopolitik hervor, sie wird von diesen Prozeduren gleichsam als geschichtliche und praktische Ordnungsfigur ins Werk gesetzt. Das *Movens* der Biopolitik ist die Produktion jener Realität der Bevölkerung. Erst die Ordnungsfigur der Bevölkerung erlaubt einen „global[en] und statistisch[en] Zugriff“⁶⁸ auf die vitalen Prozesse eines Kollektivs.

Es lässt sich eine Reihe von Phänomenen erkennen, die eine „globale Masse“⁶⁹ von lebendigen Menschen durch Techniken der Messung, des Zählens und des Abwägens in eine Bevölkerung umschreiben. Durch demografische Erhebungen und statistische Messungen, die ab der Mitte des 18. Jahrhunderts ihre Arbeit aufnehmen, werden der Bevölkerung verschiedene interdependente Felder zugewiesen: eine verbindliche Geburten- und Sterberate, ein Gesundheitsniveau, einen Fruchtbarkeitsspiegel, eine

65 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 290.

66 Ebd., *Der Wille zum Wissen*, S. 161.

67 Gehring: *Was ist Biomacht?*, S. 10.

68 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 292.

69 Ebd., S. 280.

Typologie der Geschlechter sowie eine Klassifikation epidemischer Krankheiten. Diese Statistiken, Messungen und Berechnungen sind numerische und metrische Medienprozeduren. Sie stiften ein Koordinatensystem, in dem das Konstrukt Bevölkerung mit seinen quasibiologischen Eigenschaften erst zum Vorschein kommt.

Mit Maria Muhle lässt sich argumentieren, dass die Biopolitik eben nicht „gemäß einem organischen Staatsmodell funktioniert: Es werden nicht die Verfasstheit des Organismus und seine Aufteilung in Kopf und Glieder wie bei Hobbes auf die Staatstheorie übertragen.“ Vielmehr richtet sich die Regierung moderner Gesellschaften nach der „Funktionsweise“ des Lebenden respektive des Vitalen. Es sind also die „biopolitischen Techniken“, welche „die innere Dynamik der vitalen Phänomene zur Selbsterhaltung“ aufgreifen und gleichsam ins Soziale einspeisen. Im 19. Jahrhundert sind das beispielsweise die „homöostatischen Konzeptionen des Lebens“⁷⁰. – Die neuen Technologien der „Bevölkerungsphänomene“ sind dementsprechend keine Beschreibungskategorien eines ideellen Kollektivkörpers oder eines präetablierten Leviathans. Vielmehr konstituiert die Biopolitik das, was sie beschreiben will: Sie wirkt „massenkonstruierend“⁷¹, und lässt sich somit als politische Technologie der Aufteilung kennzeichnen. Biopolitik zielt somit auf

[...] kollektive Phänomene, die in ihren ökonomischen und politischen Wirkungen erst auf der Ebene der Masse in Erscheinung treten. Es sind zufällige und unvorhersehbare Phänomene, wenn man sie individuell für sich nimmt, die jedoch auf kollektiver Ebene Konstanten aufweisen, die ausfindig zu machen leicht oder immerhin möglich ist. Und schließlich sind es Phänomene, die sich wesentlich in der Dauer entfalten, die nur in einem gewissen mehr oder weniger langen Zeitraum zu fassen sind: serielle Probleme.⁷²

Die medialen Prozeduren der Bevölkerungspolitik falten ein Tableau aus, auf dem Gemeinsamkeiten, Konstanten und temporale Komplexe der Bevölkerung in Bild, Schrift und Zahl ins Sag- und Sichtbare gebracht werden sollen. Nicht der vereinzelt Menschenkörper der Disziplin ist von Bedeutung, sondern die Mittelwerte und Aggregatfelder eines global gefassten Bevölkerungskörpers. Die Biopolitik der Bevölkerung „kreist [um] einen ‚Menschen‘, der weder als moralisches Wesen noch als politisches Tier bloß vorausgesetzt wird, dem man vielmehr eine vorausgehende Dysfunktionalität einräumt und der demnach eine neue Errechnung seines sozialen und politischen Verhaltens verlangt“⁷³. Doch damit nicht genug: Auf Basis der besagten Zählbarkeit, erscheint die Lebendigkeit des kollektiven Körpers regierbar und steigerungsfähig. Im neuen biopolitischen Paradigma wird es möglich, die Körper als lebendige Maschinen

⁷⁰ Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 205.

⁷¹ Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 286.

⁷² Ebd.: *Überwachen und Strafen*, S. 290.

⁷³ Vogl: „Staatsbegehren“, S. 602.

und die „Bevölkerung als Produktionsmaschine“ zu benutzen, „um Reichtümer, Güter und andere Individuen zu produzieren“⁷⁴.

Doch das ‚Leben als ein Lebendiges‘ ist nicht irgendein Gegenstand, über den man einfach verfügen kann. Die souveräne Macht, in ihrer nunmehr trivialen Dichotomie von Herrscher und Beherrschten, ist einer Logik des *Top-down* verpflichtet, die eigentlich mit nur zwei Möglichkeiten operiert, nämlich in den Tod zu stoßen oder das Leben zu lassen. Die Biopolitik gehorcht anderen, komplexeren Logiken des Regierens, denn sie muss sich selbst ihren Gegenständen, also dem Leben und lebendigen Körpern immer mehr angleichen, und damit ‚lernen‘, was es heißt, eine für Entwicklung offene Zukunft zu haben. Die Biopolitik verweist damit auch auf eine noch grundsätzlichere *Verlebendigung der Macht* und ihrer Techniken, die „diesseits des Juridischen angesiedelt ist“⁷⁵.

Das Lebendige und seine Dynamiken lassen sich nicht befehlen. Sie verlangen vielmehr auf aufwendige Weise gemanagt und kultiviert zu werden: Die Macht über das Leben erscheint als nicht triviale Maschinerie. Die „Staatsmaschine“ muss die Selbst-Steuerung lernen, indem sie sich auf empirische Kategorien bezieht: „Neue Entitäten treten auf den Plan,“ so erklärt Joseph Vogl, „und mit ihnen wird auch die Historie eine Disziplin für das Staatswissen, eine Geschichte jedenfalls, die neben Regierungsformen und Gesetzen, neben Verfassungen und Dynastien andere Variablen der Staatsbeschreibung einführt“. Diese beweglichen, über die Techniken einzuholenden Kategorien sind vornehmlich die tabellierten Zahlen, welche „die Eigenschaften und den Zustand der Bevölkerung, Produktionsweisen, die Menge der beweglichen und unbeweglichen Güter, Klima und sittliche Verfassung, Krankheiten und Unfälle, Geldverkehr und die Fruchtbarkeit des Bodens“⁷⁶ ins Sicht- und Sagbare bringen.

Im Verbund mit den neuen, variablen Messgrößen von Bevölkerung steigt (neben Biologie und Ökonomie) die Medizin zur Leitdisziplin auf. Neben der klinischen Forschung organisiert die Medizin die öffentliche Hygiene, die Koordination der medizinischen Versorgung, flächendeckende Aufklärungskampagnen zu Gesundheitsfragen und die Zentralisierung der Informationen sowie die „Normalisierung des Wissens“⁷⁷. Das Leben und die Vitalität erscheinen unter dem Primat von Steuerung und Steigerung. Die Lebensmacht agiert homolog zum berühmten Satz von Claude Bernard, der die Bestimmung des Lebensbegriffs und seiner inhärenten Dynamik auf die Formel einer nicht metaphysischen und materialgebundenen ‚Selbsthervorbringung‘ brachte: Die Macht versucht, Leben auf dem Niveau der Normalität zu erfassen und die inhärente Aktivität des Lebendigen zu kontrollieren, um dann über die jeweiligen Ist-Zustände hinauszugehen. Dies geschieht auf zweifache Weise:

74 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 184.

75 Vogl: „Staatsbegehren“, S. 603.

76 Ebd., S. 603.

77 Foucault: *In Verteidigung der Gesellschaft*, S. 282.

(1) Als Gelenk- und Schaltstelle zwischen dem Individualkörper und Gattungskörper fungierte die menschliche Sexualität und Reproduktion, in die der Staat nun regulierend eingreift.⁷⁸ Neben dem neuen medizinisch-biologischen Wissen wird das sogenannte „Sexualdispositiv“ in Anschlag gebracht: Jene unablässige Obsession, jenes fragende Erkunden, jene in der Tiefe des Subjektes bohrende, die vermeintliche Wahrheit der Sexualität bergende Anstrengung der modernen Wissenschaften vom Menschen. Foucault erkennt darin so trefflich die *Volonté de savoir*.

Doch was bisweilen übersehen wurde: Wenn dieser besagte *Wille zum Wissen* auf dem Feld der biopolitischen Dispositive jenseits des Subjektes auf dem Niveau des Bevölkerungskörpers und seiner Umgebung erscheint, dann entlädt er sich gleichsam als ein *Wille zum Machen*. Anders gewendet: Der *Wille zum Wissen* ist die epistemische Dimension des Sexualdispositives, der *Wille zum Machen*, also die Kontrolle und Modifikation des Lebendigen ist jedoch die umfassendere biopolitische Dimension, die über die Figur des Menschen, seinen individuellen Körper, seine geschlechtliche Reproduktion, Gesundheit und Vitalität hinausreicht.

(2) Foucault hatte diese transgressive Bewegung im Begriff des Milieus angedeutet, den er später durch den des Environments ersetzen sollte. Mit ihrer zunehmenden strategischen Implementierung, so hat Maria Muhle gezeigt, inkludieren die natürlich-künstlichen Prozeduren der Steigerung und der Herstellung des (menschlichen) Lebens die „geografischen und klimatischen Gegebenheiten des Milieus, die sie in den Funktionszusammenhang der Gesellschaft zu integrieren suchen, um so deren positive, natürliche Potenziale zu nutzen“⁷⁹. Es wurde bereits ausgeführt, dass die Einschließungs-Milieus der Disziplin sich durch ihre eindeutige Künstlichkeit auszeichnen. Für Gefängnisse und Fabriken gilt daher: Je ‚naturferner‘ die Umgebung des zu disziplinierenden Körpers, desto höher der Grad an Kontrolle. Hingegen erfordert die Wissenskategorie der Bevölkerung eine viel komplexere und hybridere „Epistemologie des Umgebens“⁸⁰, wie es Florian Sprenger gezeigt hat.

Die nationalstaatliche Bevölkerung ist also niemals auf einer *Tabula rasa* anzutreffen, sondern immer in einer ‚natürlichen‘ Umgebung verortet. Foucault verweist auf den Umbau ganzer Stadtquartiere sowie die Trockenlegung von Sümpfen, die, zum Zwecke der Krankheitsbekämpfung und Gesundheitsförderung der Bevölkerung, zu ‚atmen‘ beginnen. Entscheidend ist dabei die Reziprozität zwischen den lebendigen Körpern der Bevölkerung und jener Verfassung ihres umgebenden Environments. Das Umgebende wirkt auf das Umgebene und *vice versa*: Im Hinblick auf das Environment erscheint die Regierung des Lebenden nicht einfach nur als ein triviales, unmittelbares Befehlen und Befolgen, sondern erfordert eine strategische und mittelbare Regulierung

⁷⁸ Vgl. Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 71.

⁷⁹ Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 236.

⁸⁰ Eine Begriffsdiskussion von Foucaults *Millieu* und *environment* als kritische Kategorien seines biopolitischen Denkens findet sich in: Sprenger: *Epistemologien des Umgebens*, S. 61–88.

jener äußeren Zustände, die auf die menschlichen Körper, die Gesundheit, die Vitalität zurückwirken.

Im Zeichen einer Liberalisierung der Ökonomie geht es darum, eine möglichst freie Zirkulation der seriellen Abfolge von Waren, Gütern, Menschen und Energien innerhalb eines Territoriums zu ermöglichen. Unter der Devise des ‚Geschehenlassens‘ werden diese Bewegungen nur mit minimalen Eingriffen und Interventionen reguliert und optimiert, um ihren quasinatürlichen Fluss nicht zu stören. Eine Reihe neuer wissenschaftlicher und ökonomischer Prozeduren der Lebensmacht setzen die aufkommenden modernen Gesellschaften so gesehen von ‚natürlichen‘ Zwängen frei. „In dem von ihnen gewonnenen und forthin organisierten und ausgeweiteten Spielraum nehmen Macht und Wissensverfahren die Prozesse des Lebens in ihre Hand, um sie zu kontrollieren und zu modifizieren.“⁸¹

Die biopolitischen Technologien des ‚Lebenmachens‘ sind ein Zusammenschluss konkreter (Herstellungs-)Praktiken und (Steuerungs-)Verfahren. Der Reichtum und das Vermögen eines modernen Staates sind seit spätestens 1800 nicht mehr in erster Linie Bodenschätze und der untertänigste Gehorsam, sondern die globalen Vitalitäts- und Gesundheitsniveaus der Bevölkerung, als die Gesamtheit der lebendigen Körper. Die Ordnungsfigur des Bevölkerungskörpers wird jedoch erst konstituiert und durch permanente Messung und invasive Beobachtung buchstäblich ‚am Leben gehalten‘.⁸² Die fundamentale Transformation von der Souveränitätsmacht hin zu einer *Verlebendigung der Macht*, von der statischen Ordnung hin zu Statistik, Intervention und Steuerungswissen lässt sich bei Johann Peter Süssmilch und seinem Begriff der Bevölkerung erkennen. Die Arbeiten des evangelischen Theologen, der auch Jura und Medizin studierte, stehen gewissermaßen genau auf der wissens- und machthistorischen Schwelle zwischen alter Ordnung und dem, was dann als Biopolitik der Bevölkerung um 1800 erscheint. Im Jahr 1741 publizierte Süssmilch *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, Tod und Fortpflanzung desselben erwiesen* als ein grundlegendes Werk der sogenannten Bevölkerungswissenschaft, das wiederum einen erheblichen Einfluss auf Thomas Robert Malthus Konzept der Bevölkerung haben sollte. In seiner Studie verglich Süssmilch verschiedene Regionen in Deutschland und Europa anhand der für die Biopolitik (bei Foucault) so konstitutiven statistischen Kategorien, etwa die Fertilität und die Geburtenrate, die Sterblichkeitsrate und die verschiedenen Todesursachen im Hinblick auf Krankheiten und Epidemien. Gerade durch die Bestimmung der durchschnittlichen Lebenserwartung und Altersverteilung sowie die Ermittlung von sogenannten statistischen Unterschieden von Männern und Frauen wird ein wirkmächtiger Diskurs der Normalisierung des Lebens ins Werk gesetzt.⁸³

⁸¹ Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 169.

⁸² Vgl. Vogl: „Regierung und Regelkreis. Historisches Vorspiel“. Ebenfalls zu diesem Aspekt: Müller: „Zoë als Técnica“, S. 242.

⁸³ Vgl. Süssmilch, Johann Peter: *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts aus der Geburt, Tod und Fortpflanzung desselben*, Berlin: Spener 1741.

21

TABVLA VII.

Liste von Berlin,

so aus den öffentlichen Verzeichnissen beym Rathhause und dem Policeycollegio genommen ist.

Jahre.	Ge- traute Paare	Ge- taufte	Ge- storbene	Zahl aller Lebenden	Die Ge- storbene zu den Le- benden sind wie	Die Ge- taufte zu den Le- benden sind wie	Die getrau- ten Paare zu den Lebenden sind wie
1747	774	3512	3458	106969	30	30	138
1748	879	3445	4235	107635	25	30	122
1749	846	3275	3863	110933	28	33	131
1750	1062	3991	4275	113289	26	28	106
1751	1121	4149	4632	116483	1: 25	1: 28	1: 103
1752	1199	4257	3822	119224	31	28	99
1753	1152	4466	3600	122897	34	27	106
1754	1281	4570	4445	125385	28	27	98
1755	1158	4630	4358	126661	29	27	109
E. 9. J.	9472	36295	36688	1049476	1: 28	1: 28	1: 110
Mittel- zahl	1053	4032	4076	116608			

Abb. 12: Eine sogenannte Sterbetafel aus Süßmilchs *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, Tod und Fortpflanzung desselben erwiesen*.

Süßmilch erzeugte durch Empirie und Statistik einen Bevölkerungskörper und schreibt diesem die vermeintlich natürlichen Unterschiede und Mittelwerte erst ein. Auf Basis dieser bevölkerungsstatistischen Daten aus den verschiedenen Regionen prognostizierte Süßmilch ein unerhört dynamisches Anwachsen der Weltbevölkerung, das sich bei etwa sieben Milliarden Menschen einpendeln werde. Der Grund dafür sei eine ‚natürliche‘ Grenze des Wachstums, die er in der maximalen Kapazität der Erde im Hinblick auf ihre Ressourcen erkannte.⁸⁴ Deshalb sah er die staatlichen Institutionen in der Pflicht. Schon bald werde es notwendig, in den Verlauf des exponentiell ansteigenden Wachstums der Bevölkerung zu intervenieren, um dieses zu kontrollieren und zu steuern. Wie der Titel seiner Studie nahelegt, so war Süßmilch eigentlich mit dem Ansinnen angetreten, eine Art Gottesbeweis mit statistischen Mittel zu erbringen. Paradoxerweise erkannte er gerade in der dynamischen Entwicklung der massenstatisti-

⁸⁴ Vgl. dazu auch Süßmilchs Formel zur „Bestimmung der Lebendigen“: ebd.: S. 345 f.

schen ‚Merkmale‘ der Bevölkerungsphänomene eine „göttliche Vorsehung“, welche die Menschheit letztlich auf maßvolle Weise an ein Ziel führen werde. Im Wachstum der Bevölkerung(en) walte der konstante und ordnende Wille eines göttlichen Souveräns. – Im Fortgang des Diskurses der Bevölkerungswissenschaften sollte man sich jedoch schnell von der Idee göttlicher Vorsehung und Steuerung verabschieden. Bei Malthus rückte dann schließlich eine aktive, strategische, intervenierende, kameralistische Steuerung zur Optimierung und Steigerung des menschlichen Lebens in den Mittelpunkt. Das Moment der Souveränität ging dergestalt an die staatlichen Institutionen über. Im Falle Frankreichs wurden dies durch Napoleon Festsetzung des *Code civile* in 1804 sichtbar. Zuvor Domäne des kirchlichen Rechtes, gehen die Dokumentation von Geburt, Heirat und Tod in den (Daten-)Hoheitsbereich des Staates über, der somit eine neue Macht über alle Regungen im (durch jene statistische Erfassung ins Leben gerufenen) Staatskörper hatte. Somit bringen Medien- und Wissenstechniken der Tabellierung *die* Bevölkerung und ihre vitalspezifischen Charakteristika als virtuellen Gegenstand im Feld des Sag- und Sichtbaren erst hervor: Im Dispositiv der modernen *biopouvoir* besitzt die Bevölkerung plötzlich „eine Geburtenziffer, eine Sterblichkeitsziffer, eine Bevölkerung hat eine Alterskurve, eine Alterspyramide, sie hat eine Krankheitsziffer, einen Gesundheitszustand, eine Bevölkerung kann zugrunde gehen oder sich ausbreiten“⁸⁵.

Die Biopolitik konstituiert sich als „Zugriff auf die kontingenten Daten des sozialen Verkehrs“ einer Bevölkerung, die „nicht einfach eine Ansammlung von Leuten“ ist, sondern vielmehr „ein Gewebe aus lebenden, tätigen, tauschenden, begehrenden und sich fortpflanzenden Individuen, das eine Vielzahl von Interventionsmöglichkeiten unterschiedlichster Art nahelegt“⁸⁶. Daten sind hier also als soziotechnische Konstrukte anzusehen: Als verdichtete Repräsentationsformen des Bevölkerungskörpers lösen diese sich von dem ab, was sie zu repräsentieren beanspruchen und erhalten so eine Wirklichkeitskonstituierende Kraft.

Eine wesentliche Figuration in der Erzeugung dieser biopolitischen Ordnungskategorien, so hat Joseph Vogl dargelegt, ist der *Kameralist*. Seine Aufgabe ist es, den aktuellsten Status des Staates und die besagte Realität der Bevölkerung in seinen Statistiken abzubilden – (wobei das sogenannte ‚Abilden‘ der Beobachtungsgegenstände diese erst konstituiert).⁸⁷ Die regelgeleitete Hervorbringung des globalen Objektes der menschlichen Bevölkerung ist eine unablässige, gleichsam sisyphusartige Tätigkeit, die lediglich die Feststellung eines Ist-Zustandes darstellt, dessen Aktualität im nächsten Moment verstrichen sein wird.⁸⁸ Der Kameralist erkennt im Staat ein Unternehmen, indem er „sich seiner ‚Kräfte‘ und ‚Vermögen‘ systematisch und kontinuierlich vergewissert und sich im weitesten Sinne kapitalisiert – nicht von ungefähr nennt man ‚Staatmachen‘

85 Foucault: *Botschaften der Macht*, S. 185.

86 Vogl: *Kalkül und Leidenschaft*, S. 53.

87 Vgl. ebd., S. 59–82.

88 Vgl. Müller: „Zoë als Téchne“, S. 424.

(faire estat) auch die Bilanzierung von Gewinn und Verlust am Jahresende⁸⁹. In der Herstellung dieses epistemischen, virtuellen, durch Empirie erzeugten,⁹⁰ doch nie ganz einzuholenden Gegenstandes der Bevölkerung liegt erst die Möglichkeitsbedingung zur intervenierenden Regierung und damit die schrittweise Etablierung und Implementierung von etwaigen Soll-Zuständen. Das kameralistische *faire l'état* wird zur Bedingung des *faire vivre*: Diese epistemische Hervorbringung und strategische Modifikation des Lebens ist gleichsam eine Öffnung, eine Bahnung zum vitalen Potenzial und zu jener Dimension des Werdens des physikalischen Lebendigen, die der Macht und dem Wissen in vormodernen Konstellationen verschlossen blieb.

Leben als Technologie – Die Theorie der Zoëpolitik

Die Entwicklung der Macht korreliert mithin mit einer Entwicklung des Wissens, das der *genuin* lebendigen, d. h. zugleich organischen und unberechenbaren, weil unvorhersagbaren, irrtumsanfälligen Dimension des Lebens entspricht.⁹¹

Maria Muhle

In zweifacher Hinsicht erscheint die (Weiter-)Verwendung des Biopolitikbegriffs fraglich. Mit Blick sowohl auf die Begriffsgeschichte als auch seine heutige, augenscheinliche Unschärfe ist ein Gebrauch für historische und zeitgenössische Fragestellungen durchaus problematisch. Zudem lässt sich in Foucaults Konzeption eine *innere Spannung* erkennen, die sich aus einer ungeklärten Verwendung des Lebensbegriffs speist. Im Folgenden werde ich zunächst darlegen, dass diese Punkte eine historisch-analytische Zuspitzung und gleichwohl eine terminologische Neuprägung des Biopolitikbegriffs⁹² notwendig machen. Für die weitere Diskussion werde ich schließlich den Begriff der *Zoëpolitik* einführen. Der Begriff der Zoëpolitik bietet die Möglichkeit einer neuen Perspektivierung der ‚molekularen Revolution‘ (Kapitel 4) und der zeitgenössischen synthetischen Biologie (Kapitel 5) als jeweils eigenständige Paradigmen der *pouvoir sur la vie* und ihres historischen ‚Auftauchens‘. Was nun folgt, ist eine kurze, aber dezisive Begriffskritik, die in eine entscheidende historiografische Setzung mündet, wenn vom Leben als Technologie die Rede sein wird.

⁸⁹ Vogl: *Kalkül und Leidenschaft*, S. 61.

⁹⁰ Joseph Vogl erklärt mit Blick auf die Staatstafeln von Leibniz und die *diagrammata* bei Platon: „In der diagrammatischen Darstellung wird das Staatswissen, der Staat selbst produziert, sichtbar und evident, und die Grenze des staatlichen Wesens liegt in dieser Hinsicht an der Grenze seiner medialen und technologischen (Re-)Produktion.“ Ebd., S. 63.

⁹¹ Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 173.

⁹² Mein Begriffsvorschlag trägt Jean-Luc Nancy als auch Thomas Lemkes Aufforderung zu einer Re-Theoretisierung Rechnung, wenn beide – unabhängig voneinander – fordern, ‚mit Foucault über Foucault‘ hinauszugehen. Vgl. Lemke: *Die Natur in der Soziologie*, S. 154; Nancy: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, S. 117–122.

Das Begriffskompositum ‚Biopolitik‘ geht keineswegs auf Michel Foucault zurück. Es verweist vielmehr auf eine bedenkliche Begriffsgeschichte, die sich in das erste Viertel des 20. Jahrhunderts zurückverfolgen lässt. Roberto Esposito schreibt die erste Verwendung des Begriffs dem schwedischen Staatstheoretiker und nationalkonservativen Politiker Rudolf Kjellén zu. Dieser plädierte im Rahmen seiner organizistischen Staatstheorien für die Begründung einer neuen universitären Subdisziplin innerhalb der Politikwissenschaft. Im Staat selbst erkannte Kjellén einen biologisch-überzeitlichen Gesetzmäßigkeiten unterworfenen Organismus. Das Innenleben dieses Staatsorganismus war für ihn in erster Linie durch die kriegerisch-streiterischen Konflikte gesellschaftlicher Gruppen gekennzeichnet. Die systematische Erforschung der etwaigen Kämpfe um die sogenannte „Lebensform des Staates“⁹³ (so auch der Titel seines *Opus magnum*) und die organischen Spezifika der einzelnen gesellschaftlichen Gruppen bedürfe eines neuen universitären Faches, dem der ‚Biopolitik‘. Gerechtfertigterweise kritisiert Thomas Lemke diesen strategischen und mithin ahistorischen Begriffsgebrauch von ‚Biopolitik‘, der im Rahmen staatsorganizistischer Diskurse eine beachtliche Konjunktur erreichte: „[D]er Bezug auf das ‚Leben‘ dient hier zugleich als mythischer Ausgangspunkt wie als normative Richtschnur und ist jeder rationalen Begründung oder demokratischen Zwecksetzung entzogen.“ Für Kjellén sind Staatsorganismus und Politik lediglich der Ausdruck „einer gewachsenen Ganzheit, die das Echte und Ewige, das Gesunde und Wertvolle verkörpert“⁹⁴. – Anschließend wurde der Biopolitik-Begriff als zentrale Ordnungsfigur eugenischer Doktrin und faschistisch-rassistischer Ideologie in Ansatz gebracht. Verwiesen sei hier auf die Rede des nationalsozialistischen Präsidenten des Reichsgesundheitsamtes, Hans Reiter, mit dem Titel „Unsere Biopolitik und das Auslandsdeutschtum“ aus dem Jahr 1934.⁹⁵

Im nordamerikanischen Kontext taucht der Begriff zuerst in den 1960er Jahren auf. Auch hier lässt sich eine strategische, wissenschaftspolitische Stoßrichtung erkennen. Innerhalb der Politikwissenschaft, der Soziologie und der Ethnologie wurde der Begriff nun von denjenigen lanciert, die auf eine Neugewichtung biologisch-deterministischer Faktoren in der Erforschung politischen Verhaltens pochten. Die sich selbst als *biopolitologists* bezeichnenden Forscher:innen betonten unter anderem die Wichtigkeit neo-darwinistischer Konzepte, die auf Fragen der Entstehung des Menschen sowie die Ursprünge von Gesellschaft und Staat angewendet wurden. Diese Forschungsrichtung unter dem Schlagwort der *biopolitics* wendete sich offensiv gegen die „Vorstellung vom Menschen als eines prinzipiell freien Wesens, [denn diese] messe Sozialisations- und Lernprozessen eine zu große Bedeutung zu und verkenne, dass

93 Kjellén, Rudolf: *Der Staat als Lebensform*, Leipzig: S. Hirzel 1917. Kjellén gilt zudem als Urheber des Begriffs der Geopolitik: ebd. S. 47.

94 Lemke: „Eine Analytik der Biopolitik“, S. 74.

95 Reiter, Hans: „Das Reichsgesundheitsamt 1933–1939. Sechs Jahre nationalsozialistische Führung“, in: ebd. (Hrsg.): *Unsere Biopolitik und das Auslandsdeutschtum*, Berlin: Julius Springer Verlag 1939.

menschliches (politisches) Verhalten zu einem wesentlichen Teil biologisch (mit-) bedingt sei“⁹⁶.

Drittens ist der Biopolitik-Begriff im Zuge seiner inflationären, zumeist unsystematischen und ahistorischen Gebrauchsweise in Feuilleton und Realpolitik seit Mitte der 1990er Jahre zu einem begrifflichen Container geworden, der sich je nach Thematik und Strategie ideologisch beladen lässt. Es sei nochmals an Jacques Rancières Diagnose erinnert, nach der Biopolitik aufgrund seiner super-signifikanten Breite seine philosophisch-kritische Qualität verloren habe. Der Philosoph Volker Gerhardt monierte im Jahr 2002 in ähnlicher Weise, der „Begriff ist zu einer Universalchiffre geworden“⁹⁷, die von der Landwirtschaft, über die Menschenrechte bis hin zur Ökologie und Biotechnologie all das meinen könnte, was irgendwie in den Schnittbereich von Politik und Natur falle. Mit Blick auf die gänzlich „unhistorisch[e]“ Forschungsrichtung der *biopolitics* kommt Petra Gehring sogar zu der Diagnose, dass „sich die Foucault’sche Bedeutung des Wortes heute verschliffen [hat]“⁹⁸.

Und schließlich stellt sich die Frage nach dem Status des Biopolitik-Theorems innerhalb von Foucaults Œuvre. Als Frage gewendet: Hat man es bei Foucaults historisch-philosophischen Bearbeitung des Begriffs mit einer bis zum Ende durchdeklinierten und in aller Konturschärfe modellierten Theorie zu tun? Oder handelt es sich im Gegenteil um ein Begriffsprojekt, das nie – trotz seiner offenkundigen Einschlägigkeit und fachlichen Kanonisierung – gänzlich abgeschlossen wurde? Es wird in der Rezeption häufig übersehen (und vielleicht verschwiegen), dass Foucault seine Theorie der Biopolitik der Moderne Zeit seines Lebens nicht abzuschließen vermochte. Mehrmals wurde eine ausgiebige Behandlung seinerseits verschoben, sodass heute für ein Weiterdenken jener *pouvoir sur la vie* nolens volens nur die Skizzen eines Denkens bleiben, das nicht ohne Weiteres auf zeitgenössische Konstellationen übertragen werden kann – jedenfalls hat Foucault eine solche Transferierung nicht in Aussicht gestellt und auch nie dazu aufgerufen. Lediglich in der Monografie *La volonté de savoir* aus dem Jahr 1976, die er seit seiner Berufung ans Collège de France vorbereitet hatte, findet sich eine systematische Darstellung, die mit der Beschreibung des alten Paradigmas der Souveränitätsmacht einsetzt, um über die Disziplinartechniken zu jener Darstellung eines biopolitischen Paradigmas zu gelangen, die dann immer stärker in das Environmentale ausgreift. Auf den Gegenstand der vorliegenden Studie übertragen wird deutlich: Mit dem Theorem jener Biopolitik der Bevölkerung um 1800 lässt sich keine hinreichende Problematisierung der machttheoretischen Implikationen der synthetischen Biologie anstrengen.

Doch es gibt noch eine tieferliegende, machthistorische Bewegung, die sich aus dem „Eintritt des Lebens und seiner Mechanismen in den Bereich der bewussten Kalküle

⁹⁶ Lemke: „Eine Analytik der Biopolitik“, S. 76.

⁹⁷ Gerhardt, Volker: „Biopolitik unter Generalverdacht“, *Die Welt*, 05.04.2002, <https://www.welt.de/printwelt/article382443/Biopolitik-unter-Generalverdacht.html> (zugegriffen am 03.03.2023).

⁹⁸ Gehring, Petra: „Bio-Politik/Bio-Macht“, in: Kammler, Clemens u. a. (Hrsg.): *Foucault-Handbuch*, Stuttgart: J. B. Metzler 2014, S. 230–232, hier S. 231.

und die Verwandlung des Machtwissens in einen Transformationsagenten des menschlichen Lebens⁹⁹ ergibt, die ich nun mit Blick auf die Frage nach dem *Lebensbegriff* herausarbeiten möchte. Schließlich liegt in dieser historisch-epistemischen Wandlung, in diesem Bruch eine machttechnologischer Ereignishaftigkeit verborgen, die eine weitreichende Theorieimplikation erahnen lässt, die Foucault in einer berühmten und gleichsam enigmatischen Passage andeutet:

[D]ie ‚biologische Modernitätsschwelle einer Gesellschaft‘ liegt dort, wo es in ihren politischen Strategien um die Existenz der Gattung selber geht. Jahrtausende hindurch ist der Mensch das geblieben, was er für Aristoteles war: ein lebendes Tier, das auch einer politischen Existenz fähig ist. Der moderne Mensch ist ein Tier, in dessen Politik sein Leben als Lebewesen auf dem Spiel steht.¹⁰⁰

Hier wird eine historisch-theoretische Bewegung erkennbar, welche die Biopolitik der Bevölkerung zwar inkludiert, jedoch über sie hinaus zu reichen scheint. Foucault selbst bringt dafür den bisher in der Rezension und Reflexion kaum beachteten Begriff der *bio-histoire* ins Spiel. In der im 19. Jahrhundert anbrechenden ‚Biogeschichte‘ gilt nunmehr das „Leben als absolute Referenz“, wie es Hubert Thüning in seinen poetologischen Schriften zur Moderne formuliert, denn dort wird „das Leben in seiner Substantialität [...] zum Subjekt der Geschichte“¹⁰¹.

Foucault hat seiner Theorie der Biopolitik einen ‚offenen Begriff des Lebens‘ zugrunde gelegt. Das Leben ist darin weder eine ahistorische Entität, noch ein vitalistisches Prinzip und auch keine biologische Essenz, sondern ein Korrelat von Macht- und Wissenstechniken, die ‚das Leben‘ seit der Epochenschwelle um 1800 in je spezifischen, historischen Konstellationen hervorbringen. Die Philosophin Maria Muhle hat die bis dato ausführlichste und einschlägigste Studie zur Genealogie des Lebensbegriffs in Foucaults Theorie der ‚Macht über das Leben‘ vorgelegt. Danach richtet sich sein (Lebens-) Begriff nach dem normativen bzw. die eigene Norm setzenden und dann gleichsam überwindenden Lebendigen, der auf die wissenschaftsgeschichtlichen Studien Georges Canguilhem zurückgeht. Canguilhem ging von einer inneren Aktivität, einer intrinsischen Dynamik des Lebendigen aus: Demnach ist das Lebende „reproduzierend und schöpferisch zugleich, denn Teil der biologischen Aktivität ist einerseits die organische Selbsterhaltung“. Hier wirkt wiederum eine reziproke Logik, einerseits die „Erhaltung des inneren und äußeren Milieus im konstanten Gleichgewicht; andererseits ist die biologische Aktivität dynamisch im Sinne der normativen Selbstüberschreitung“. Das ‚Leben selbst‘ – so ließe es sich auf die Formel bringen – „sprengt bekannte Normen und schafft neue“¹⁰². – Muhle hat in überzeugender Weise dargelegt, dass Foucault zwar an Canguilhem anschließt, den Begriff des Lebens jedoch auf die Macht selbst appliziert.

⁹⁹ Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 170.

¹⁰⁰ Ebd., S. 170 f.

¹⁰¹ Thüning: *Das neue Leben*, S. 18.

¹⁰² Muhle: *Eine Genealogie der Biopolitik*, S. 125.

Die *Verlebendigung der Macht* wird erreicht durch eine Mimesis jener inneren Dynamik des Lebendigen. Die Prozesslogiken dieser Macht respektive Politik gleichen also der besagten intrinsischen Dynamik von Erhalt und Selbstüberschreitung der *Zoë*.

Im ‚offenen Lebensbegriff‘ Foucaults liegt die Möglichkeit einer Aktualisierung der Lebens-Macht-Theoreme: Zuvor immer das Außen der Politik, zeigt sich Leben seit etwa 1800 als immanenter Schauplatz der Machttechnologien. Und wenn hier von Leben die Rede ist, dann nicht als eine spezifische menschliche Lebenskunst oder Existenzform (*bios*), sondern als *Zoë*. Das ist ebenjene antike Kategorie des Denkens, welche die physikalische Realität des biologischen Lebens bezeichnet.¹⁰³ Der Begriff *Zoë* steht in seiner antiken Fassung für das körperlich-physische Leben (*zoon*: Lebewesen). *Zoë* bezeichnet zudem die Qualität des Lebendigen, die Pflanzen, Tieren, Menschen und Göttern eigen ist. Der *Bios*-Begriff betrifft hingegen (nur) das menschliche Leben im Hinblick auf das Vermögen zum ‚guten Leben‘ als Individuum und die Lebensweise in der Gemeinschaft. Die Technikphilosophin Nicole C. Karafyllis hat zu Recht gezeigt, dass die Gegenüberstellung von *Bios* und *Zoë* mit der ‚Entgegensetzung von *nómos* (Gesetz) und *phýsis* (Natur)‘¹⁰⁴ korrespondiert.

Meinen Gebrauch des *Zoë*begriffs und meine Theorie der *Zoë*politik möchte ich jedoch von zwei zeitgenössischen Verwendungsweisen abgrenzen. Das ist einerseits die biopolitische Rechtsphilosophie Giorgio Agambens und andererseits der zeitgenössische Posthumanismus von Rosi Braidotti. In *Homo sacer. Die souveräne Macht und das nackte Leben* macht Agamben den Begriff der *Zoë* zum Zentralbegriff seiner biopolitischen Studien. Ich folge Agamben in der Annahme, ein frühzeitiger Tod habe Foucault „daran gehindert, alle Implikationen des Konzepts der Biopolitik zu entfalten und die Richtung anzuzeigen, in der er die Untersuchung vertieft hätte“¹⁰⁵. Zwar geht auch er von der klassischen *Bios-Zoë*-Unterscheidung aus, jedoch kommt er zu ganz anderen historiografischen Schlüssen: *Zoë* meint „die einfache Tatsache des Lebens, die allen Lebewesen gemein ist (Tieren, Menschen und Göttern), *bios* dagegen bezeichnete die Form oder Art und Weise des Lebens, die einem einzelnen oder einer Gruppe eigen ist“¹⁰⁶. Denn das Eintreten der *Zoë* „in die Sphäre der *pólis*, die Politisierung des nackten Lebens als solches bildet auf jeden Fall das entscheidende Ereignis der Moderne und markiert eine

¹⁰³ Zum Begriff der *Zoë* in den folgenden Absätzen: Müller: „*Zoë* als *Téchne*“, S. 240.

¹⁰⁴ Karafyllis, Nicole C.: „*Bios* und *Zoë*“, in: *Naturphilosophische Grundbegriffe*, <http://www.naturphilosophie.org/bios-und-zoe/> (zugegriffen am 03.03.2023) Karafyllis schreibt weiter zum vornehmlichen Gebrauch des *Bios*-Begriff in der Antike: *Bios* „meint bei Aristoteles die Lebensweise des durch eine Vernunftseele ausgezeichneten Menschen, sei es als Individuum oder als Gruppe. *Bios* verweist im Präfixgebrauch eingedenk der antiken Wortherkunft eigentlich eher auf die Biographie als auf die Biologie. Das Wort Biographie findet sich erst ab dem 6. Jahrhundert nach Christus, wobei die Praxis des lebensrückblickenden Nachrufs am Grab eines Toten schon in das 4. Jahrhundert vor Christus fällt. Die Disziplin Biologie (gegründet um 1800) wäre zutreffender mit ‚Zoologie‘ bezeichnet worden [...]“

¹⁰⁵ Agamben, Giorgio: *Homo sacer. Die souveräne Macht und das nackte Leben*, übers. von Hubert Thüring, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1995, S. 14.

¹⁰⁶ Ebd., S. 11.

radikale Transformation der klassischen politisch-philosophischen Kategorien¹⁰⁷. Im Gegensatz zu meinem genealogischen Ansatz (S. 82 ff.) fokussiert Agamben eben *nicht* die Lebenswissenschaften oder die Naturphilosophie, vielmehr unterzieht er Foucaults Theorem der Biopolitik einer rechtsphilosophischen Relektüre, die er – auf eine kaum begründete Weise – in die Antike zurückverlegt. In der *Zoë* erkennt er das Motiv des ‚nackten Lebens‘ als eine (Ausschluss-)Figur des archaischen, römischen Strafrechtes, die sich im *homo sacer* (*sacer*: ‚verflucht‘ und ‚heilig‘ zugleich) verkörpere. Von der Antike springt Agamben dann zu einer Deutung der modernen Biopolitik. Dort werde der *homo sacer* – beispielsweise als Häftling im Konzentrationslager oder Flüchtender – als eigentliches Subjekt der Moderne sichtbar. Vor diesem Hintergrund, so behauptet Agamben, erscheint das „Lager als biopolitisches Paradigma der Moderne“¹⁰⁸. – Ich hingegen gebrauche den Begriff der *Zoë* für eine historisch-genealogische Perspektivierung: zur Erkundung weiterer Paradigmen und Eskalationen der ‚Macht über das Leben‘, die über die moderne Biopolitik der Bevölkerung hinausgehen. Insofern geht es mir um eine Theorie und Genealogie des ‚Lebenmachens‘, die eher ins Biologische ausgreift. Ich werde also keine Unterwerfungstheorie und -historie des modernen Subjektes ausarbeiten.

Eine weitere Abgrenzung lässt sich mit Verweis auf die zeitgenössische Diskussion um das zoëtische Leben (jenseits des Menschen) ziehen. Hier wird der Begriff der *Zoë* als ein wissenschafts- und wissenspolitischer Begriff in Stellung gebracht. Die Philosophin Rosi Braidotti gebraucht ihn beispielsweise – eher in einem projektiven denn macht-historischen Sinne –, um ein posthumanes Subjekt zu entwerfen, dessen Möglichkeitsbedingung sich aus einem vitalistischen Materialismus speist. Dabei hebt sie die Denkfigur der Selbstorganisation als intrinsische Eigenaktivität des Lebenden hervor: „Die relationale Fähigkeit des posthumanen Subjekts ist nicht auf unsere Art beschränkt, sie umfasst alle nicht-anthropomorphen Elemente.“ So schreibt die Philosophin: „Lebendige Materie – auch das Fleisch – ist intelligent und selbstorganisierend. Sie ist es aber deshalb, weil sie vom übrigen organischen Leben nicht abgetrennt ist.“ Braidotti wendet sich damit gegen sozialkonstruktivistische Ansätze und betont „stattdessen die nicht-menschliche, vitale Kraft des Lebens – dessen, was ich als *Zoé* bezeichne“¹⁰⁹. Ihre Subjekttheorie versteht sich gleichsam als ein „empirisches Projekt, das mit dem, was biotechnologisch vermittelte Körper heute tun können, zu experimentieren ver-

¹⁰⁷ Agamben: *Homo sacer*, S. 14.

¹⁰⁸ Ebd., S. 125. Ein kritisches Weiterdenken Agambens und eine Genealogie des antiken Lebensbegriffs als die Umriss eines zeitgenössischen „(zoo)ökonomischen Dispositivs“ findet sich bei: Lucci, Antonio: „Oikos und *Zoé*. Biopolitik, Zooökonomie, Askese“, in: Thomas Macho (Hrsg.), unter Mitarbeit v. Valeska Neumann, *BONDS. Schuld, Schulden und andere Verbindlichkeiten*, München: Fink 2014, S. 403–420.

¹⁰⁹ Braidotti, Rosi: *Posthumanismus. Leben jenseits des Menschen*, übers. von Thomas Laugstien, Frankfurt am Main: Campus 2014, S. 65.

sucht¹¹⁰. Der Entwurf eines posthumanen Subjektes im Zeichen der „Zoë-Macht“¹¹¹ eröffnet eine durchaus interessante Perspektive auf mögliche neue, differenzierte Formen der (biotechnologischen) Selbstermächtigung desselben. Hingegen erscheint Braidottis Kritik an den führenden Technowissenschaften überraschend holzschnittartig, wenn die „Nano-, Bio-, Informationstechnologie und Kognitionswissenschaft“ als die „vier Reiter der posthumanen Apokalypse“¹¹² bezeichnet werden. – Agambens bisweilen ahistorische Rechtsphilosophie und Braidottis philosophisches Experiment der Subjekttheorie möchte ich einer dezidiert macht- und wissensgeschichtliche Lesart des Zoë-Begriffs respektive der Zoëpolitik gegenüberstellen.

Aus meiner Perspektive¹¹³ ist es kein Zufall, dass sich die ‚Geburt der Biologie‘ und die ‚Geburt der Biopolitik‘ – also das Wissen vom Leben und der Wunsch nach dessen Herstellung – um 1800 ereignen. Denn jenseits dieses Schwellendatums firmiert die Kategorie des biologischen Lebens nicht mehr bloß als eine eherne, naturphilosophische Kategorie, sondern, wie sich mit Jean-Luc Nancy formulieren lässt: *Zoë* erscheint als *Téchne*.¹¹⁴ Leben und Machttechnologien treten in ein reziprokes Verhältnis. Durch diese technologische Appropriation des Lebens verliert es seine Ahistorizität und ermöglicht das Aufkommen neuer Strategien, die darauf zielen, das Leben zu schützen, zu kontrollieren und letztlich qua technischer und medialer Prozeduren in seiner Vitalität zu steigern. Keinesfalls zielt die Formel des ‚Lebenmachens‘ auf eine auf den individuellen Menschen zentrierte Lebenskunst. Vielmehr wird ebenjener *Wille zum Machen* zum Kern einer auf die *Zoë* zentrierten politischen Ökonomie in der Moderne, die schon in dieser Zeit auf das nicht anthropomorphe Leben auszugreifen beginnt.

Dabei ist entscheidend: Diese neue Politik im Zeichen der machttechnischen Zoëgeschichte trägt jedoch die Möglichkeit weiterer Eskalationen und Transformationen *in sich*. Diese Politik kann – wie das ‚Leben selbst‘ – über sich selbst hinauszugehen: *La vie, c'est la création*. Und letztlich eignet der Kopplung von *Zoë* und *Téchne* eine folgenreiche Dialektik: Zwar zielt die Zoëpolitik auf die ‚vollständige Durchsetzung des Lebens‘, sie träumt gewissermaßen vom ‚Lebenmachen‘, doch das ‚Leben selbst‘ erweist sich als volatiler Gegenstand, wie wiederum Foucault bemerkt hat: „Natürlich ist es nicht so, daß das Leben in die es beherrschenden und verwaltenden Techniken völlig integriert worden wäre – es entzieht sich ihnen ständig.“¹¹⁵ Während der Begriff der Biopolitik die klar umrissenen Elemente einer Bevölkerungspolitik in der Moderne beschreibt, so ist der komplementäre Begriff der Zoëpolitik ein Analyseinstrument zur Erkundung und Problematisierung bisher übersehener Schwellen, Eskalationen und Paradigmen

110 Braidotti: *Posthumanismus*, S. 66.

111 Ebd., S. 143.

112 Ebd., S. 65.

113 Vgl. Müller: „Zoë als *Téchne*“, S. 241.

114 Vgl. den Begriff der „Ökotechne“ bei Nancy: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, S. 57–89.

115 Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 170.

des *faire vivre*, die sich jenseits des modernen Macht-Produktions-Zusammenhang von menschlichen Körpern, Sex, Bevölkerung und Milieu auftun.

Vor diesem Hintergrund hat Foucault versucht, der zoëpolitischen *Verlebendigung der Macht* gerecht zu werden, indem er seiner eigenen Theorie eine Art ‚Sollbruchstelle‘ einpflanzte: Eine Machttechnologie, die sich dem Leben anverwandelt, um es zu regieren, zu beherrschen, zu steigern und um es letztlich zu ‚machen‘, unterwirft sich selbst der Logik fortwährender Eskalation. In invertierter Form erscheint *Téchné als Zoë*: Macht als Technologie trägt einer beständigen und produktiven Unabgeschlossenheit Rechnung, die dem quasilebendigen Charakter der Zoëpolitik und den durch sie hervorgebrachten Dispositiven geschuldet ist. „Diese Machtmechanismen, diese Machtverfahren sind als Techniken zu sehen“, so erklärt er in *Maschen der Macht*, „das heißt als Verfahren, die erfunden worden sind, perfektioniert werden und sich unaufhörlich weiterentwickeln. Es gibt eine veritable Technologie der Macht oder, besser, der Mächte, die ihre eigene Geschichte haben“¹¹⁶. Diese prozessuale, sich am Gegenstand orientierende Offenheit des Begriffs der Zoëpolitik ist gleichsam ihr historisches *constituens*. Wie sollte man diese Offenheit heute anders verstehen, denn als eine Aufforderung zur Theorie, die auf die Erkundung bis dato ungesehener zoëpolitischer Eskalationen und Paradigmen zielt?¹¹⁷

Bei Foucault scheint das Theorem der Zoëpolitik bereits angelegt – ohne vollends auf den Begriff gebracht worden zu sein. Dabei handelt es sich um wissens- und medientechnische Verfahren, die das physische Leben – auch jenseits des Menschen – durch materielle und symbolische Operationen (an-)steuern können, um seine Dimension des selbsttätigen Werdens unter menschliche Kontrolle zu bringen. Zoëpolitiken haben also mehrere miteinander verquickte Dimensionen: (1) Es geht darum, lebendige Phänomene durch Wissens- und Medientechniken ins Sag- und Sichtbare zu bringen. (2) Zoëpolitiken zielen darauf ab, die postulierte Selbsttätigkeit und Autogenerativität lebendiger Materien und Körper durch und als technische Operationen für den menschlichen Zugriff zu erschließen. (3) Weil sich in der Zoëpolitik die Selbsttätigkeit der lebendigen Phänomene sowie menschliche Eingriffe verbinden, bietet es sich an, Erstere als eine Fusion zoëtischer und technischer Operativität zu verstehen: Das biologische Leben wird zum Medium, angeschrieben durch symbolische Operationen, hervorgebracht als prozessuales Wissen und performative Materialität, offen für Alterierungen.

Mit dem hier vorgeschlagenen Begriff der Zoëpolitik wäre die macht- und wissensgenealogische Rückseite eines biopolitischen Denkens angezeigt, das auf jene ‚vollständige Durchsetzung des Lebendigen‘ um 1800 zurückgeht; in dieser Denkbewegung wird Foucaults initiales Theorem nicht einfach verabschiedet. Vielmehr wird – bei aller historischen Diskontinuität – eine Kette von Transformationen und Eskalationen sichtbar, die einer reinen Gegenwartsdiagnostik verborgen blieben: In der Durchsetzung des

116 Foucault: *Botschaften der Macht*, S. 179.

117 Zur Unabgeschlossenheit des Biopolitik-Theorems: Müller: „Nach CRISPR“, S. 333.

informationstheoretisch-biokybernetischen Lebensbegriffs wird eine *molekularepistemische* Eskalation der Zoëpolitik erkennbar, welche die Disziplinierung der Körper, die moderne Biopolitik der Bevölkerung und die Modulation des Milieus buchstäblich unterläuft und doch in Kontinuität mit den initialen Elementen des ‚Lebenmachens‘ steht. Jenseits der molekularen Revolution lässt sich sodann eine weitere Eskalationsstufe der Zoëpolitik beschreiben, die sich im Herstellungswillen der synthetischen Biologie Bahn bricht. Meine genealogische Lesart sei jedoch nicht als lineare Geschichtserzählung verstanden, denn keinesfalls lösen sich die im Folgenden behandelten Paradigmen einfach ab. Die drei Paradigmen bedingen einander vielmehr, verlaufen parallel, ergänzen und durchkreuzen sich: Die drei Paradigmen sind, um eine Denkfigur von Elizabeth Povinelli zu gebrauchen: „always co-present“.¹¹⁸ Noch heute ist die (nationalstaatliche) Biopolitik der Bevölkerung allgegenwärtig.¹¹⁹

118 Povinelli, Elizabeth A.: *Geontologies. A Requiem to Late Liberalism*, Durham: Duke University Press 2016, S. 19.

119 Vgl. Rose, Nikolas: *Politics of Life Itself. Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton: Princeton University Press 2007.

4 Die molekularepistemische Eskalation der Zoöpolitik

„Unter die Haut der Welt“ – Zur Erfindung und Implementierung des genetischen Codes

During the latter half of the twentieth century we came to understand that DNA was Schrödinger's ‚code-script‘, deciphered its complex message, and began to figure out precisely how it guides the processes of life. This epic adventure in understanding would mark the birth of a new era of science, one that lay at the nexus of biology and technology.¹

Craig Venter

Die Biologie musste den Sprung zur Molekularbiologie machen, in der das verstreute Leben sich im genetischen Code zusammenfasst.²

Gilles Deleuze

Eine *molekularepistemische* Eskalation in der Geschichte der Zoöpolitik lässt sich in der Entdeckung respektive Erfindung des genetischen Codes in den 1940er Jahren erkennen. Die Figur des genetischen (Befehls-)Codes wird zur Gründungsfigur eines neuen zoöpolitischen Paradigmas, wenn das *vie dispersée* in der Epistemologie des genetischen Codes zusammengezogen wird und nun als eine durch Information gesteuerte, molekulare Maschinerie erscheint. Damit entsteht ein Machtwissen, das aufgrund eines Begehrens nach einer ‚vollständigen Durchdringung des Lebens‘ an jener *Strange Locality* anlangt, die Richard Feynman einmal den *Bottom of Things* nannte.³ In einer machttechnologischen Perspektivierung ließe sich der eingangs zitierte Satz von Gilles Deleuze nochmals paraphrasieren: Die ‚Macht über das Leben‘ vollzog den Sprung in die Molekularbiologie, in der sich das vormals verstreute Leben im genetischen Code – als dem zentralen Operator einer neuen Zoöpolitik – zusammenfasst. Der Wille dieser molekularisierten Macht zielt auf ein neues Wissen vom Leben. Die Macht ‚träumt‘ gewissermaßen von einem unmittelbaren epistemologischen Zugriff auf die fundamentalen Prozesse des Lebenden, der Zugriff auf die Autogenerativität der *Zoë*. Die Frage nach dem ‚Lebenmachen‘ ging „unter die Haut der Welt“⁴; um die berühmte Formel aus Max Benses kybernetischer Philosophie von 1951 zu gebrauchen.

1 Venter: *Life at The Speed of Light*, S. 24.

2 Deleuze, Gilles: *Foucault*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1987, S. 187. Zum Begriff der Zerstreuung: Löffler, Petra: *Verteilte Aufmerksamkeit. Eine Mediengeschichte der Zerstreuung*, Berlin: Diaphanes 2014.

3 Vgl. Feynman, Richard: „There's Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Physics“, *Caltech Engineering and Science*, Band 23/5 (1960), S. 22–36.

4 Bense, Max: „Kybernetik oder Die Metatechnik einer Maschine“, in: *Ausgewählte Schriften*, Bd. 2, Stuttgart: Metzler 1998, S. 441.

In *wissensgeschichtlicher* Hinsicht stand das neue Machtwissen seit den 1950er Jahren gänzlich im Zeichen des informationstheoretischen und biokybernetischen Lebensbegriffes. In dieser Wissenskonstellation wurde die *Zoë* in die folgenreiche Formel *Life is Code* hineingepresst.⁵ Aus dieser historisch-theoretischen Denkbewegung (hin zu Zerstreuung und Konzentration) leite ich meine Formel von der *Singularisierung der Handlungsmacht* ab, die sich – im Zuge der Kybernetisierung und Informatisierung des Lebenswissens – im Zuge der privilegierten Operativität des genetischen Codes in der Struktur der DNA in ontologisierender Weise konzentriert. In den vorangehenden Diskursen des Lebensdenkens der 1930er Jahre, also dem von Organisation und Spezifität, wurde die Handlungsmacht und Operativität noch aus einem Verweisungszusammenhang diverser Prozesse und Entitäten abgeleitet. Doch mit der Erfindung des genetischen Codes galt das Leben nicht länger als Ausdruck einer „molekularen Ökologie“ innerhalb der Zelle. Vielmehr wurde der Organismus „in eine Sequenz komprimiert, seine Funktionen schrumpften auf eine Botschaft zusammen, die einem eindimensionalen DNA-Band eingeschrieben war“⁶.

Der neue Lebensbegriff ist nichts weniger als die Möglichkeitsbedingung einer „Regierungsrationalität“⁷, eines *Cybernetic Government*, das sich im Maßstab des Molekularen und im Medium des genetischen Informationscode auf die „physikalische Natur“ des „Lebens selbst“⁸ richtet und damit die Entitäten einer modernen Biopolitik buchstäblich unterläuft: die Sexualität, den Menschen, die Bevölkerung und die sie umgebenden Environments. Das Versprechen der neuen Zoëpolitik am sogenannten ‚Grund der Dinge‘ verläuft homolog zu denen der Epistemologie der molekularen Revolution: Das Leben wird entkoppelt von den individuellen und kollektiven Körpern des Menschen. Damit kommt es zu einer Adressierung des Lebens unterhalb der sexuellen Reproduktion und gleichsam zu einem Ausgriff des Machtwissens auf die *Zoë* jenseits der menschlichen Gattung. All dies treibt die Maschinenlesbarkeit des Lebens im Medium des universellen, genetischen Codes voran.

In wissenschaftsgeschichtlicher Hinsicht liegen die wichtigen Stationen der Emergenz und Entfaltung einer molekularen Zoëpolitik in Erwin Schrödingers Vorlesungen zum Lebensbegriff am Dubliner Trinity College (1943), Erwin Chargaffs Bestimmung der jeweiligen Konstanzverhältnisse von Adenin zu Thymin beziehungsweise Guanin zu Cytosin (1953), die ‚Enträtselung‘ der DNA als Doppelhelix-Struktur (1953) durch James Watson und Francis Crick, (eine Forschungsleistung, die man heute Maurice Wilkins und mehr noch Rosalind Franklin zurechnet), gefolgt von der Evokation des sogenannten Zentralen Dogmas der Molekularbiologie durch Crick (1958), der Bestimmung

5 Vgl. Watson, James D. und Francis Crick: „Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid“, *Nature* 171/4361 (05.1953), S. 964–967.

6 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 85.

7 Seibel, Benjamin: *Cybernetic Government. Informationstechnologie und Regierungsrationalität von 1943–1970*, Wiesbaden: Springer 2016.

8 Rose: *Politics of Life Itself*.

des Operon-Modells durch François Jacob und Jacques Monod (1961), die ‚Entzifferung‘ des genetischen Codes durch Nirenberg, Matthaei, Khorana und Ochoa (1962 bis 1966) und das Aufkommen der ersten rekombinanten, experimentellen Biotechnologien im Zeichen der Codeepistemologie in den 1970er Jahren. Letztere bildet die Möglichkeitsbedingung der Erfindung von DNA-Sequenzierungsmethoden durch Sanger und Gilbert, die dann als Big-Science-Projekte die lebenswissenschaftliche Agenda der 1990er Jahre bestimmen sollten und von der Genomsequenzierung der Bäckerhefe, über die des Fadenwurms (Nematode) sowie anschließend der Maus und dem Schimpansen und nicht zuletzt zum Humangenom (1990–2003) führten.

Was mit Schrödingers Spekulationen begann und schnell zur Mission der Enträtselung des genetischen Codes wurde, kann zuerst als spekulative und mathematische Phase der molekularen Revolution gekennzeichnet werden. Ab dem Ende der 1950er Jahre setzte sodann eine experimentelle, an konkreten Modellorganismen im Labor vollzogene Forschungsphase ein, die sich dann spätestens ab dem Anfang der 1970er Jahre zu einer Art Kulturgeschichte globalen Typs entwickelte und in der Entschlüsselungsarbeit am menschlichen Genom ihren vorläufigen Höhepunkt nahm. Getragen von großen Summen an Risikokapital entstand ein weltweiter Markt für Biotech-Applikationen, der wiederum den Nährboden für das Aufkommen der synthetischen Biologie stifteten.

Es wird im Folgenden weniger darum gehen, jene kanonischen Ereignisse in der hier angedeuteten (über sechzig Jahre langen) Geschichte der Molekular-Code-Biologie nochmals *en détail* (nach-)zuerzählen. Meine Auseinandersetzung damit versteht sich nur sekundär als Beitrag zur Geschichte der Lebenswissenschaften. Vielmehr wird es darum gehen, eine wissenschaftskritische Forschungsperspektive zu eröffnen. In diesem Kapitel wird der Versuch unternommen, die konstitutiven Elemente der molekularepistemischen Eskalation der Zoëpolitik zu bestimmen, die sich in den 1940er Jahren ereignete. Im Folgenden werde ich dementsprechend die machttechnologischerückseite einer neuen Informationsontologie des Lebens beleuchten.

Das zweite Paradigma, so wird zu zeigen sein, rekuriert(e) auf fünf fundamentale molekular-techno-epistemische Elemente: (1) die Konzentration der Handlungsmacht auf den genetischen Code, (2) die Autogenerativität und multiple Operativität des genetischen Codes, (3) die Postulierung der Universalität des genetischen Codes, durch die das molekulare Machtwissen auf die Zoë auch jenseits der menschlichen Gattung, und damit auf tierisches, pflanzliches, bakterielles Leben ausgreift, (4) die Neuerfindung des Lebendigen als molekulare Maschinerie und (5) die Schriftförmigkeit und die damit einhergehende Maschinenlesbarkeit des Lebens. Am Ende des Kapitels steht eine wissenschaftliche und philosophische Diskussion zum etwaigen ‚Verschwinden des modernen Menschen‘ im Zuge der ‚molekularen Revolution‘. – Das anschließende *Interludium* beschäftigt sich in skizzenhafter Weise mit dem Aufstieg der globalen Bioökonomie, der sich im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts vollzieht, die dann zur Entstehung und Proliferation der synthetischen Biologie führt.

Meine Beschreibung der ‚molekularen Revolution‘ als Zoëpolitik ist eine Synthesearbeit, welche die verstreuten und teils beiläufigen Reflexionen, Befunde und Diagnosen zu einer konsistenten Problematisierung im Hinblick auf eine Genealogie des ‚Lebenmachens‘ verbindet. Dafür lassen sich gewichtige Vorarbeiten und pointierte Problematisierungen in bezeichneter Sache vorfinden: etwa in der sogenannten französischen Epistemologie Georges Canguilhems⁹ und Michel Foucaults¹⁰, der Wissenschaftsgeschichte der Molekularbiologie vorangetrieben durch die Arbeiten von Stefan Helmreich¹¹ und Hans-Jörg Rheinberger¹², den Interventionen der feministischen Wissenschaftsgeschichte und Technowissenschaftskritik, die sich in den Arbeiten von Donna Haraway¹³, Evelyn Fox Keller¹⁴, Hannah Landecker¹⁵ und anderen finden lässt sowie in den medientheoretischen Debatten um den Begriff der Biomedien bei Eugene Thacker¹⁶ und nicht zuletzt einer historisch-kritischen Theoriebildung zum Begriff des Bioökonomie und des Biokapitalismus im Hinblick auf die Etablierung eines globalen Marktes zoëtischer Waren- und Tauchverhältnisse, wie sie etwa von Melinda Cooper¹⁷ und Kaushik Sunder Rajan¹⁸ vorgelegt wurde. Der größte Einfluss bei der Erarbeitung dieses Kapitels geht jedoch von Lily Kays *bis dato* unübertroffenen Wissens- und Kulturgeschichte des genetischen Codes aus.

Die meisten der genannten Beiträge legen nahe, dass jene biokybernetische Transformation weniger im Begriff des Politischen zum Tragen kam. Sie äußert sich vielmehr – entlang der von Donna Haraway beschriebenen technowissenschaftlichen „Neuerfindung der Natur“¹⁹ – in der Diskursfigur der molekularen Codemaschinerie,

9 Canguilhem, Georges: *Regulation und Leben*, hrsg. von Maria Muhle, übers. von Thomas Ebke, Berlin: August Verlag 2017; ebd.: *Die Erkenntnis des Lebens*, Berlin: August 2009.

10 Foucault, Michel: „Wachsen und vermehren“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 2: 1970–1975, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 123–128.

11 Helmreich, Stefan: „What Was Life? Answers from Three Limit Biologies“, *Critical Inquiry* 37/4 (06.2011), S. 671–696.

12 Rheinberger, Hans-Jörg: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2006; „Nachwort“, in: Jacob, François: *Die Logik des Lebenden. Eine Geschichte der Vererbung*, Frankfurt am Main: Fischer 2002.

13 Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*.

14 Keller, Evelyn: *Das Jahrhundert des Gens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2001; ebd.: *Das Leben neu denken. Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert*, München: Kunstmann 1998; „Physics and the Emergence of Molecular Biology. A History of Cognitive and Political Synergy“, *Journal of the History of Biology* 23/3 (1990), S. 389–409.

15 Landecker, Hannah: *Culturing Life. How Cells became Technologies*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press 2009.

16 Thacker, Eugene: *The Global Genome. Biotechnology, Politics, and Culture*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2006; ebd.: *Biomedica*.

17 Cooper: *Life as Surplus*.

18 Sunder Rajan, Kaushik: *Biocapital. The Constitution of Postgenomic Life*, Durham: Duke University Press 2006.

19 Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*.

in der das Wesen des „Lebens als Information und Schrift“²⁰ mit neuen Dispositiven von *Command and Control* durchsetzt wurde. Zudem ist Kays – *en passant* getätigte Bemerkung – über eine „Genealogie der Zukunft“²¹ ausschlaggebend für die inhaltliche Akzentsetzung meiner historisierenden und theoretisierenden Arbeit: In der Logik der Schrift- und Codeförmigkeit des Lebens gibt sich bereits eine Chiffre für das dritte Paradigma der Zoëpolitik als lebenswissenschaftliches Design zu erkennen. Kay lässt sich dahingehend paraphrasieren, dass eine Art *Design Thinking* der Genomeditierung und CRISPR *avant la lettre* in der Emergenz des zweiten Paradigmas enthalten war: „Außer auf Auslegung wartet das Buch des Lebens offenbar auf Überarbeitung.“²² Diese verdeckte *Episteme des Machens*, die bereits im molekulargenetischen ‚Willen zum Wissen‘ angelegt war, sollte bereits kurz nach dem Millennium in den Ingenieurprojekten der synthetischen Biologie Gestalt annehmen.

Im Zentrum meiner zoëpolitischen Analyse steht dabei die Schrödinger'sche Frage nach dem ‚Leben selbst‘, das seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts als molekulare, nicht menschliche, codegetriebene Technologie angeschrieben wurde. In der Auseinandersetzung mit der Geschichte der Molekularbiologie und dem biokybernetischen Lebensbegriff, der heute sowohl das epistemologische Herz der Lebenswissenschaften als auch der synthetischen Biologie bildet²³, werden im Folgenden die fünf bereits benannten Charakteristika des zweiten zoëpolitischen Machttypus offengelegt. Letzterer beginnt mit den biologischen Spekulationen Erwin Schrödingers zu proliferieren.

„Regierende Atome“ – Molekularisierung und Singularisierung der Handlungsmacht bei Schrödinger und Crick

Der Organismus ist eine Maschine, die sich selbst aufbaut.²⁴

Jacques Monod

In den 1940er Jahren befindet sich die Biologie in einem fundamentalen Umbruch. Eine große Zusammenführung vollzog sich auf institutioneller Ebene, als die vielen bisher getrennten lebenswissenschaftlichen Forschungsdisziplinen und Departments auf dem Feld der nun im Entstehen begriffenen Molekularbiologie vereinigt wurden. Zahlreiche Physiker emigrierten nach dem Zweiten Weltkrieg in das neue Forschungsfeld. Die Generation junger Forscher war es aufgrund der projektspezifischen Forschungs-

²⁰ Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 423.

²¹ Ebd.

²² Ebd., S. 15.

²³ Vgl. Frank, Daniel: *Der Topos der Information in den Lebenswissenschaften. Eine Studie am Beispiel der Biosemiotik und der Synthetischen Biologie*, Wiesbaden: Springer 2019, S. 156–174.

²⁴ Monod, Jacques: *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*, München: Piper 1983, S. 55.

konstellationen der Kriegszeit gewohnt, in interdisziplinären Zusammenhängen zu arbeiten. Dem neuen Fach der Molekularbiologie kam dabei zupass, dass sich einige von ihnen nicht mehr fraglos für die Militärforschung einspannen lassen wollten. Das *Manhattan Project* und die Ereignisse von Hiroshima und Nagasaki hatten offenkundig eine abstoßende Wirkung. Doch der Großteil der Physiker, die sich nun in einer Vielzahl der Wissenschaft vom Leben zuwandten, waren nach dem Ende des Krieges beschäftigungslos und brauchten eine neue Arbeit.²⁵

Die Bezeichnung *molecular biology* wurde 1938 von dem Mathematiker Warren Weaver als ein strategischer Begriff geprägt. Der Mitbegründer der Informationstheorie war sechs Jahre zuvor zum Direktor der naturwissenschaftlichen Abteilung der Rockefeller Foundation ernannt worden. Seine Begriffserfindung der Molekularbiologie sollte seiner mechanistisch-molekularen Vision des Lebens Vorschub leisten. Weaver lancierte sein Forschungsprogramm ganz offensiv als ‚*Neue Biologie*‘. Seine Novellierungsgeste zielte darauf, die theoretische und experimentelle Diskussion um den Lebensbegriff hinsichtlich seiner Komplexität drastisch zu reduzieren und die biologische Forschung komplett in die kleinsten Dimensionen der lebendigen Zelle zu verlegen. Im Zuge dieser epistemischen Konzentration auf die Makromoleküle erklärte er alle höheren Skalenebenen kurzerhand als nachrangig. „Molecular biology thus defined the locus of life phenomena principally at the submicroscopic region between 10^{-6} and 10^{-7} cm.“ So erklärt Lily Kay: „[T]his region was the main functional domain of the new biology [which] had immense consequences for the form and content of research.“²⁶ Weaver konzipierte sein molekularbiologisches Forschungsprogramm als *Big Science*, es wurde dementsprechend mit unerhörten Summen gefördert. Als Ort zur Durchsetzung der molekularen Vision wurden die Laboratorien des California Institute of Technology in Pasadena bestimmt.

Aus epistemologischer Hinsicht sollte das Programm als Ockham'sches Rasiermesser fungieren. Zerschneiden wollten *Weaver et al.* die Bande zu den traditionellen biologischen Disziplinen und deren Konvoluten an Erklärungsversuchen zum Lebensbegriff, um sich in wohlakklimatisierten Laboren der amerikanischen Westküsten gänzlich der Erkundung jener molekularen ‚Geheimnisse‘ der Lebensfrage zu widmen.²⁷

25 Vgl. Chadarevian, Soraya de: *Designs for Life. Molecular Biology after World War II*, Cambridge, UK: Cambridge University Press 2002, S. 20–48.

26 Kay, Lily E.: *The Molecular Vision of Life. Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*, Oxford: Oxford University Press 1993, S. 5. Zum Begriff der Molekularbiologie: Toepfer, Georg: „Molekularbiologie“, in: ebd. (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Biologie*, Band 2, Stuttgart: Metzler 2011, S. 611–623.

27 Zur Durchsetzung der molekularen Sichtweise erklärt Kay: „During the 1930s a new biology came into being that by the late 1950s was to endow scientists with unprecedented power over life. [...] The new biology, which became known as molecular biology, emerged as a dominant disciplinary trend. Its molecular vision of life promised to function as Occam's razor, paring down the convoluted explanations offered by traditional biological fields. This new science did not just evolve by natural selection of randomly distributed disciplinary variants, nor did it ascend solely through the compelling power of its

Der Ausbruch der sogenannten ‚molekularen Revolution‘ in den 1950er Jahren ist damit zu einem beachtlichen Teil den strategischen Setzungen einer solchen ‚*New Biology*‘ geschuldet. Als „winner’s perspective“²⁸ wurde sie zur hegemonialen Position im Lebensdiskurs, die bis heute kaum an Bedeutung eingebüßt hat.

Nicht zuletzt widmeten sich einige nobilitierte Physiker jener enigmatischen Logik des Lebenden. Niels Bohr etwa vermutete, dass in der lebendigen Materie das ‚andere Gesetz der Physik‘ auf seine Enträtselung warte.²⁹ Bohrs Verheißung war im Singular formuliert und lag gewissermaßen konträr zu dem in der Biologie seiner Zeit vorherrschenden, heterogenen Denken von Organisation und Spezifität. In diesem Diskurs versuchte man, den Begriff des Lebens als komplexes, mitunter intraskalares Zusammenspiel, als ein heterogenes Ensemble von Faktoren, Strukturen und Prozessen zu fassen, in dem die lebenswissenschaftliche Forschung auf eine Vielzahl von Sub- und Nebendisziplinen rekurrierte. – Im Folgenden werde ich die institutionellen Implementierungen der Molekularbiologie erst einmal beiseitelassen, um den Fokus auf die Entstehung des neuen *Lebensbegriffs* zu richten, dessen Kerngedanke jenseits des Atlantiks formuliert wurde.

Erwin Schrödinger befand sich am ‚Vorabend der molekularen Revolution‘ in Dublin, wo er, nachdem er im Jahr 1939 dem „schrecklichen Nazikrieg“³⁰ in Deutschland und Österreich den Rücken gekehrt hatte, als Direktor des *Institute for Advanced Studies* tätig war. Bereits in den 1930er Jahren hatte Schrödinger im regen Austausch mit Niels Bohr, Max Born und Max Delbrück gestanden, um über die Bedeutung des Thermodynamik-Theorems für den etwaigen Unterschied zwischen belebter und unbelebter Materie zu diskutieren. – Der Physiker hatte sich also schon einige Zeit mit der zeitgenössischen Biologie befasst, als er am 1. Oktober 1942 einen Brief an einen Kollegen aus dem Fach der Biochemie adressierte. Schrödinger argumentierte darin, dass der Begriff des Lebens eine gänzlich ‚energetische‘ Fragestellung sei. Denn für ihn spiegelte sich das Verhältnis von Leben und Nichtleben in dem (noch größeren) Widerstreit zwischen Ordnung und Unordnung. Die spekulative Diskussion lief für Schrödinger also auf die Frage nach einer Art *fundamentalem Principium* hinaus, welches höhere Grade von Ordnung – und damit Leben – erzeugt und ermöglicht. Leben galt ihm in erster Linie als ein distinkter Zustand von Materie.

Schrödinger bediente sich eines allzu (bio-)politischen Denkbildes, um die Problemkonstellation für Conway, seinen Kollegen aus der Biochemie, zu illustrieren. Eine spe-

ideas and its leaders. Rather, the rise of the new biology was an expression of the systematic cooperative efforts of America’s scientific establishment – scientists and their patrons – to direct the study of animate phenomena along selected paths toward a shared vision of science and society.“ Ebd., S. 3.

28 Grote, Mathias: *Membranes to Molecular Machines. Active Matter and the Remaking of Life*, Chicago: University of Chicago Press 2019, S. 4.

29 Vgl. Bohr, Niels: „Light and Life“, *Nature* 131/3309 (04.1933), S. 457–459.

30 Schrödinger, Erwin: *Mein Leben, meine Weltansicht. Die Autobiographie und das philosophische Testament*, München: Deutscher Taschenbuch-Verlag 2006, S. 38.

zifische Denkbewegung, die über das Paradigma der Spezifität hinausweist, sollte einige Monate später zum Ausgangspunkt seiner Vorlesungsreihe am *Trinity College* werden. Im besagten Brief finden sich die folgenden Zeilen:

Ich möchte den ‚Staat der Zellen‘ mit einer Gesellschaft vergleichen, die nach dem Prinzip organisiert ist, dass jeder Beamte, jeder Funktionär, jede Person, die auch nur irgendeine Aufgabe in dieser Organisation hat, die gleiche universelle Ausbildung erhält, zumindest im Prinzip, und so gut über den Plan des Ganzen informiert ist, daß jeder Angestellte im Prinzip die Pflichten des Premierministers übernehmen könnte, jeder Polizist die eines Chefchirurgen etc. etc. So überrascht es mich überhaupt nicht, daß eine der beiden – oder eine der vier Zellen genauso in der Lage sein sollte, das ganze Individuum zu bilden, wenn sie dazu aufgerufen würde.³¹

Was hier ins Auge fällt, ist eine regierungstechnische Heuristik, nach der *ein Principium* für das ‚Ganze‘ der Lebensorganisation verantwortlich sei. Es scheint zudem, als hätte Schrödinger Bohrs Aufruf zur Suche nach *dem* ‚anderen Gesetz der Physik‘ ganz und gar wörtlich (und im Singular) interpretiert: Bei Schrödinger wurde das ‚verstreute Leben‘ in einem präetablierten und privilegierten Ordnungsprinzip ‚zusammengefasst‘. Kurzum: Nicht ein Zusammenspiel heterogener Elemente, sondern nur ein einzelner Faktor bedingt das Leben. In dieser Denkbewegung lässt sich bei Schrödinger ein neuer ‚molekularer Willen zum Wissen‘ erkennen, der sich zuallererst aus dem speiste, was ich die Regierungsrationalität der *Singularisierung der Handlungsmacht* nenne. Es wird mir nun darum gehen, den Topos von der Konzentrierung der molekularen *Agency* im Begriff des genetischen Codes bei Schrödinger zu skizzieren, um daran anschließend dessen diskursiven Übertrag in die so folgenreiche Festsetzung des *Central Dogma of Molecular Biology* von Francis Crick darzulegen. Nur wenige Jahre später wurde aus der Denkfigur des genetischen Codes eine durch die Mathematik begründete und später durch die Biochemie als eine verifizierte Ontologie der DNA-Information als Befehlscode allen Lebens festgeschrieben. In dieser biokybernetischen und molekularmechanistischen Ontologie liegt der Schlüssel zum Verständnis der Wirkungsweise des zweiten zoöpolitischen Paradigmas.

Die Dubliner Vorlesung *What is Life?* aus dem Jahre 1943, die nur ein Jahr später durch *Cambridge University Press* verlegt wurde, trägt den Untertitel *A Physicists Approach to the Subject*. Wie der Untertitel seiner Vorlesungsreihe bereits andeutet, ging es Schrödinger mittels physikalischer Theorie der molekularen Lebensprozesse um eine materialistische Ausdeutung derselben. Mithilfe seines spekulativen Zuganges suchte der Physiker nach einer Novellierung und Zuspitzung der Frage nach dem Leben. Seine Grundlegung zu einem neuen Begriff des Lebens widersteht den suggestiven

31 Die meisten der hier aufgerufenen Figuren – etwa der lebendige Körper als Staatsaggregat aus Zellen und die vielgestaltige Organisation der Prozesse innerhalb dieses lebendigen Körpers – standen in einer langen Tradition eines organisistischen Denkens, das zwischen Biologie und Politik changierte. Dasselbe gilt für die Diskursfigur des Bauplans, die bereits in den 1920er Jahren Konjunktur in der Biologie hatte. Siehe: Schrödinger an E. I. Conway, 25. Oktober 1942, zitiert nach Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 97.

Erklärungsversuchen durch eine quasimetaphysische, spontane Lebenskraft, wie sie der Vitalismus vorsieht. Schrödingers Ausgangsfrage lautete deshalb: „Wie lassen sich die Vorgänge in *Raum und Zeit*, welche innerhalb der räumlichen Begrenzung eines lebenden Organismus vor sich gehen, durch die Physik und die Chemie erklären?“³²

Schrödinger war fasziniert von dem Gedanken, dass lebendige Entitäten die Fähigkeit besitzen, den auflösenden und erosiven *Entropiekräften* – für eine entscheidende Weile – zu widerstehen. Die Frage war also, auf welche Weise es lebende Organismen vermögen, sich dem Entropiesatz zu entziehen, d. h., der Tendenz der Materie zu Unordnung und Wärmetod für eine kurze Zeit zu entkommen. Um jene, der Entropie entgegengesetzte Tendenz des Organismus zu Struktur, Ordnung oder Organisation zu erklären, bediente sich Schrödinger eines epistemologischen Tricks: Ordnung – und damit Leben – sei das *Negativum* der Entropie:

Wenn D ein Maß der Unordnung ist, so kann der reziproke Wert $1/D$ als direktes Maß der Ordnung betrachtet werden. Da der Logarithmus von $1/D$ minus Logarithmus D ist, können wir die Boltzmannsche Gleichung folgendermaßen schreiben:

$$(\text{Entropie}) = k \log (1/D).$$

Damit läßt sich der unbeholfene Ausdruck ‚negative Entropie‘ durch einen besseren ersetzen: die Entropie ist in Verbindung mit dem negativen Vorzeichen selbst ein Ordnungsmaß.³³

Schrödingers Spekulationen über den etwaigen Grund des Lebenden zeugen von einem Denken des Molekularen, das nach einer konkreten Lokalisierung sucht. In einer weiteren Suchbewegung vermutet der Physiker den distinkten Ort der ‚Negentropie‘ innerhalb der lebendigen Zelle. Der Prozess der molekulargenetischen ‚Selbstregierung‘ gehe von den Chromosomstrukturen aus, jenen winzigen, miteinander verwebten Fäden im Kern eukaryotischer Zellen, die zu Schrödingers Zeit noch nicht durch Mikroskopie sichtbar gemacht werden konnten. Ein zentraler, genealogischer Moment des biokybernetischen Lebensbegriffs lässt sich in den Schrödinger’schen Spekulationen identifizieren, wenn seine Argumentation bei einer Gruppe „regierender Atome“ landet, die lediglich „einen Bruchteil ihrer Gesamtheit in der Zelle ausmachen“³⁴. In der Operativität der codegetriebenen Chromosomstrukturen liege das Vermögen, qualitativ distinkte Zustände der Materie hervorzurufen. Ihnen verdankt sich die „erstaunliche Gabe eines Organismus, einen ‚Strom von Ordnung‘ auf sich zu ziehen und damit dem Zerfall in atomares Chaos auszuweichen, aus einer geeigneten Umwelt ‚Ordnung zu trinken‘“³⁵.

³² Schrödinger, Erwin: *Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet*, München: Piper 1989, S. 20.

³³ Ebd., S. 105 f.

³⁴ Ebd., S. 110.

³⁵ Ebd.

Dem Chromosom als Zentrum der Selbstaktivität attestiert Schrödinger sodann eine Art multiple Operativität. Durch diese vermag das Leben, gewissermaßen höhere Grade der Ordnung zu etablieren und sich selbst zu ‚regieren‘. Es handele sich also um eine privilegierte Operativität, die das Geschehen innerhalb der Zelle und damit die geordneten Phänomene des Lebens in materieller sowie temporaler Hinsicht verursacht, kontrolliert und steuert: Denn es „besitzt eine solche Zentralstelle eine derartige Macht über die einzelne Zelle, daß wir sie ruhig mit einer örtlichen Regierungsstelle vergleichen dürfen, die mit den anderen gleichartigen Ämtern, die über den ganzen Körper verteilt sind, mühelos mittels des gemeinsamen Codes verkehrt“³⁶. Schrödinger fasst dabei drei fundamentale Typen der zoëtischen (Selbst-)Aktivität ins Auge. Die Chromosomstrukturen speichern die genetischen Eigenschaften in Form komplexer 4-D-Codemuster. Der Code fungiert zugleich als Erinnerungsinstanz des Lebens und regelt zudem die Vererbungsvorgänge:

Wenn wir die Struktur der Chromosomen einen Code nennen, so meinen wir damit, daß ein alles durchdringender Geist, dem jegliche kausale Beziehung sofort offenbar wäre – wie Laplace ihn sich einmal vorgestellt hat –, aus dieser Struktur voraussagen könnte, ob das Ei sich unter geeigneten Bedingungen zu einem schwarzen Hahn, einem gefleckten Huhn, zu einer Fliege oder Maispflanze, einer Alpenrose, einem Käfer, einer Maus oder zu einem Weibe entwickeln werde.³⁷

Der miniaturische Code übertrage jene „großmaßstäblichen Erbmerkmale des Organismus“³⁸. In ihm liegt also der sogenannte ‚Bauplan‘ für die zukünftige Ontogenese – von der ersten Zellteilung bis zum späteren Individuum. Neben der ordnenden Selbstregulierung und genetischen Speicherung verantwortet der Code nach Schrödinger noch einen dritten Aktivitätstypus: den der Selbsthervorbringung, des Autogenerativen. Im Vergleich mit der molekularen, codegetriebenen Mechanik des Lebenden erscheine etwa die klassische, kartesianische Mechanik als „plumpes Menschenwerk“³⁹. Schrödinger war gänzlich fasziniert von dem Vermögen des Lebendigen, weil es „die Kraft besitzt, sich selbst zu erhalten und geordnete Vorgänge hervorzurufen“⁴⁰.

Sein Lebensdenken erscheint streckenweise als eine Wissenspoetologie des Selbsttätigen. Diese ihm innewohnende Faszination nimmt zumeist in vergleichenden Analogien Gestalt an, mit denen er den Unterschied zwischen Leben und Nichtleben zu veranschaulichen suchte. Dazu ein entscheidendes Beispiel: Lebendige Materie hatte für den Physiker den höchsten Grad der Komplexität respektive Ordnung, an die nur eine spezifische, epistemologische Grenzfigur zum Lebendigen heranreicht. Diese erkannte Schrödinger im Kristall und seinem periodischen Wachstum. Bekanntlich wachsen Kristalle, weil sich ein bestimmtes geometrisches, mikroskopisch kleines Muster regelmäßig

³⁶ Schrödinger: *Was ist Leben?*, S. 112.

³⁷ Ebd., S. 41.

³⁸ Ebd., S. 110.

³⁹ Ebd., S. 120.

⁴⁰ Ebd., S. 110.

wiederholt und damit einen Strukturcode repliziert. Jenseits der Schwelle zur lebenden Materie seien die Codes und Strukturen von noch höherer Komplexität, dass man die Operativität der Chromosomstruktur als einen „*aperiodischen Kristall*“ beschreiben könne, welcher der „stoffliche Träger des Lebens ist“⁴¹. In Schrödingers eigenwilliger Deutung sollte man sich den Unterschied zwischen unbelebter und lebendiger Materie so vorstellen, als vergleiche man eine Streifentapete mit großformatigen Wandbehängen, etwa den Gobelins von Raffael in der Sixtinischen Kapelle.⁴²

Die Einführung des Begriffs des genetischen Codes in *What is Life?* verband sich, wie bereits bemerkt, mit der Denkfigur der Selbstaktivität in dreierlei Hinsicht: Regulierung der molekularen Vorgänge, Übertragung der Erbmerkmale sowie der materiellen Hervorbringung des Lebens selbst. Schrödinger ging davon aus, dass ein „Miniaturcode einem hochkomplizierten und bis ins einzelne bestimmten Entwicklungsplan genau entspricht und irgendwie die Fähigkeit hat, seine Ausführung zu bewerkstelligen“⁴³. Das Entscheidende in jener Suche nach der *prima causa* war der operative Code selbst. So heißt es in einer ikonischen Passage von Schrödingers Vorlesung: „Die Chromosomstrukturen tragen gleichzeitig dazu bei, die Entwicklung, welche sie ahnen lassen, hervorzubringen. Sie sind zugleich Gesetzbuch und ausübende Gewalt, Plan des Architekten und Handwerk des Baumeisters.“⁴⁴ Schrödingers Nachdenken über jenen materiellen *konstitutiven Grund* lebender Entitäten steht im Zeichen des Autogenerativen, einer Denkfigur, in der sich die bereits zitierte Formel ‚La vie, c'est la création‘ von Claude Bernard erkennen lässt. Es ist, als wolle Schrödinger die Diskussion zum Lebensbegriff an genau diesen Bernard'schen Ort jenes Prozesses bringen, an dem sich das Leben – mittels materieller, molekularer, mechanischer Operativität – selbst hervorbringt.

Aus theoretischer Perspektive ließe sich konstatieren: Die Chromosomstruktur wird von Schrödinger als operativ beschrieben. Den codegetriebenen Prozessen ist, wenn sie das Leben generieren und hervorbringen, eine wundersame Selbstläufigkeit und privilegierte Handlungsmacht eigen. Beachtenswert ist jene ‚natürliche‘ Technizität der Codes, die Schrödinger in paradoxaler Weise als Schrift und Struktur und damit in ihrer Agentivität und Generativität als eine Kulturtechnik und gleichsam als der Natur inhärenten Prozess begreift. Jener Code liegt außerhalb menschlicher Wirkmacht: Ihm eignet eher ein ‚autorloses Schreiben‘ oder eine ‚subjektlose Produktivität‘. Das Leben, so ließe sich Schrödingers berühmte Passage verstehen, ist eine ‚autogenerative Technologie‘. Gene erscheinen somit als „aktiv Handelnde, die nicht nur den Organismus beleben, sondern auch seine Entstehung in Gang setzen können“⁴⁵. Der Code ist hybriden Charakters, in dem Symbolisches, Zeichenhaftes und Natürliches sowie Materielles

41 Schrödinger: *Was ist Leben?*, S. 22 f.

42 Ebd.

43 Ebd., S. 92.

44 Ebd., S. 42.

45 Keller: *Das Leben neu denken*, S. 13.

ein produktives Verhältnis eingehen. – Trotzdem waren Schrödingers Spekulationen zum Lebensbegriff von einer relativen Offenheit gekennzeichnet, die sich noch deutlich von der späteren epistemischen Vereinnahmung und Zuspitzung hin zum eindeutigen, mathematisch-informationstheoretischen Codedeterminismus der Biokybernetik unterscheidet.⁴⁶

Schrödingers Codespekulationen rühren damit an dem vielleicht fundamentalsten genealogischen Enigma des Lebensdenkens überhaupt: Welche Eigenaktivitäten, Kräfte und Automatismen wirken innerhalb der lebendigen Materie, die den individuellen, belebten Körper erzeugen und entwickeln? „Es geht um die Frage“, so Sigrid Weigel, „was einen Organismus zu dem disponiert, was er einmal werden soll, und was dafür verantwortlich ist, daß er sich dazu ausbildet oder eben nicht.“⁴⁷ Diese Fragelinie reicht bis zur metaphysischen Naturphilosophie Aristoteles' zurück, die vom Formungsprinzip eines allmächtigen Logos ausgeht, der dann jeweils durch seine belebende Aktivität die potenziell angelegte Möglichkeit des Lebendigen im Stoff aktualisiert und hervorruft. Noch vor der ‚Geburt der Biologie‘ um 1800 wurde die aristotelische Frage nach den Möglichkeitsbedingungen und den Ursachen des stofflichen Lebens unter dem Schlagwort der Epigenese neu verhandelt. Johann Friedrich Blumenbach setzte den Begriff des in der Materie wirkenden „Bildungstribs“⁴⁸ gegen die (antike und mittelalterliche) These der Präformation und Urzeugung. Sigrid Weigel zufolge „geht es in Schrödingers Untersuchungsanordnung um den alten und wiederholten Versuch, jene Mechanismen zu verstehen und zu erklären, nach denen Organismen ihre Form, ihre Gestalt oder Organisation ausbilden, erhalten, weiterentwickeln und vererben“⁴⁹. Dieses Leitmotiv der Selbstbewegtheit lasse sich vom ‚unbewegtem Bewegter‘ bei Aristoteles über den *nisis formativus* bzw. einer *vis formativis* der epigenetischen Theorie oder dem ‚inneren Entwicklungstrieb‘ bei Lamarck, über die ‚Kristallisation‘ bei Maupertuis und in die Diskurse von Spezifität und Organisation bis zur genetischen Information verfolgen.⁵⁰

Schrödingers Idee der negativen Entropie sowie der Begriff des genetischen Codes fielen wenige Jahre später unter die Bedeutungsregime der Informationstheorie und Kybernetik, um dort eine doppelte Zuspitzung zu erfahren. Norbert Wiener formulierte im Jahr 1948 seine berühmte These zum Wesen der Information: „Wie der Informationsgehalt eines Systems ein Maß für den Grad der Ordnung ist, ist die Entropie eines

46 Vgl. Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 99 f. Zum Begriff der Information in der Biologie: Toepfer, Georg: „Information“, in: ebd. (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Biologie*, Band 2, Stuttgart: Metzler 2011, S. 181–194.

47 Weigel, Sigrid: *Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“ (Flusser). Buchstabe und Zahl in grammatologischer und wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive, International Flusser Lecture*, Köln: Walther König 2006, S. 25.

48 Blumenbach, Johann Friedrich: „Über den Bildungstrieb (Nisis formativus) und seinen Einfluß auf die Generation und Reproduction“, in: Georg Christoph Lichtenberg und Georg Forster (Hrsg.) *Göttingisches Magazin der Wissenschaften und Litteratur* 1/5, Göttingen 1780, S. 247–266.

49 Weigel: Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“, S. 25.

50 Vgl. ebd.

Systems ein Maß für den Grad an Unordnung; und das eine ist einfach das Negative des anderen.“⁵¹ Schrödingers Begriff wurde von Wiener mit Shannon kurzerhand undefiniert – und negative Entropie mit Information gleichgesetzt. Eine weitere Transformation erfuhr die Idee des genetischen Codes durch Watson und Crick unter der entscheidenden Mitarbeit von Maurice Wilkins und Rosalind Elsie Franklin im Zuge der ‚Enträtselung‘ der Doppelhelix-Struktur der DNA im Jahr 1953.⁵² Schrödingers Vorlesung habe Watson zufolge gezeigt, „that genes were the key components of living cells and that, to understand what life is, we must know how genes act“⁵³. Schrödingers vierdimensionale Code-Schrift-Struktur, so kommentiert Lily Kay ebenjene epistemologische Schließung, „wurde digitalisiert und schrumpfte auf eine eindimensionale Boolesche Botschaft zusammen, die einem Magnetband eingeschrieben war“⁵⁴. Das Leben selbst, so hatte man Wieners Neudefinition im Fach der Biologie übersetzt, war nun seinem Wesen nach nichts anderes als Information. Aus Schrödingers spekulativen Beschreibungsversuchen des genetischen Codes wurde ein durch Mathematik festgeschriebener Wahrheitsdiskurs. In der Proklamation des *Zentralen Dogmas der Molekularbiologie* durch Crick im Jahr 1958 lässt sich der diskurshistorische Moment erkennen, in dem der Begriff des Lebens vollends in den Bann von Informationstheorie und Kybernetik geriet:

The Central Dogma. This states that once ‚information‘ has passed into protein it cannot get out again. In more detail, the transfer of information from nucleic acid to nucleic acid, or from nucleic acid to protein may be possible, but transfer from protein to protein, or from protein to nucleic acid is impossible. Information means here the precise determination of sequence, either of bases in the nucleic acid or of amino acid residues in the protein.⁵⁵

Die Botschaft war eindeutig, die DNA wurde zum ontologischen Mittel- und operativen Ausgangspunkt allen Lebens erklärt. Der ‚Informationsfluss‘ verläuft Crick zufolge ausschließlich monodirektional. Die DNA sendet ihre codierte Information in die Proteine, wobei die Richtung des Informationstransfers niemals umgekehrt verlaufen könne. In dieser Privilegierung der DNA wurde die Handlungsmacht des genetischen Codes noch weiter konzentriert und gesteigert. Der molekulare Begriff des Lebens erfuhr eine platonische Aufspaltung von einer quasi-idealen DNA und dem materialen Rest der Zelle, der lediglich die Imperative des Befehlszentrums empfängt und ausführt.

51 Wiener, Norbert: zitiert nach: ebd., S. 26.

52 Mit beiden Zuspitzungen durch Wiener, Watson und Crick war Schrödinger keineswegs einverstanden. In einer Reihe von Korrespondenzen – u. a. mit Brillouin – verwehrte er sich der Appropriationen seiner Konzepte durch Kybernetik und Biologie. Vgl. ebd., S. 98 f.

53 Watson, James D.: *The Double Helix. A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, New York: Atheneum 1968, S. 13.

54 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 101.

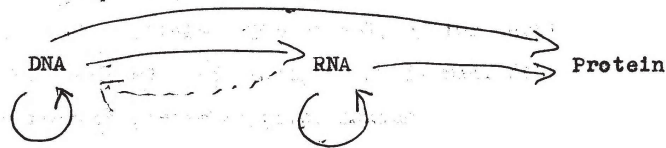
55 Crick, Francis: „On Protein Synthesis“, *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958), S. 138–163, hier S. 153.

Ideas on Protein Synthesis (Oct. 1956)

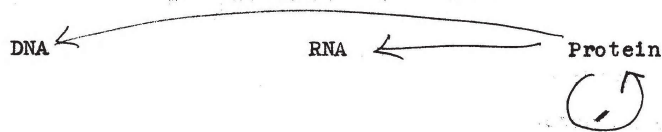
The Doctrine of the Triad.

The Central Dogma: "Once information has got into a protein it can't get out again". Information here means the sequence of the amino acid residues, or other sequences related to it.

That is, we may be able to have



but never



where the arrows show the transfer of information.

Requirements for protein synthesis.

Abb. 13: *Central Dogma*. Diagrammatische Darstellung von Francis Crick.

Bei genauerem Hinsehen hatte Crick damit der kybernetischen Ordnungsfigur des Regelkreises eine Absage erteilt. In sein Dogma implementierte er hingegen „eine lineare Struktur kausaler Einwirkung von der Zentralinstanz der DNA hin zu den nachgeordneten Außenstellen der Proteinfabrik“. In dieser monodirektionalen Prozesslogik zeigt sich zudem eine eigenwillige Ausdeutung des Informationsbegriffs. Evelyn Fox Keller zufolge wurde Information „eher im umgangssprachlichen als im technischen Sinne“⁵⁶ benutzt – (dies, weil sie den ‚Inhalt‘ und die ‚Form‘ des Lebens überträgt). So wurde der genetische Code mit einer multiplen Operativität ausgestattet, die jedwede Prozesse des Lebens – qua codierter Information – zu kontrollieren und hervorzubringen vermag.

Genetische Information und DNA erschienen nach Cricks Dogma sowohl als „Ursprung als auch universeller Agent allen Lebens“⁵⁷. Die Lebensfrage wurde *volens* mit Aristoteles beantwortet. Der Wiedergänger im Diskurs des zentralen Dogmas

⁵⁶ Keller: *Das Leben neu denken*, S. 120.

⁵⁷ Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 54.

ist der *akinētos kinōn*, der unbewegte Beweger. Zur Anschauung gebracht wurde die neue Metaebene und molekularepistemische Eskalationsstufe der Macht (der DNA-Information) über die Synthese von Proteinen in einer Zeichnung von Francis Crick, die er in Vorbereitung auf seinen epochenmachenden Aufsatz zum ‚zentralen Dogma‘ angefertigt hatte. In der diagrammatischen Darstellung zeigt sich die konzentrierte Form molekularer Handlungsmacht in ihrer deutlichsten Ausgestaltung. Die Idee der privilegierten *Agency* des genetischen Codes wurde mit den Mitteln der Mathematik zur zentralen Ordnungsfigur der ‚molekularen Revolution‘ im Zeichen von Informationstheorie und Kybernetik bestimmt.⁵⁸ Schrödingers Vorlesung hatten Watson und Crick, durchaus gegen den Willen des Physikers, den Status eines *document fondateur* zuerkannt.⁵⁹ Schrödingers ‚regierende Atome‘, eine Formulierung, die teilweise noch an das Denken von Organisation und Spezifität erinnert, war nun unmissverständlich zum fundamentalen Befehlscode-Zentrum geworden. Die Imagination von den schmuckvollen Gobelins Raffaels wurde getauscht gegen eine eisige Techno-Ästhetik von *Command and Control*. Der neue Horizont vom Zeitalter der *Technoscience* hatte sich im Inneren der Zelle gelichtet.

Im Hinblick auf die Geschichte der Machttechnologien lässt sich erkennen: Im Denkbild der ‚regierenden Atome‘ respektive des genetischen Codes kommt es zu einer weiteren Eskalation. Eine neue *Verlebendigung der Macht* ereignet sich, wenn das Leben selbst zu einer molekularen Macht wird, die sich im genetischen Code konzentriert. Foucaults trefflicher Diagnose folgend, um 1800 sei die Macht ‚materialistisch‘ geworden, bricht sich mit Schrödinger, Watson und Crick ein neuer, verlebendigter Materialismus Bahn, wenn sich die Macht *und* das Leben ‚am Grund der Dinge‘ selbst hervorbringen, selbst erhalten und selbst übersteigen. Die Macht des Lebens zieht sich also im genetischen Code zusammen – der Code kontrolliert und regiert dergestalt alle physikalisch-chemischen Prozesse des Lebens in fundamentaler Weise. Die Macht des Lebens wird zur lebensmachenden Ontologie ihrer selbst. Gleichsam ziehen die Wissens- und Machttechnologien nun ins Herz der nunmehr molekularisierten Lebensfrage ein. In der Agentur des genetischen Codes erscheint ein neues, verlebendigtes Souveränitätsprinzip, das sich als ‚zentrales Dogma‘ buchstäblich inthronisiert. Der souverän-gesetzte Code ist eine zentralistische Macht, die von der Mitte in die Peripherie wirkt, alle Prozesse des Lebens aller zoëtischen Körper bis in die kleinsten Verästelungen hinein hervorbringt und bestimmt, ohne je von den Elementen außerhalb seiner selbst berührt zu werden. – Zwar wurde das *Central Dogma* nach Crick viele Male kritisiert und mithin widerlegt; doch bildet es heute in der synthetischen Biologie, besonders in den Konstruktionen von Minimalgenomen, ein fundamentales, epistemologisches Zentralelement. Im dritten Paradigma der Zoëpolitik sind es dann das Bioingenieurwesen und

58 Vgl. Hörl, Erich: „Das kybernetische Bild des Denkens“, in: Hagner, Michael und Erich Hörl (Hrsg.): *Die Transformation des Humanen: Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik*, Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, S. 163–195.

59 Vgl. Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 100.

die Praktiken der Genomeditierung, die sich der Souveränitätsmacht des genetischen Codes bemächtigen wollen.

Chemisch werden – Universelle Maschinen der Biologie und ihr Programm

Es ist vorbei mit dem Zeitalter der Repräsentation, dem Raum der Zeichen, ihrer Konflikte, ihres Schweigens: es bleibt nur die ‚black box‘ des Codes, das Molekül, von dem die Signale ausgehen, die uns mit Fragen/Antworten durchstrahlen und durchqueren wie Signalstrahlen, die uns mithilfe des in unsere eigenen Zellen eingeschriebenen Programms ununterbrochen testen.⁶⁰

Jean Baudrillard

Nach der Implementierung jener privilegierten Operativität der DNA in die Tiefendimensionen der lebendigen Materie sollte sich eine weitere Entgrenzung des bio-kybernetischen Zoë-Machtwissens ereignen: Nach der mathematisch-spekulativen Forschungsphase wurde nun – mit den Mitteln der Biochemie – dem neuen Lebensbegriff eine universelle Gültigkeit verliehen. Schrödingers heuristische Wissensfigur der ‚regierenden Atome‘ wurde in den Stand einer realen molekularen Maschinerie erhoben, die den strengen Prozesslogiken des Codes gehorchte und damit die lebensmachende *Agency* der genetischen Information ausweitete. Die *Zoë* verkörperte sich in der neuerfundenen Ontologie der informationsgetriebenen Molekularmaschinerie; alle lebendigen Wesen erschienen darin entsprechend der eingangs zitierten Formel Jacques Monods als sich selbst aufbauende Maschinen.

Die im Folgenden verhandelte ontologische Wende von der präzisen, mathematischen Spekulation zu einer Art Realismus des maschinenhaften Lebens lässt sich mit dem Verweis auf die forschungsdisziplinäre Außenansicht der Geschehnisse um den genetischen Code andeuten. In den Lebenswissenschaften wurde die theoretische Denkfigur des genetischen Informationscodes in einem atemberaubenden Tempo in ein ontologisches Faktum verwandelt, das als Wissensfigur auch weit über die Grenzen der Molekularbiologie Bestand haben sollte. Illustrieren möchte ich diesen Befund anhand eines kurzen Exkurses in ein Feld außerhalb der Biologie, das wenige Jahre später im Skalenbereich von unter 1×10^{-9} m und mit der disziplinären Kennung der Nanowissenschaft seine Arbeit aufnahm.

Vom Standpunkt eines Physikers und Hardwaredesigners verifizierte Richard Feynman am 29. Dezember 1959 in einer Rede vor der *American Physical Society* jene besagte Ontologie der molekularen Codemaschinerie in denkwürdiger Weise. Stattfinden sollte der Vortrag nur ein Jahr nach der Evokation des Crick'schen Dogmas und an dem Ort, von dem aus die *Molecular Revolution* ihren institutionellen und wissen-

60 Baudrillard, Jean: *Der symbolische Tausch und der Tod*, Berlin: Matthes & Seitz 1991, S. 90 f.

schaftspolitischen Siegeszug genommen hatte, dem California Institute of Technology in Pasadena. Wie der Vortragstitel *There's Plenty of Room at the Bottom – An Invitation to Enter a New Field of Physics* bereits vermuten ließ, ging es Feynman um die Frage der Miniaturisierung der Technologie, in der er gleichsam die entscheidende Herausforderung für das Hardwaredesign neuer Informationstechnologien in Zeiten der wohnzimmergroßen Computer erkannte. Seinen Vortrag eröffnete Feynman mit einem eindrucklichen Gedankenexperiment, um darin die Frage zu verhandeln: Ist es technisch möglich, die gesamte *Encyclopædia Britannica* auf die Oberfläche eines Stecknadelkopfes zu schreiben? Ein Vorhaben, das er als ein Unmögliches erklärte – nicht ohne sogleich (s)eine Lösung des suggerierten Problems der versammelten Fachgesellschaft zu präsentieren. Sein epistemologischer, gleichsam ingenieurlogischer Kunstgriff bestand darin, das Problem der Oberflächenschrift zu invertieren und gleichsam ‚ins Material‘ zu verlegen.

Kurzum: Es galt für Feynman nicht mehr ‚auf‘ das Material, sondern vielmehr ‚mit‘ den klein(st)en Elementen unter der Materialoberfläche selbst zu ‚schreiben‘: „Now, instead of writing everything [...] on the surface of the head of a pin, I am going to use the interior of the material as well.“⁶¹ – Seiner spekulativen Erzählung zufolge müsste man lediglich die im Inneren des Materials vorfindlichen Atome als „dots and dashes“⁶² als Repräsentation der Schriftzeichen konfigurieren, mit denen man dann die gesamte *Encyclopædia* in codierter Form schreiben könnte. In diesem Modus des molekularen Schreibens und Speicherns gäbe es noch reichlich ‚Platz‘ für einige andere Bücher: „[I]t turns out“, so konkludierte der Physiker, „that all of the information that man has carefully accumulated in all the books in the world can be written in this form in a cube of material one two-hundredth of an inch wide [...] So there is plenty of room at the bottom!“⁶³

Feynmans Referenz einer ingenieurtechnologischen Imagination des miniaturischen Schreibens und Speicherns waren nicht etwa die zeitgenössischen Medien, bei denen große Datensätze in kleinem Maßstab auf Oberflächen geschrieben werden. Nicht ohne eine gewisse Ironie exklamierte er deshalb vor versammeltem Publikum: „Don't tell me about microfilm!“⁶⁴ Genau an diesem Punkt wendet sich der Physiker der Molekularbiologie zu. Es scheint, als hätte Feynman von Norbert Wieners informationsontologischer ‚Deckungsgleichheit‘ von Maschine und Organismus regen Gebrauch gemacht, denn ein weiterer epistemologischer Kunstgriff bestand darin, den neuen Lebensbegriff *als* techno-ontologische Referenz für seine Ausgangsfrage ins Feld zu führen. Denn Feynmans Hauptreferenz war der biokybernetische Lebensbegriff selbst, der jedoch nicht als spekulativ-programmatisches Erzählelement, sondern vielmehr als ein faktisches Wissen in Anschlag gebracht wurde. Dementsprechend erklärte er:

61 Feynman: „There's Plenty of Room at the Bottom“, S. 24.

62 Ebd.

63 Ebd.

64 Ebd., S. 24.

This fact – that enormous amounts of information can be carried in an exceedingly small space is – of course, well known to the biologists, and resolves the mystery which existed before we understood all this clearly, of how it could be that, in the tiniest cell, all of the information for the organization of a complex creature such as ourselves can be stored. All this information – whether we have brown eyes, or whether we think at all, or that in the embryo the jawbone should first develop with a little hole in the side so that later a nerve can grow through – it all this information is contained in a very tiny fraction of the cell in the form of long-chain DNA molecules in which approximately 50 atoms are used for one bit of information about the cell.⁶⁵

Feynmans *Engineering Tale* rekurrierte also auf eine spezifische Vorstellung der lebenden Natur aus den Diskursen der ‚molekularen Revolution‘, in der die *Zoë* selbst als eine autogenerative und molekulare *Téchne* erschien. Gänzlich, ohne seine Faszination zu verbergen, sprach er von den realen, molekularen, durch genetische Information gesteuerten Maschinerien, die am Grund der Materie („at the bottom“) wirksam seien:

The biological example of writing information on a small scale has inspired me to think of something that should be possible. Biology is not simply writing information; it is *doing something* about it. A biological system can be exceedingly small. Many of the cells are very tiny, but they are very active; they manufacture various substances; they walk around; they wiggle; and they do all kinds of marvelous things all on a very small scale. Also, they store information. Consider the possibility that we too can make a thing very small which does what we want that we can manufacture an object that maneuvers at that level!⁶⁶

Feynman ging sogar so weit zu behaupten, in nur wenigen Jahren könne man die beschriebenen Entitäten, Prozesse und Ontologien mit einer neuen Generation von Mikroskopen in Augenschein nehmen. Die molekularen Maschinerien galten dem späteren Nobelpreisträger der Physik als ein entscheidendes Vorbild zur Spekulation über die Erfindung neuer, miniaturischer Technologien, die etwa im Bereich des Computers die riesenhafte Hardware obsolet machen könnten. Dieses Programm für eine Nanowissenschaft⁶⁷ dokumentiert gleichsam eine epistemische Schließung und ontologische Wende des Lebensbegriffs: Die noch wenige Jahre zuvor diskutierte spekulative Frage des ‚Life

65 Feynman: „There’s Plenty of Room at the Bottom“, S. 24.

66 Ebd., S. 25.

67 Die Entlehnung der soften, molekularen Maschinenemblematis aus den Diskursen der Biologie sollte eine konstitutive Denkbewegung für die nanowissenschaftliche Imagination bleiben. Es ist beachtlich, dass diese biokybernetische Epistemologie und Ontologie aus der Mitte des 20. Jahrhunderts den Goldstandard für die kommende Nanowissenschaft bildet(e). In Eric Drexlers Manifest erscheinen die molekularen Maschinen dann sogar als *Engines of Creation*, die den Weg weisen sollen in eine *Coming Era of Nanotechnology*. Drexler schreibt fast dreißig Jahre nach Feynman: „In cells, molecular machines first transcribe DNA, copying its information to make RNA ‚tapes‘. Then, much as old numerically controlled machines shape metal based on instructions stored on tape, ribosomes build proteins based on instructions stored on RNA strands.“ Drexler, Eric: *Engines of Creation. The Coming Era of Nanotechnology*, Oxford: Oxford University Press 1990, S. 6.

itself' erschien plötzlich als ein DNA-Realismus jenes „marvelous biological system“⁶⁸ am sogenannten Grund der Materie. Es lässt sich heute nicht mehr rekonstruieren, ob Warren Weaver an ebendiesem Dezembertag in Pasadena im Publikum saß. Feynmans Ausführungen hätten ihm sicherlich geschmeichelt.

Zurück zur Molekularbiologie der frühen 1960er Jahre: Die Ontologisierung des neuen Lebensbegriffs war in den Diskursen der mathematischen Phase bereits angelegt. Doch wirklich implementiert wurde sie erst in den Laboren und Petrischalen der Biochemie. Dort vollzog sich die Forschung nicht mehr nur *in theoria*, sondern auch *in vitro*. Bereits 1953 versuchte Stanley L. Miller den biochemischen ‚Ursprung des Lebens‘ als eine spontane Bildung von organischen Verbindungen im Labor nachzuvollziehen.⁶⁹ Millers aufwendige Experimente zur Erzeugung von Aminosäuren wurden unter der ikonischen Formel einer *Prebiotic Soup* bekannt.⁷⁰ Das biochemische Mittel der Wahl wurde jedoch der Modellorganismus. Denn dieser versprach einen direkten, experimentellen Eingriff in das Leben. Man kaprizierte sich vornehmlich auf *Escherichia coli*. In der Laborarbeit erschienen die Modellorganismen schließlich als Stellvertreter:innen für die gesamte Welt der Zoë. Im Hinblick auf die ‚Entzifferung‘ des genetischen Codes⁷¹ durch Nirenberg und Matthaei zusammen mit Khorana und Ochoa, die sich in den Jahren 1962 bis 1966 ereignete⁷², gab François Jacob wenige Jahre später zu Protokoll: „Der genetische Code ist heute fast vollständig bekannt. [...] Alle Organismen, vom Menschen bis zum Bakterium, scheinen fähig zu sein, jede beliebige genetische Botschaft fehlerlos zu interpretieren. Der genetische Code scheint universal zu sein, und sein Schlüssel ist der ganzen lebenden Welt bekannt.“⁷³ Binnen weniger Jahre und ohne größeres Zögern hatte man das ‚bakterielle Wissen‘ auf komplexere Lebensformen übertragen. Jacques Monod war davon überzeugt, dass was sich für „E. coli als wahr erweist, auch von Elefanten als wahr gelten muß“⁷⁴. – Mit dem Sprung in die Tiefendimension des Molekularen und mit dem Postulat der symbolischen und realen Universalität des genetischen Codes überschreitet die Macht ihre moderne Zentrierung und Limitierung sowohl im Hinblick auf das menschliche Leben als auch die Mikrophysik der Körper, um auf der molekularen Skalenebene ein „wesentlich mächtigeres Operationsfeld“⁷⁵ zu begründen. In diesem Feld wirkten zwei konstitutive Diskursfiguren:

68 Feynman: „There's Plenty of Room at the Bottom“, S. 25.

69 Vgl. Miller: „A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions“, S. 528–529.

70 Vgl. Bada, Jeffrey L. und Antonio Lazcano: „Prebiotic Soup. Revisiting the Miller Experiment“, *Science* 300/5620 (02.05.2003), S. 745–746.

71 Vgl. Nirenberg, Marshall Warren und Johannes Heinrich Matthaei: „The Dependence of Cell-free Protein Synthesis in E. coli upon Naturally Occurring or Synthetic Polyribonucleotides“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 47/10 (1961), S. 1588–1602.

72 Eine Geschichte der sogenannten Entzifferung des genetischen Codes findet sich bei: Rheinberger: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*, S. 227–232.

73 Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 295.

74 Monod, Jacques, zitiert nach: Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 309.

75 Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*, S. 50.

(1) *Biokybernetische (Schrift-)Ontologie*: Anhand der Befunde um *E. coli* währte man sich am Eingang zu einem neuen Paradigma der Forschung, in dem Biologie und Technologie auf eine enigmatische Weise fusionierten. Die von Jacob beschworene *Logik des Lebenden*⁷⁶ erschien nun – ihrem Wesen nach – als eine durch und durch nachrichten- und regierungstechnische Angelegenheit. Die materiell-chemische Dimension des Lebenden wurde nun im Denkbild der chemischen Miniaturfabrik zur Anschauung gebracht. In dieser Fabrik gehorchten sowohl der Produktionsprozess (von Proteinen zu Geweben zu Organen zu Körpern) als auch die innere Logistik den spezifischen Imperativen von zentralistischer Regelung und Steuerung. Das ‚Befehlszentrum‘ der DNA übertrug seine Befehle nun mittels der Boten-RNA auf die weiteren Produktionsbezirke der organischen Fabrik, so die Lehre aus den Forschungen von Jacob und Monod. Der Informationsfluss der Befehle verlief bekanntlich einseitig, als eine Art *cybernetics without feedback loops* – ohne die Rückkopplung aus der intra- und extrazellulären Umgebung. Die DNA wachte über die Fabrikation des Lebens.

Nach Claude Shannon und auch Norbert Wiener verbot sich jedwede Übertragung eines ‚Sinngehaltes‘ durch die Information. In der Molekularbiologie kam man zu ganz ähnlichen Schlüssen: Das Leben war auf eine Botschaft zusammengeschrumpft, die sich selbst übermittelte. Die *Zoë* selbst firmierte nunmehr als eine Art skripturale Technologie, die ihren codierten Datensatz mittels der Nukleinbasen A-G-T-C in lebendigen Stoff übersetzte. Zum Beleg sei eine längere Ausführung Jacobs zitiert:

Unser Wissen von der Vererbung wird am besten mit der Vorstellung einer chemischen Botschaft wiedergegeben. Diese Botschaft ist nicht in Ideogrammen wie die chinesische Schrift verfaßt, sondern in einer Art Morsealphabet. Wie ein Satz ein Segment eines Textes darstellt, so entspricht ein Gen einem Segment Nukleinsäure. In beiden Fällen bedeutet das Einzelzeichen nichts; erst die Kombination der Zeichen ergibt einen ‚Sinn‘. In beiden Fällen beginnt und endet eine bestimmte Sequenz, Satz oder Gen, mit speziellen Zeichen der ‚Punktierung‘. Die Umwandlung der Nukleinsäuresequenz in eine Proteinsequenz gleicht der Übersetzung einer Botschaft, die im Morsealphabet geschrieben empfangen wird und erst dann sinnvoll wird, wenn sie zum Beispiel ins Französische übersetzt wird. Diese Übersetzung geschieht mit Hilfe eines ‚Code‘, der die Übereinstimmung der Zeichen in beiden ‚Alphabeten‘ festlegt.⁷⁷

In dieser eigentümlichen Appropriation wurde der Leitbegriff der Information nicht nur im Hinblick auf die Operationen des Speicherns und Übertragens verwendet, sondern immer deutlicher als primäre Handlungsmacht zur physikalischen und chemischen Hervorbringung der lebendigen Materialität adressiert. Die ‚richtige‘ Anordnung der alphanumerischen Elemente in der chemischen Linearität lässt den formgebenden ‚Sinn‘ entstehen, der letztlich den Unterschied zwischen Leben und Nichtleben ausmacht. Der denkbare Unterschied zwischen ‚einfachen‘ Lebensformen und kom-

⁷⁶ Jacob: *Die Logik des Lebenden*.

⁷⁷ Ebd., S. 293 f.

plexen Organismen ist dabei durch nichts Weiteres zu begründen als die Länge des DNA-Stranges.

Die rätselhaften und verzweigten Baupläne im Inneren der Zelle, welche die Biologie des 19. Jahrhunderts beschäftigten, wurden *ad acta* gelegt. Spekulierte Schrödinger mit den eher klassischen, der Architektur entliehenen Denkbildern von Baumeister, Bauplan und ausführender Gewalt, so war der Organismus für François Jacob und Jacques Monod nichts weiter als eine nachrichtentechnische und codegetriebene Maschinerie, die sich auf molekularer Ebene ‚selbst‘ aufbaut.⁷⁸ Wie Lily Kay zu Recht argumentiert, waren die „Repräsentationen eines zielgeleiteten und selbstregulierenden zellularen Computerprogramms“ keineswegs „bloße Rhetorik“. Vielmehr fungierten sie als bestimmender „Diskurs, als Denk- und Handlungsweise“⁷⁹ in der Wissensordnung der Molekularbiologie. – Die Suggestion der Computersemantik wirkt bis heute nach, denn nicht umsonst ist die bereits erwähnte *Digital Biology* nach Craig Venter eines der primären Forschungsfelder der synthetischen Biologie (S. 165).

(2) *Heredität und genomisches Programm*: Es galt fortan das Leben in seiner Essenz als miniaturische Fabrik zu begreifen, in der eine softe, durch symbolische Operationen gesteuerte DNA-Maschinerie – um Georges Canguilhem zu paraphrasieren – die anderen Maschinerien (in-)formiert und hervorbringt.⁸⁰ Der Vorgang wird Jacob zufolge bedingt durch einen überzeitlichen, molekularen Codierungsmechanismus, der nicht nur die Bildung der Proteine determiniert, sondern auch in der nachfolgenden Generation des Organismus in bestimmender Weise auftritt.

Spätestens hier stellt sich die Frage, welche Implikationen der biokybernetischen Theorie sich für die Diskurse von Evolution und Naturgeschichte skizzieren lassen und welche spezifischen Denkbilder dafür in Gebrauch genommen werden. Im Ausgriff auf die temporale Dimension der Vererbung zeigt sich ein weiteres epistemisches Element des zweiten Paradigmas der Zoöpolitik: Ein neuer Zugriff des Machtwissens lässt sich erkennen, wenn die privilegierte Operativität der DNA nach Crick durch die Biochemie auf den Prozess der Vererbung appliziert wurde. Heredität erscheint als unablässiger, molekularchemischer Prozess, der im Jacob’schen Begriff des Programms zur Anschauung kommt; als eine Ordnungsfigur, die letztlich „ein den elektronischen Rechenmaschinen entliehenes Modell [ist]“⁸¹. Oder noch deutlicher: „Die Ordnung in einem Lebewesen beruht [...] auf der Struktur eines Riesenmoleküls.“ Dort ist „[d]er Plan des Organismus in einer Kombination von chemischen Symbolen aufgezeichnet. Die Vererbung arbeitet wie das Gedächtnis einer Rechenmaschine“⁸². Nach Jacob ver-

⁷⁸ Vgl. Monod: *Zufall und Notwendigkeit*, S. 55.

⁷⁹ Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 37.

⁸⁰ Vgl. Sprenger, Florian: „Maschinen, die Maschinen hervorbringen. Georges Canguilhem und Friedrich Kittler über das Ende des Menschen“, *Jahrbuch für Technikgeschichte* 3 (2016), S. 229–255.

⁸¹ Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 17.

⁸² Ebd., S. 272.

antwortet die DNA jene „Operationen, die Starrheit ihres zeitlichen Ablaufs und den ihnen zugrunde liegenden Zweck“⁸³. Letztlich ist das „genetische Material“ mit dem „magnetischen Band eines Computers“⁸⁴ zu vergleichen.

In den Arbeiten des französischen Nobelpreisträgers kommt also ein Denken der Vererbung zum Vorschein, das sich anlehnt an Imagines des Digitalrechners und diese in seiner befehlsförmigen Technizität gleichsam noch übersteigt. Seine molekulare Maschinerie der Lebensherstellung ist einer starren Operationslogik in doppelter Hinsicht unterworfen: der strengen Durchführung des Codes und der Unveränderbarkeit des genetischen Programms. Diese Starrheit unterscheidet sich von dem Programm des Computers, bei dem „Information in Funktion der erhaltenen Resultate hinzugefügt oder gelöscht“⁸⁵ werden kann. Hingegen sei die „Struktur der Nukleinsäure der erworbenen Erfahrung unzugänglich und bleibt im Verlaufe der Generationen unverändert. [...] Das Programm enthält alle Vorgänge, die jedes Mal den ganzen Zyklus durchlaufen und jedes Individuum von der Jugend zum Tod führen“⁸⁶. – Hier stellt sich durchaus die Frage, wie sich bei der postulierten Starrheit des Programms epigenetische Veränderungen im Bereich der Lebewesen ergeben. Jacob sieht dabei inhärente und äußerliche Faktoren vor: Im Inneren der Maschinerie findet sich die Möglichkeit zur Veränderung, diese Veränderungen sind ihrem Wesen nach als zufällige (Schreib-)Fehler anzusehen, die beim Kopiervorgang im Zuge der Zellteilung geschehen. Die zweite Möglichkeit zur Veränderung ist das Milieu, das von außen als Summe aller selektierenden Faktoren auf den Organismus wirkt. Auch hier geht Jacob davon aus, dass sich der Codemechanismus der DNA nicht verändert, die Umwelt ist lediglich imstande, eine Explikation (mit) hervorzurufen, indem ein Gen aktiviert wird, oder eben nicht. Zur Explikation dieses Argumentes erweitert der französische Biologe seine Steuerungs- und Computermetaphorik mit einem charmanten Beispiel, dem der Vinyl-Schallplatten und der Jukebox:

Das System läßt nur eine Wahl zwischen zwei Möglichkeiten einer Alternative zu. Die einzige Instruktion, die vom Milieu empfangen werden kann, geschieht durch die Regulatorproteine und ist ein Signal: Lauf oder Stillstand. So gleicht die Ablesung der genetischen Botschaft der Musikbox im Café: drückt man auf einen der Knöpfe, so wählt man unter allen Platten der Maschine diejenige aus, die man hören möchte. Es ist jedoch unmöglich, den Text oder das Abspielen der aufgenommenen Musik zu verändern.⁸⁷

In dieser doppelten Denkbewegung von Fehler und Umwelt liegt nicht zuletzt die Einspeisung des darwinistischen Evolutionsbegriffs – der sich bekanntlich aus Mutation und Selektion zusammensetzt – in die Maschinerie des biokybernetischen Lebensbegriffs. Darwin hat als eine entscheidende Fragestellung seiner Theorie angegeben,

⁸³ Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 17.

⁸⁴ Ebd.

⁸⁵ Ebd., S. 17.

⁸⁶ Ebd., S. 17 f.

⁸⁷ Ebd., S. 312.

warum sich eine Stabilität der Formen über lange Zeiträume erhält und Formvarianzen sich nur sehr langsam und über viele Generationen ergeben – wobei dann erst in der genealogischen Rekonstruktion gesagt werden kann, dass sich die eine Art von der anderen unterscheidet. – Evolution und Heredität, so ließe sich Jacobs Begriff des genetischen Programms verstehen, sei ein unablässiger, chemischer Prozess der Formung und Hervorbringung von Leben, gesteuert durch die dem Stoff gegenüber privilegierte Information. „[D]ie Geschichte des Individuums, d. h. die hereditäre Vorgeschichte seiner Abstammung und die zukünftige Geschichte seiner Entwicklung, sowie die räumliche Ordnung und Struktur des Organismus [ist] in codierter Form in der Basensequenz der DNA enthalten.“⁸⁸ In der Ontologisierung des biokybernetischen Lebensbegriffs lässt sich deshalb eine weitere epistemologische Entgrenzung erkennen, die einen neuen, potenziellen Möglichkeitsraum für die molekulare Macht über das Leben eröffnen sollte. „Dieses Programm tief in unseren Zellen ist unausweichlich“, so erklärt Philipp Sarasin Jacobs (anthropologische) Botschaft der molekularen Lebensontologie, „es ist der ‚Code‘, der uns ausmacht.“⁸⁹

Für den Fortgang meiner Untersuchung lässt sich festhalten: Schrödingers Lebensdenken setzte die fundamentalen Prozesse der Zoë als Negentropie-Maschine in Szene; Watson und Crick schreiben diesem spekulativen Automaten die strenge Logik der Information ein; Jacob und Monod wiederum verquicken diese beiden diskursiven Elemente durch eine Chemikalisierung des Codedenkens, in dem letztere die Qualität eines ontologischen, universellen, transhistorischen Faktums gewann. Durch Jacobs Programmbegriff wurde der Code von seiner zellulären Begrenzung befreit und als überzeitlicher ‚Mechanismus‘ auf die gesamte Geschichte der lebendigen Natur ausgedehnt. Damit wurde die Handlungsmacht jener Informationscodelogik der Vererbung gleichsam als geschichtsmachendes Dispositiv insinuiert. Zu diesem Motiv werde ich später noch einmal zurückkommen (S. 169).

An dieser Stelle möchte ich zunächst resümieren: Im Diskurs um das chemische, überzeitliche ‚Programm allen Lebens‘ wurde der Begriff des Codes auf die naturhistorische Achse der gesamten Evolution ausgebreitet. Gleichsam erkannte man im Code nichts Geringeres als den universellen ‚Quellcode‘ lebendiger Materie und Entitäten.⁹⁰ In diesem Kreuzungspunkt versprach die Biokybernetik einen epistemischen Zugriff auf die biologische Zeitlichkeit (qua Programm) und jegliche lebende Entität (qua universellen Lebensbegriff). Der genetische Code firmierte in diesen Diskursen als uni-

⁸⁸ Ruf, Simon: „Über-Menschen. Elemente einer Genealogie des Cyborgs“, in: Keck, Annette und Nicolas Pethes (Hrsg.): *Mediale Anatomien: Menschenbilder als Medienprojektionen*, Bielefeld: Transcript 2001, S. 276.

⁸⁹ Sarasin, Philipp: *Darwin und Foucault. Genealogie und Geschichte im Zeitalter der Biologie*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009, S. 383.

⁹⁰ Vgl. dazu die Theorie und Denkfigur der „Morphogenese“: Turing, Alan M.: „The Chemical Basis of Morphogenesis“, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 237/641 (1952), S. 37–72.

verseller Determinismus aller zoëtischen Wesen. Die autogenerative Operativität des ‚Lebens selbst‘ wurde schließlich als molekulare Maschinerie disponiert, die sich mittels ihres genomischen Programms bereits mit der Emergenz des planetarischen Lebens selbst in Gang gesetzt habe. – Im Anfang war der Code? Oder etwa nur die Geschichtsvergessenheit der Lebenswissenschaften im Spiegelkabinett informationsontologischer Idiome – in Zeiten, in denen in anderen Disziplinen die großen Erzählungen in Verruf gerieten?

Hyle und Morphe I: Souveräne Ordnung am „Grund der Dinge“

Das hylemorphe Schema besteht daher aus einem Paar, in dem die beiden Glieder deutlich sind
und die Beziehung dunkel.⁹¹

Gilbert Simondon

Die molekulare Macht über das Leben – um die berühmte Formel Max Benses über die Kybernetisierung der modernen Technologien zu bemühen – ging seit den 1950er Jahren ‚unter die Haut der Welt‘. Während sich im kontinentalen Europa die ‚Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften‘⁹² andeutete, sollte ein neuer Idealismus des Codedenkens Einzug in die Epistemologie, Narrative und Ontologien der postspezifizistischen Molekularbiologie halten. Vor diesem Hintergrund sind vier der fünf fundamentalen molekular-techno-epistemischen Elemente des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik zur Darstellung gekommen: Es wurde gezeigt, welcher außerordentlicher Status dem genetischen Code und jener das Leben regierenden Information zukam, wenn sich die Frage nach der Handlungsmacht im genetischen Code konzentriert. Die exzeptionelle Handlungsmacht wurde noch verstärkt durch die Ontologisierung und Materialisierung des molekularbiologischen Codemaschinendenkens in den (Wahrheits-)Diskursen der Biochemie. Auf Basis dessen brach sich eine doppelte Entgrenzung des zoëpolitischen Machtwissens Bahn, die als universaler Lebensbegriff auf die Biologie aller Lebewesen ausgriff und als überzeitlicher Mechanismus dem Diskurs der Heredität Raum verlieh. Die Neuerfindung des Lebenden kam im Denkbild einer molekularen, durch die DNA regierte Maschinerie zur Anschauung.⁹³

Spätestens hier stellt sich dann die Frage nach den zoëpolitischen Implikationen des DNA-zentrierten Lebensbegriffs. In diesem Kapitel beschäftige ich mich mit den Folgen

91 Simondon, Gilbert: *Die Existenzweise technischer Objekte*, Zürich: Diaphanes 2012, S. 224.

92 Kittler, Friedrich A. (Hrsg.): *Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften. Programme des Poststrukturalismus*, Paderborn: Schöningh 1980; Weigel: Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“, S. 27 f.

93 Vgl. Jacob: *Die Logik des Lebenden*; Bublitz, Hannelore: „Täuschend natürlich. Zur Dynamik gesellschaftlicher Automatismen, ihrer Ereignishaftigkeit und strukturbildenden Kraft“, in: Bublitz, Hannelore u. a. (Hrsg.): *Automatismen*, Paderborn: Fink 2013, S. 153–171.

der dargelegten Schriftförmigkeit des biokybernetischen Lebensbegriffs und die damit einhergehende Maschinenlesbarkeit der *Zoë*, die in wissenshistorischer Perspektive an die lange Geschichte des ‚Buch des Lebens‘ anschließen – und sich bis zur synthetischen Biologie fortschreiben. Gegenstand der zweiten Hälfte dieses Abschnittes ist schließlich die Thematisierung der epistemischen und gleichsam machttechnologischer Strategie, die als folgenreiche Trennung von aktivem Stoff (genetische Information) und passivem Material (Proteine) die konstitutive Wirksamkeit einer molekularen Macht über das Leben begründet. Die hylemorphe Verfassung einer das Leben hervorbringenden Operativität rekurriert wiederum auf spezifische, antike Chiffren und Elemente des Wissens – als eine Camouflage der souveränen Macht, die sich hinter der Trennung von Stoff und Form verbirgt. Das Ziel dieser Auseinandersetzung ist die Erarbeitung einer theoretisch-historischen Basis, die eine fortführende Analyse der zoëpolitischen Implikationen der synthetischen Biologie ermöglichen wird (S. 177).

Mit Lily Kay lässt sich die vielleicht tiefste Einsicht in die machttechnologischen Charakteristika des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik gewinnen. Zwar gilt ihre so detailreiche Historie von der Erfindung des genetischen Codes und der Durchsetzung jener ‚molekularen Vision des Lebendigen‘ als ein unübertroffenes Zentralwerk einer Wissen(schaft)s-geschichte zum bezeichneten Sachverhalt. Doch im Vergleich zur Tiefenschärfe ihrer wissenschaftshistorischen Arbeiten hatte Kay ihre Gedanken zur Rekonzeptualisierung der Biopolitik nur mit einigen Sätzen umrissen, obschon sie Foucaults Theorie neben Derridas Grammatologie als eine Hauptreferenz ihrer Arbeit auswies. Die Frage nach der Macht über das Leben, so liest sich Kay, problematisiert sich mit der Erfindung des genetischen Codes. Eine ‚Lebensmacht‘ im Zeichen der ‚molekularen Revolution‘ – war innerhalb von Kays Studie eine immer wiederkehrende Fragefigur, die zwar von Foucaults Theorie ausging, doch gleichwohl über diesen hinauswollte. Doch Kays Theorie blieb skizzenhaft, blieb meistens Andeutung, verstreut in der historisierenden Erzählung.⁹⁴ Nachfolgend deshalb der Versuch einer (Re-)Konstruktion.

Bis dato sucht man vergebens nach einer tiefschürfenden Rezeption von Kays biopolitischen Thesen, die die Historikerin in der eigentümlichen Begriffsprägung einer ‚divine biopower‘ zu bündeln versuchte. Vielleicht hielt ebendiese durchaus polemische Begriffsbildung die geisteswissenschaftliche Forschung davon ab, sich systematisch mit Kays biopolitischen Beobachtungen auseinanderzusetzen. Die durchaus kritisch gemeinte Wortschöpfung einer „göttlichen Bio-Macht“⁹⁵ ist augenscheinlich der überreichen Verwendung theologischer Rhetoriken und theistischer Denkbilder geschuldet, welche die molekulare Revolution befeuerten und noch heute im Diskurs um die synthetische Biologie in konstitutiver Weise fortwirken; etwa, wenn vom Genom als dem ‚Liber vitae‘ die Rede ist. Kay verweist auf die Diskursgeschichte von der Schriftförmig-

⁹⁴ Kays Theorie der Biopolitik wurde nie in systematischer Weise ausformuliert. Ähnlich wie Foucault verstarb Lily Kay (1947–2000) früh.

⁹⁵ Kay: *Buch des Lebens*, S. 63.

keit der (lebendigen) Natur, die in der Ordnungsfigur eines göttlichen, ewigen ‚Buch des Lebens‘ etwa bei Platon und Lukrez oder auch in den alttestamentarischen Texten zu finden ist. Diese ideengeschichtliche Linie schreibt sich fort bis an die Schwelle zur Neuzeit und darüber hinaus. Dort sondierte man die mögliche Deckungsgleichheit einer ‚Idealsprache‘ der Natur und der ‚Sprache Gottes‘. Kay verwies etwa auf Bacons *Alphabet der Natur* oder Leibniz' *characteristica universalis*.⁹⁶ Diese geistesgeschichtliche Linie verbirgt das machttechnologisches Substrat der souveränen Ordnung, die sich am ‚Grund des Lebens‘ installiert hat.

Unter den Bedingungen einer zunehmend säkularen Wissensproduktion und Naturerkenntnis hatte man die Vorstellungen von Schrift und Buch der Natur beibehalten, wenngleich Gott nichtmehr als das Autorensujet infrage kam. Diese säkular-diskursive Linie von der Chiffre der Natur sollte sich Kay zufolge dann in der Wissenschaft vom Leben fortschreiben: beginnend als Engramm und Mneme-Prinzip hinsichtlich des ‚organischen Gedächtnisses‘ über die der Telegrafie entlehnte Kommunikationsvorstellung in der Physiologie und die Problematiken der Kombinatorik von Proteinen in der frühen Molekularbiologie bis hin zu Schrödingers Spekulationen über die Schlüssel-schrift der genetischen Codestrukturen.⁹⁷ In der modernen Biologie wurde die Frage nach dem Verhältnis von Autor, Schrift und Schreiben denkbar problematisch: Wenn Gott nicht mehr als Autor und Urheber der Schrift identifiziert werden konnte, wer ‚schreibt‘ dann eigentlich mit der lebendmachenden Schrift im Buch der Natur? Einer Art ‚autorloses Schreiben‘ bereitete sich der Weg, wiewohl die Schrift – in expliziter oder impliziter Weise – ihren quasimetaphysischen Status beibehielt. Die enigmatischen Chiffren ohne Autor galt es fortan mit menschlicher Epistemologie und Praktiken (jedoch ohne göttliche Inspirationen und Hilfe) zu enträtseln. – Mit Blick auf Foucault wird eine denkwürdige Parallelität erkennbar, wenn man die Objektwerdung der Sprache und das historische Auftauchen der Biologie in einen unmittelbaren Zusammenhang stellt. So überrascht es nicht, dass das ‚autorlose Schreiben‘ im Herzen der Biologie auftritt. Das Leben ‚spricht‘ und die Sprache ‚verlebendigt‘. Das ‚Selbsttätige‘ wird zum gemeinsamen Nenner von Leben und Sprache.

Hier stellt sich die Frage, ob sich Kays Kritik mit dem Hinweis auf die besagte Diskurgeschichte des ‚Liber vitae‘ bereits erschöpft. Mit dem Verweis auf eine weitere grundlegende philosophische Problematik gelangt man zu einer entscheidenden macht-technologischen Verfassung des genetischen Codes, die sich später als fundamental für die Entstehung der synthetischen Biologie erweisen wird. Ausgehend von Kay und eingedenk der zuvor skizzierten Konzentration der Handlungsmacht auf die genetische Information der DNA lässt sich das erkennen, was ich eine Aktualisierung des *mytho-theologischen Diskurses antiken Denkens* in der Molekularbiologie nennen möchte. Kay lancierte einen weiteren, kritischen Unterbegriff zur ‚divine biopower‘, der nicht nur

⁹⁶ Vgl. Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 59.

⁹⁷ Vgl. ebd.: S. 60.

die obige Problematik der Repräsentation betrifft, sondern vielmehr die Frage nach der bereits dargestellten Selbst-Aktivität und Auto-Generativität in den Fokus rückt. Aus philosophisch-kritischer Perspektive erkannte die Wissenschaftshistorikerin im singulären Status der DNA-Information einen „Logos des Lebens“⁹⁸. Die DNA und die genetische Information seien im Verlauf der 1940er Jahre zu einer metaphysischen Agentur erklärt (und verklärt) worden: Ein einzelnes, das Leben hervorbringendes Principium erschien nunmehr als „universeller Agent allen Lebens“⁹⁹, ausgestattet mit einer fast metaphysischen Wirkmächtigkeit. Wenn die DNA als Agentur und die genetische Information als Agent beschrieben wird, dann führt Kay ihre historische Kritik auf ein philosophisches Feld.

Dort angelangt stellt sie die Frage nach den konstitutiven Prozesslogiken der molekularen Handlungsmacht. Zuallererst erkennt Kay eine folgenreiche Privilegierung von der handlungsmächtigen und lebendmachenden DNA-Information über den materiellen Rest der Zelle, eine Trennung von Form und Stoff. Nicht ohne einen ironischen Unterton laborierte Kay diesen Befund anhand einer Rede von Max Delbrück, gehalten am California Institute of Technology in Pasadena im Jahr 1971. Ähnlich wie Schrödinger, konnte Delbrück, der zwischenzeitlich von der Physik in die Biologie gewechselt war, seine Emphase für antike Philosophie nicht verbergen. *Coram publico* verlas der Nobelpreisträger einige Passagen aus *De generatione animalium*, die er ins Englische übersetzt hatte, um das Publikum mit einer eigenwilligen Interpretation und Applikation von Aristoteles auf die Prozesslogiken des genetischen Informationsbegriffs zu überraschen:

Alle diese Zitate besagen in moderner Sprache folgendes: Das Formprinzip (DNA) ist die Information, die im Sperma gespeichert ist. Nach der Befruchtung wird sie in programmierter Weise abgelesen. Das Ablesen verändert den Stoff, auf den sie einwirkt, nicht jedoch die gespeicherte Information, die genau genommen nicht Teil des fertigen Produkts ist.¹⁰⁰

Um die antiken Chiffren am ‚Grund der lebendigen Materie‘ zu unterscheiden, möchte ich an dieser Stelle eine kurze begriffliche Differenzierung einführen, um jene Diskurselemente zu identifizieren, die in konstitutiver Weise in der Imagination einer molekularen, autogenerativen *Zoë* wirksam sind. In der zweipoligen und nichtsdestoweniger hierarchischen Trennung von aktiver Information und passiver Materialität lässt sich eine folgenreiche, aristotelische Distinktion von Form und Stoff erkennen, die im 19. Jahrhundert als eine staatlich-induzierte Disziplinierung der gelehrigen Körper bis in die kleinste Faser hinein umgesetzt wurde. Jedoch, das deutet bereits der kurze Rekurs auf Delbrück in exemplarischer Weise an, werden verschiedene Teile und philosophische Denkfiguren aus der antiken Philosophie miteinander zu einer zoëtischen Erzählung vermengt. Bei genauerer Betrachtung wird eine *Bricolage* aus verschie-

98 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 424.

99 Ebd., S. 234.

100 Delbrück, Max – zitiert nach: ebd., S. 65.

denen, eigentlich unverbundenen Elementen des aristotelischen Denkens sichtbar, welche die harte und gleichsam souveräne Befehlslogik des ‚zentralen Dogmas‘ und des genomischen Programms verschleiert: der Unbewegte Bewegter aus der kinetischen Metaphysiktheorie, der Stoff-Form-Dualismus aus *De anima* sowie die Spekulationen über zweigeschlechtliche Reproduktion. Dieser diskursive Zusammenhang ist gleichwohl durchzogen mit der Problematik von der kartesischen Äquivalenz von Organischem und Mechanischem, die sich wiederum als Phänomen einer vermeintlichen Skalenindifferenz zwischen molekularer und makroskopischer Materialitätsebene darstellt.

Die Form-Stoff-Trennung folgt dem, was sich als das machttechnische Schema des Hylemorphismus im Kontext der Zoëpolitik bezeichnen lässt, dessen problematisches Erbe eine Vielzahl von Kritiken¹⁰¹ aus verschiedenen philosophischen Lagern auf sich gezogen hat. (Später werde ich darlegen, dass dieses problematische Formungsdenken eine fundamentale Bedeutung für die Vorstellungen von Engineeringansätzen und Implementierungspraktiken im Feld der synthetischen Biologie hat.) Durch die Einführung des Begriffs der Information als neuem Signifikat des Lebensdenkens sollte die (vermeintliche) Privilegierung vom präetablierten Code als inhärentem Formungsprinzip des lebendigen Stoffes den Status einer Ontologie gewinnen. Im Hinblick auf die Selbsttätigkeit sowie die Autogenerativität des Lebendigen möchte ich von einem *intrinsischen Hylemorphismus* sprechen, der direkt *ins* Material verlegt wurde. Jacques Monod versucht, diesen innenliegenden Hylemorphismus und die Idee einer *Soft Machine* im Bild eines antiken Mythos zu verbinden:

Die Lebewesen lassen sich, wie wir gesehen haben, in ihrem makroskopischen Aufbau und ihren Funktionen weitgehend mit Maschinen vergleichen. Von diesen unterscheiden sie sich dagegen radikal in ihrer Konstruktionsweise. Eine Maschine oder ein beliebiges Artefakt verdankt seine makroskopische Struktur der Einwirkung von äußeren Kräften, von Werkzeugen, die auf einen Stoff einwirken, um ihm eine Gestalt aufzuzwingen. Der Meißel des Bildhauers holt die Formen Aphrodites aus dem Marmor heraus; doch die Göttin wird aus dem Schaum der Wellen geboren (die durch Uranus' blutiges Organ befruchtet wurden), aus dem ihr Körper sich ganz von selbst entwickelt.¹⁰²

In diesem Punkt, in dem Auftauchen der Form, fallen molekulare Epistemologie und Zoëpolitik als ein Machtwissen von den vermeintlichen fundamentalen Prozesslogiken des Lebenden zusammen: Die gesamte Handlungsmacht der *Zoë* wurde im Begriff des Codes ‚zusammengezogen‘. Im Zuge einer Hylemorphisierung wurde die DNA-Information zudem als entscheidendes Formungsprinzip bestimmt, als privilegierte Ebene der *Agency* über den Stoff. Genau darin lässt sich mit Kay „eine neu entstehende Form von Bio-Macht“ erkennen. Die modernen zoëpolitischen Strategien der „materielle[n] Kon-

¹⁰¹ Etwa bei: Simondon: *Die Existenzweise technischer Objekte*, S. 226.

¹⁰² Monod: *Zufall und Notwendigkeit*, S. 83.

trolle des Lebens konnte[n] nun ergänzt werden durch die Aussicht auf die Kontrolle seiner Form und seines Logos, seiner Information“¹⁰³.

In der Etablierung *einer* die lebendige Materialität regierenden Agentur liegt schließlich die zoëpolitische Strategie des neuen Lebensbegriffs. Denn „[ü]ber die Kontrolle des schmutzigen Durcheinanders von Körpern und Bevölkerungen hinaus“, so formuliert Kay zu Recht, „sollte nun die Macht über das Leben im neuen Kommunikationsparadigma in Angriff genommen und auf einer unverdorbenen Metaebene ausgeübt werden: in der Kontrolle des Informationsflusses, der Sequenz, des Wortes und Textes“¹⁰⁴. Die zoëpolitische Strategie, und hier lässt sich ein Satz von Siegrid Weigel paraphrasieren, liegt also in dem Verfahren, das Lebendige am ‚Grund der Dinge‘ zu lokalisieren und ebendort – durch Wissens- und Medienpraktiken – die „Gesetze des Organismus als Algorithmus anzuschreiben“¹⁰⁵. So wird das Leben auf eine Weise dispositioniert, als das sich seine Erkenntnis und Kontrolle durch kulturtechnische Praktiken bewerkstelligen lassen. Als Frage formuliert: Ruft das vermeintliche, zoëtische, autorlose Schreiben am ‚Grund der Dinge‘, auf dessen durchdringendes Schriftverständnis das zweite Paradigma der Zoëpolitik zielt, nicht gerade nach einer Appropriation durch die menschliche Handlungsmacht, die sich als neuer Autor des Lebenden affirmiert? – *Now that we are able to read it we are able to write it* – so ließe sich Craig Venters Credo seiner *Digital Biology* paraphrasieren. Die Frage nach der Schriftförmigkeit und Analyse der hylemorphen Ontologie des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik werde ich später fortsetzen. Das bisher Erarbeitete wird dann zur Grundlage einer Theoretisierung und Kritik der synthetischen Biologie.

Für die hier skizzierte, in den 1940er Jahren proliferierende, molekulare Zoëpolitik und deren fünf konstitutive Elemente lässt sich für den Fortgang der vorliegenden Studie festhalten: Die epistemische Rückseite der sogenannten Autorschaft des genetischen Programms findet sich in dem Begehren nach der Maschinenlesbarkeit des Lebens im Medium jener selbst-aktiven molekularen Prozesse, die am vermeintlichen Grunde der Materie auf ihre kulturtechnische Enträtselung warten. Die Implementierung der formenden Schrift-*Téchné* und die Verheißung der Lesbarkeit zeugen von einer radikalen Vertiefung und Intensivierung des zoëpolitischen Machtwissens, die das Leben (als molekulare Maschinerie) und den Prozess der Vererbung (als überzeitliche, permanente Übertragung mittels einer starren Codeoperativität) anschreibt.

Während man im Digitalrechner eine *universal machine* erkannte, die alle anderen Maschinen in ihrer Rechenfunktion zu imitieren vermag, so wird das Allgemeingültige ebenfalls zu einem zentralen Moment des neuen Lebens(-Macht-)Begriffs. Denn in der molekularepistemischen Entgrenzung der Macht liegt eine ungeheuerliche Expansion, die ein Ausgriff auf das Leben *jenseits der menschlichen Gattung* eines überzeitlichen

103 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 18.

104 Ebd., S. 55.

105 Weigel: Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“, S. 20.

„Programms“ ermöglichen soll. Hier gibt sich eine Art vertikale Evokation in der Universalisierung des neuen Lebensbegriffs zu erkennen, der seiner Logik nach auf alle Spezies ausgriff. Alles Leben stand nun im Bann eines allgemeingültigen Lebensbegriffs, der sich jedoch in chemischer Hinsicht auf die vier bekannten Basenpaare reduzieren ließ.

Denkbar wird eine radikale Transformation und Vertiefung der von Foucault umrissenen Lebensmacht der Moderne. Mit dem Sprung in die Tiefendimension des Molekularen und dem Postulat der symbolischen und realen Universalität des genetischen Codes überschreitet die Macht ihre moderne Zentrierung und Limitierung auf das lediglich menschliche Leben und die Mikrophysik der Körper, um auf der molekularen Skalenebene ein neues Operationsfeld¹⁰⁶ zu etablieren. Auf der Basis des kybernetisch-gefassten Lebensbegriffs entstand eine neue Zoëpolitik, die Donna Haraway mit der Formel der ‚Informatik der Herrschaft‘ zu greifen versuchte: „Die Biopolitik Foucaults ist nur eine schwache Vorahnung des viel weiteren Feldes der Cyborg-Politik.“¹⁰⁷

Die Kopplung von Lebensbegriff und Maschinendenken verhiess eine maximale Reichweite der epistemischen Adressierung lebendiger Körper und Systeme mittels eines minimalen Steuerungscode von quasimetaphysischem Status. In dieser Heterodoxie, in der neuen Verfasstheit des Lebensbegriffs, ereignete sich eine radikale Konvergenz von Lebenswissen und Machttechnologie. Als weiteres fundamentales Element des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik erscheint also die Einschreibung einer harten Befehls-Maschinen-Logik. Oder anders gewendet: einer strengen, maschinischen Performativität der codegesteuerten Lebensprozesse, die die weichen, molekularen Maschinen hervorzubringen vermag. In dieser Wissenskonstellation erschien die *Zoë* fortan als eine molekulare, codebasierte und maschinenlesbare *Téchne*, die allem Lebendigen zugrunde liegt und sich durch eine selbsthervorbringende Formungskraft auszeichnet. Spätestens hier entsteht die Frage, welches Bild das Wissen der ‚Neuen Biologie‘ vom Menschen zeichnet? Eine mögliche Antwort führt in die französische Philosophie der späten 1960er Jahre.

Aufgelöst in Moleküle? Foucaults vierte Kränkung des Menschen (mit und ohne Jacob)

Die bis zu diesem Punkt skizzierte, tiefgreifende epistemische Transformation des Lebensbegriffs im Zeichen des genetischen Codes, die durch Schrödinger initiiert, durch Watson und Crick ausformuliert und durch Jacob, Monod und andere vorangetrieben wurde, galt Michel Foucault als das „Neue Testament der Biologie“¹⁰⁸. Ausgehend von

106 Vgl. Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*, S. 50.

107 Ebd., S. 34.

108 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 126.

dieser Diagnose widme ich mich in diesem Kapitel einer wissenschaftlichen Ausdeutung des biokybernetischen Lebensbegriffs. Foucault selbst, so möchte ich darlegen, hatte eine überraschende Emphase für die ‚molekulare Revolution‘ entwickelt. Ein Grund dafür könnte darin bestehen, dass er im Wissen des genetischen Codes eine Art Verifikation seiner eigenen Thesen erkannt haben mochte: Die Heraufkunft der molekulargenetischen Codeontologie könnte schlussendlich zu dem führen, was der französische Philosoph und Historiker an anderer Stelle das ‚Verschwinden des Menschen‘ (als eine zentrale Figur der modernen Wissensordnung) nannte.¹⁰⁹ Am Ende des Abschnitts werde ich jedoch eine theoretisch-spekulative Perspektive auf François Jacobs Werk präsentieren, die die Foucault'sche Analyse in einem neuen Licht erscheinen lässt – und den Blick freigibt auf das, was heute unter der Chiffre des *Lebensingenieurs* firmiert.

In Frankreich der 1960er Jahre kam es zu einem Aufeinandertreffen von Biologie und Philosophie. Im Feld der Geisteswissenschaften begegnete man der Wissensproduktion und den Ereignissen in der Molekularbiologie mit einer seltsamen Affirmation. Die sonst so kritischen Zugänge zum historischen und zeitgenössischen Wissen, – etwa Foucaults Genealogie¹¹⁰ wie auch Derridas Kritik der Schrift¹¹¹ – sollten in Bezug auf die Wissensfigur des genetischen Codes ihre Möglichkeiten zur Kritik der offenkundigen Ontologisierungen und Naturalisierungen nicht wahrnehmen. Ganz im Gegenteil: Der genetische Code galt in diesen Diskursen vielmehr als eine ‚kleine Maschine der Verifikation‘, die immer dann eingeschaltet wurde, wenn man die eigenen philosophischen Argumente zu belegen suchte. Die avancierteren Texte und Bücher zur ‚Lage der Biologie‘, so hat der Wissenschaftshistoriker Onur Erdur unlängst gezeigt, wurden in diesen „epistemologischen Jahren“¹¹² von den Molekularbiologen selbst verfasst; das galt im Besonderen für Jacob und Monod.

Michel Foucault studierte bekanntlich bei Gaston Bachelard¹¹³ und Georges Canguilhem und war somit ein intimer Kenner medizinhistorischer und lebenswissen-

109 Foucault: *Die Ordnung der Dinge*, S. 462.

110 Vgl. Foucault: „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, S. 166–191.

111 Derrida galt die nicht menschliche Schrifttätigkeit des genetischen Codes als ein „natürlicher“ Beweis zur Überwindung einer anthropo- und logozentrischen Vereinnahmung der Schrift. Auch die Natur schreibe in lebendmachenden Lettern. Vgl. Türcke, Christoph: *Vom Kainszeichen zum genetischen Code. Kritische Theorie der Schrift*, München: C. H. Beck 2005, S. 180 f.

112 Erdur, Onur: *Die epistemologischen Jahre. Philosophie und Biologie in Frankreich, 1960–1980*, Zürich: Chronos 2018, S. 248–253.

113 Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass sich Foucaults Ausführungen zum genetischen Code als eine Art ‚Erfüllung‘ von Gaston Bachelards Grundannahme der *épistémologie* lesen lassen: „Früher oder später wird das wissenschaftliche Denken selbst zum Gegenstand der Philosophie. [...] Die Philosophie muss daher ihre Sprache so anpassen, dass sich das zeitgenössische Denken in seiner ganzen Flexibilität auszurücken vermag.“ Bachelard ließ bereits 1934 keinen Zweifel daran, jenes zeitgenössische Denken und *Le nouvel esprit scientifique* ereigne sich in der Naturwissenschaft. Bachelard, Gaston: *Der neue wissenschaftliche Geist*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1988, S. 7 f.

schaftlicher Problemlagen und ihrer historischen Genealogien.¹¹⁴ Foucault hatte bereits gegen Ende der 1960er Jahre eine eigentümliche Lesart der ‚molekularen Revolution‘ angedeutet. Ihm galt die Genetik und ihr Zentralbegriff des Codes geradezu als ein ‚Vorbild‘ für die Human- und Sozialwissenschaften jener Zeit. In einem sozialwissenschaftlichen Journal veröffentlichte er im Dezember 1969 einen kurzen Text unter dem Titel *Linguistique et sciences sociales*, in dem er den Begriff des *code génétique* kurzerhand zum neuen ‚Goldstandard‘ für die Wissensproduktion und die Methodendiskussion der besagten Fächer erklärte. „Die Biologen wissen nun in etwa,“ so schrieb er, „welchen Kode und welche Form von Botschaft die Phänomene der Vererbung implizieren, die in den Kern von Keimzellen eingetragen sind“. Mit Blick auf die Sozial- und Geisteswissenschaften ging er davon aus, dass bisher lediglich die Linguistik „im Einverständnis mit den Analysen [steht], die sich auf die Codes und die ausgetauschten Botschaften zwischen den Molekülen beziehen, die die Kerne lebendiger Zellen bilden“¹¹⁵. In der Entwicklung der Linguistik hin zu einer Disziplin, die dem „normative[n] Niveau der exakten Wissenschaften“ Rechnung zu tragen versuche, liege auch die Zukunft der Sozial- und Geisteswissenschaften. In der Reduktion der Sprache auf ihre Codeprozesse ‚unterhalb der Semantik‘ sei die Linguistik bereits bei der „Analyse dessen [angelangt], was man die diskursiven Produktionen nennen könnte“¹¹⁶. Foucaults Ausgriff in die Molekularbiologie kann an Richard Feynmans Emphase (S. 130 f.) erinnern: Und seine Diagnose mag überraschen, denn er attestierte den Sozial- und Geisteswissenschaften, die ‚epistemologischen Standards‘ ihrer Zeit gänzlich zu unterbieten. Dies konnte man durchaus als Affront verstehen, zumal der Text in der *Revue tunisienne de sciences sociales* abgedruckt wurde und damit ein sozialwissenschaftliches Fachpublikum adressierte. – Wenngleich ich die Spur der Methodendiskussion in der vorliegenden Arbeit nicht weiterverfolgen kann, so soll doch nicht unerwähnt bleiben: Mit dem Verweis auf den kurzen Text lässt sich andeuten, dass Foucault in der codegesteuerten Produktion des molekularen Lebens eine Art Homologie zu seiner Diskurstheorie erkannt haben mochte. Zudem lässt sich die beiläufige Ontologisierung der Codeepistemologie mit der bereits erwähnten Objektwerdung der Sprache begründen. Vor diesem Hintergrund ist es durchaus überraschend, dass Foucault die Frage nach dem genetischen Code nur wenige Monate später mit einem anderen Aspekt seines wissenschaftsgeschichtlichen Denkens verband: Die Frage nach der Sonderrolle ‚des Menschen‘ im Wissen der Moderne und einer möglichen Historie seines ‚Verschwindens‘.

114 Vgl. Ebke, Thomas, „Prismatische Brechungen und epistemologische Mimesis. Die Geschichte der Wissenschaften vom Leben nach Georges Canguilhem“, in: Canguilhem, Georges: *Leben und Regulation*, Berlin: August Verlag, 2017, S. 37–54. Zum Konzept der Maschine in diesem Zusammenhang und im Hinblick auf das ‚Verschwinden des Menschen‘: Sprenger: „Maschinen, die Maschinen hervorbringen“, S. 229–255.

115 Foucault, Michel: „Linguistik und Sozialwissenschaften“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 1: 1954–1969, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 1042–1068, hier S. 1048.

116 Ebd., S. 1051.

Im Jahr 1970 hatte Foucault sich zum zweiten Mal zu den zeitgenössischen Entwicklungen im Feld der Lebenswissenschaft geäußert.¹¹⁷ Und diesmal in direkter Weise und an eine noch größere Leserschaft gerichtet: Im November des besagten Jahres erschien ein rasanter Text über die Arbeiten seines Freundes und Weggefährten François Jacob und dessen Monografie *La logique du vivant. Une histoire de l'hérédité* in der Tageszeitung *Le Monde*. An dem Rezensionstext lässt sich die Frage nach dem Menschen ableiten. In welche Lage hat die ‚molekulare Revolution‘ die Figur des Menschen im Hinblick auf seine Geschichtlichkeit versetzt? Diese Frage war für Foucault eine fundamentale, denn in der Kybernetisierung und Informatisierung der Biologie, die sich in den 1950er Jahren vollzog und sich exemplarisch in der Figur Jacobs verkörperte, erkannte er eine tiefgreifende Transformation des zeitgenössischen Wissens: „Kurz, es handelt sich um die größte Umwälzung des Wissens, die sich um uns herum vollzieht.“¹¹⁸

Die Transformation ereigne sich „in der kleinen Maschinerie unserer Zellen“¹¹⁹. Was in der Neufassung des Lebendigen durch Jacob sichtbar werde, sei nichts weniger als das ‚Neue Testament der Biologie‘: In der Neuerfindung des Lebens als ‚Codemaschinerie‘, in dem die DNA zum lebendmachenden Aktanten wird, der alle Prozesse der Vererbung von Evolutionsmerkmalen und der Ausbildung der Körper ‚regiert‘, rückt der Begriff des Lebens gänzlich in das semantische Feld des Technischen als eine Art nicht menschliche *Téchne*.¹²⁰ In dieser neuen Epistemologie zur Beschreibung lebendiger Phänomene verschwimmen die Grenzen von Natur und Kultur, Körper und Maschine, Materialien und Organismen, Tod und Leben. Foucault – und das ist beachtlich – lobte jene Verschiebung ins Technische als eine Biologie, die sogar ohne das makroskopische Leben auskomme. Die folgenden Worte Jacobs zur Epistemologie der codezentrierten Lebenswissenschaften galten ihm als „glänzende Lektion“¹²¹:

Man untersucht heute in den Labors nicht mehr das Leben. Man sucht nicht mehr dessen Konturen zu erfassen. Man bemüht sich lediglich, lebende Systeme zu analysieren, ihre Struktur, ihr Funktionieren, ihre Geschichte. [...] Ein lebendes System zu beschreiben heißt, sich sowohl auf die Logik seiner Organisation wie auf die seiner Evolution zu beziehen. Die Biologie interessiert sich heute für die Algorithmen der lebenden Welt.¹²²

Jacobs kybernetische Molekularbiologie beweist Foucault, dass es möglich sei, das physische Leben und dessen Begriff zu reduzieren, nämlich auf die „kleinen Maschinen der Physikochemie“¹²³. Foucault war fasziniert von dem informationstheoretisch

117 Zu Foucaults Ausdeutungen von Jacobs Molekularbiologie: Müller: „Zoë als Téchne“, S. 234 ff.

118 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 127.

119 Ebd., S. 128.

120 Zu diesem Aspekt: Müller: „Zoë als Téchne“, 244.

121 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 128.

122 Jacob zitiert nach Foucault, ebd.

123 Ebd.

gefassten Begriff des hereditären Programms, das nach Jacob den Fluss des Lebens seit unvorstellbaren Zeiten und unzähligen Generationen steuert; und somit als ein selbstläufiger Algorithmus die Geschichte der lebenden Natur ‚schreibe‘.

Im Programmbegriff liegt also der Grund, warum der französische Philosoph und Historiker die ‚molekulare Revolution‘ mit solch einer großen Emphase begrüßt hatte.¹²⁴ *Croître et multiplier* darf nicht zuletzt als eine Genealogie des Posthumanen gelten, da Foucault die Arbeiten Jacobs in die Reihe der berühmten Kränkungen des sogenannten Menschen durch das moderne Wissen stellt.¹²⁵ Jacobs Biologie füge dem neuzeitlichen wie modernen Menschen eine weitere, vielleicht sogar entscheidende Kränkung zu. Denn jener Begriff des Codes und der des Programms unterlaufen die vermeintliche Sonderstellung des Menschen und verunmöglichen eine auf ihn konzentrierte Geschichtserzählung. Foucault verbindet diese Denkbewegung mit den drei berühmten Kränkungen des modernen *Anthropos*: der Dezentrierung der Erde durch Kopernikus, der Evolutionstheorie Darwins samt seiner Abstammungslehre sowie Freuds Theorie des Unbewussten, die dem menschlichen Subjekt vor Augen führe, dass es nicht ‚Herr im eigenen Haus‘ sei. Im Anschluss daran postuliert Foucault ein viertes Kränkungsmoment, das er die „zelluläre Enttäuschung“¹²⁶ durch die molekulare Genetik nannte. Im Stile von Nietzsches Genealogiebegriff lehre das neue Wissen vom Leben, „dass das Diskontinuierliche uns nicht nur begrenzt, sondern zugleich durchdringt: sie lehrt uns, dass die Würfel uns regieren“¹²⁷. Jene neue, molekulare Enttäuschungsmacht, die den Menschen mit einer befremdlichen Dimension des Dis-

124 Zur vierten Kränkung des Menschen nach Foucault: Müller: „Zoë als Téchne“, S. 248 ff.

125 Die Figur des sogenannten „gekränkten Menschen“ betritt – kurz vor dem Ende des Ersten Weltkrieges und ausgerechnet in Wien – die Bühne des Wissens: Freud, Sigmund: „18. Vorlesung: Die Fixierung an das Trauma, das Unbewusste“, in: ders.: *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*, Wien: H. Heller 1917. Bei Günther Anders und nach dem Zweiten Weltkrieg wird aus der Kränkung die Scham – angesichts eines „Prometheischen Gefälles“ zwischen immer perfekter werdenden Maschinen und dem antiquierten Menschen, seines Zeichens nun ein „Hofzweig seines eigenen Maschinenparks“ (ebd.: *Die Antiquiertheit des Menschen*. Band I, Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution, München: C. H. Beck 1961, S. 25). Eine Art Synthese von Freud und Anders – ohne Letzteren zu nennen – findet sich bei Peter Sloterdijks Idee der „Kränkung durch Maschinen“. Siehe: Sloterdijk, Peter, „Kränkung durch den Menschen. Zur Epochenbedeutung der neusten Medizintechnologie“, in: ders., *Nicht gerettet. Versuche nach Heidegger*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2001, S. 338–366). Obwohl Sloterdijk auf stattliche sieben Kränkungen kommt, wird Foucaults ‚zelluläre Kränkung‘ nicht erwähnt. Nicht zuletzt hatte der junge Friedrich Kittler ebenfalls eine vierte Enttäuschung angedeutet: Wenn an die Stelle von „Geschichte, Geist, Mensch“ die Materialität der Medien tritt, kommt es zu einer weiteren Kränkung des „Narzissmus des Menschen“. Letzterem gelingt es nicht mehr, sich als ‚Subjekt‘ der (technologischen) Geschichte zu affirmieren. Kittler (Hrsg.): *Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften*, S. 10. Sowie: ders., „Der Mensch, ein betrunkenen Dorfmusikant“, in: Lachmann, Renate und Stefan Rieger (Hrsg.): *Text und Wissen. Technologische und anthropologische Aspekte*, Tübingen: Gunter Narr 2003, S. 29–44.

126 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 124.

127 Ebd.

kontinuierlichen und der Kontingenz konfrontiert, geht letztlich von der operativen Ontologie des genetischen Codes aus.

Wie bereits dargelegt worden ist, ‚regiert‘ in Jacobs Theorieerzählung ebenjener genetische Programmcode das Phänomen des Lebens in temporaler, materieller und technischer Hinsicht. Der Programmcode unterläuft die anthropozentrische Kopplung von (menschlichem) Individuum und Geschichte. Jacob negiert damit die vermeintliche Sonderstellung der menschlichen Gattung im Prozess der biologischen Evolution. Denn nach Jacob sind die „komplexeren Organisationsformen (mit der Sexualität, dem Tode, ihrem Begleiter, den Zeichen und der Sprache, ihren fernen Effekten)“¹²⁸ den Prozessen des molekularen Codes lediglich nachgeordnet. Anders formuliert: Die Formen ‚oberhalb‘ der Operativität des DNA-Codes seien nichts weiter als „Umwege“, um die fortlaufende Reproduktion des genomischen Programms zu „sichern“. ¹²⁹ – Damit hebt das genomische Programm sogar das ‚wahre‘ Geschlecht der molekularen Zoöpolitik aus.¹³⁰

Dies impliziert eine Umkehrung der antiken, aristotelischen Ordnung, welche die zweigeschlechtliche Reproduktion als die höchste Form der Fortpflanzung ansah. Jacobs Programmbegriff lege vielmehr nahe, dass die bakterielle Replikation der geschlechtlichen Reproduktion in evolutionärer Hinsicht vorausgehe, und damit überlegen sei. Im Hinblick auf eine solche ‚Historizität der Bakterien‘ bemerkt Wolfgang Schäffner:

Das Bakterium war längst da, als wir zu existieren begannen, und es wird immer noch da sein, wenn es uns nicht mehr gibt. Vielleicht aber waren wir selber nie etwas anderes als ihre gelungenste komplexe Verschaltung, die Geschichte unserer menschlichen Kultur also nur ein Moment innerhalb der großen Kulturen der Bakterien.¹³¹

Zudem, und das ist das vielleicht zentrale Moment von Foucaults Lektüre von Jacob, wird eine Biologie denkbar, welche die Idee einer hierarchischen Ordnung der Arten, die Sonderstellung komplexerer Lebewesen und letztlich die Figur des Menschen als ein bestimmender Faktor der geschichtlichen Entwicklung zum Verschwinden bringt. Diese beiden Erkenntnisse lassen sich ableiten aus dem von Jacob aufgezeigten „Reproduktionsmechanismus“, der sich „reproduziert, ein Erbmaterial, das sich um seiner selbst willen ins Unendliche vermehrt, reine Wiederholung vor der Singularität des Individuums“¹³².

Während Schrödingers Spekulationen über diese rätselhafte Aktivität und lebensmachende Operativität der Gene von einer spürbaren Euphorie getragen wurden, so kommt Foucault zu einer denkbar düsteren Ausdeutung des biokybernetischen

128 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 125.

129 Ebd.

130 Vgl. Schäffner, Wolfgang und Joseph Vogl: „Nachwort“, in: Foucault, Michel und Herculine Barbin: *Über Hermaphroditismus*, hrsg. Von dens., Suhrkamp: Frankfurt am Main 1998, S. 215–246.

131 Schäffner, Wolfgang: „Bakterium“, in: Kassung, Christian, Jasmin Mersmann und Olaf B. Rader (Hrsg.): *Zoologicon. Ein kulturhistorisches Wörterbuch der Tiere*, München: Wilhelm Fink, 2012, S. 49.

132 Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 125.

Lebensbegriff Jacob'scher Prägung. Die DNA wird zur geschichtsmächtigen Maschinerie einer opaken menschlichen Biologie, die die Historizität derselben in eminenter Weise bestimme. Die Molekularbiologie hat „bei der Übertragung dieses Codes Irrtümer, Auslassungen, Vertauschungen ermittelt, vergleichbar den Fehlern oder unfreiwilligen Erfindungen eines Schreibers, der einen Augenblick lang zerstreut ist“. Foucault konkludiert mit den Worten: „Das ganze Leben hindurch spielt der Zufall mit dem Diskontinuierlichen.“¹³³ – Diese zerstreute *Logik des Lebenden*, so ließe sich der Titel von Jacobs Monografie paraphrasieren, gleicht einem subjektlosen und zufälligen Werden und führt die Idee einer evolutionären Sonderstellung des Menschen und die Idee des Individuums aus zwei Gründen *ad absurdum*. Zum einen: Nicht der Mensch ‚schreibt‘ die eigentliche Geschichte, sondern der genetische Code allen Lebens, der sich als chemische Botschaft seit der Emergenz der planetarischen *Zoë* unablässig selbst überträgt. Zum anderen: In einer Evolution der Arten geht dem Menschen das Bakterium voraus. In dieser Genealogie im Lichte von Jacobs Programmbegriff gilt der Mensch (wie auch die Entwicklung der Arten) als ein Produkt des Zufälligen und des Diskontinuierlichen, wenn nicht sogar als ‚Schreibfehler‘ eines autorenlosen Schreibens. Damit erscheint der Mensch als posthumanes Subjekt, aufgelöst in Moleküle, adressiert als zoëtisches Wesen, als eine Spezies unter vielen.¹³⁴ Unverkennbar deutet sich hier jenes von Foucault beschworene Verschwinden des Menschen an – „wie am Meeresufer ein Gesicht im Sand“¹³⁵. Aus diskurskritischer Warte lässt sich festhalten: Foucaults ‚Neues Testament‘ überbringt damit eine denkbar dunkle Botschaft des bakteriellen, molekulargenetischen Wissens, das alles andere als eine heilsgeschichtliche Erzählung gelten kann.

Damit bietet Foucault eine gelungene, philosophische Zuspitzung des Menschenbildes des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik: Der Mensch, aufgelöst in genomische Chiffren und molekulare Prozesse, deren Botschaften er kaum versteht. So trefflich Foucaults Analyse auch ist, mindestens zwei Fragen bleiben unbeantwortet: Ist es redlich, molekulare Mechanismen als historische Automatismen anzusehen? Kann man Jacobs Begriff des genetischen Programms allen Ernstes als eine Art bakterielle Historiografie ausweisen und damit Geschichte mit Biologie gleichsetzen? Nach heutigem Kenntnisstand hat sich Jacob nie in schriftlicher Weise zur doch so emphatischen Rezension seines Kollegen und Weggefährten geäußert. Lässt man die historiografische Problematik beiseite, so bleibt doch die Frage, ob Jacobs Theorieerzählung ‚die Figur des Menschen‘ mit einer finalen, kränkenden Geste wirklich zum Verschwinden bringen will. Anders formuliert: Hat Foucaults Rezension, die sich als nichts weniger als eine galante Verifikation der eigenen wissenschaftlichen Position lesen lässt, vielleicht selbst einen blinden Fleck?

133 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 124.

134 Zur posthumanen Auflösung: Müller: „Zoë als Técnica“, S. 240.

135 Foucault: *Die Ordnung der Dinge*, S. 462.

Diese entscheidende Frage wiederum lässt sich mittels einer gezielten Lektüre von *Logik des Lebenden* bejahen. Denn in der besagten *Geschichte der Vererbung* findet sich eine von Foucault als auch von der bisherigen wissenschaftsgeschichtlichen Forschung gänzlich übersehene und überlesene Passage von Jacob. Die folgende Denkbewegung jedenfalls hätte Foucaults ‚Neuem Testament‘ einen weiteren (apokryphen) Evangelientext hinzugefügt. Die Botschaft dieser Passage steht jedoch diametral zu jenen Gesten der Kränkung und des Verschwindens. Sie erzählt vielmehr von der Möglichkeit einer neuen Rolle für das menschliche Subjekt, seiner Handlungsmacht, seiner Historie. Sie stellt sogar etwas Unerhörtes in Aussicht: die Wiederkehr des Menschen als ‚Geschichte machendes‘ Subjekt. Ganz nebenbei weist sie Jacob, der sich nicht davor zurückscheute, über die Zukunft seines Programmbegriffs zu spekulieren, als einen Erfinder der heutigen synthetischen Biologie im Bereich der eingangs skizzierten synthetischen Genomik aus (S. 40). In einem Gedankenexperiment erklärt dieser, dass es in fernerer Zukunft möglich sein werde, „im Laboratorium eine lange Nukleinsäurekette von genau vorgeschriebener Sequenz zu synthetisieren“¹³⁶. Die Biochemie habe bereits Verfahren entwickelt, um „die Nukleinsäureeinheiten eine nach der anderen aneinanderzuketten“, um damit eine Abfolge von Elementen zu erzeugen, die dann zu größeren Einheiten, etwa ganzen Gensequenzen, zusammengesetzt werden könnten.¹³⁷ Jacob schreibt 1970 die durchaus prophetischen Worte:

Höchstwahrscheinlich wird es gelingen, Nukleinsäuresequenzen herzustellen, die in die Zelle eingepflanzt werden können und ihr irgendeine neue Funktion geben werden. Hingegen wird es wahrscheinlich noch für lange Zeit außerhalb unserer Möglichkeiten bleiben, Stück für Stück eine lange Nukleinsäurekette aufzubauen, durch Synthese ein genetisches Programm aufzustellen, sei es auch noch so einfach wie das eines Virus. Es gibt jedoch keinen Grund *a priori*, daß der Chemiker nicht eines Tages dieses Ziel erreichen könnte.¹³⁸

In anderen Worten: Wenn das Lebende eine sich ‚selbst aufbauende Maschine‘ darstellt, die auf der Basis von alphanumerischen Elementen und Codierungsprozessen operiert, und sich damit im Medium des linearen Schreibens den eigenen ‚Sinn‘ seiner Selbsterzeugung auferlegt, dann muss es möglich sein, jene Autogenerativität der *Zoë* durch das menschliche Handeln als eine gezielte Kompositionsarbeit zu appropriieren. Jacob war dermaßen überzeugt von seiner DNA-Ontologie, dass er die skizzierte Verfahrensweise für eine neue Biologie der Technologen vorschlug; mit dem Ziel, die ‚Programme zu schreiben‘ und diese dann gezielt in Zellen einzusetzen. Dieses planvolle und iterative ‚Konstruieren‘¹³⁹ lässt sich deuten als eine Art *Proof of Principle* zur Verifizierung

¹³⁶ Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 313 f.

¹³⁷ Vgl. Rabinow, Paul: *Making PCR. A Story of Biotechnology*, Chicago: University of Chicago Press 1997.

¹³⁸ Ebd., S. 314.

¹³⁹ Vor diesem Hintergrund erscheint die rekombinante Gentechnik der 1970er Jahre als ein ‚rohes Ausprobieren‘.

der Jacob'schen Theorie über die ‚molekulare Fabrik‘ und das sie regierende, genetische Programm.

Bekanntlich endete Jacobs Monografie mit einer berühmten, fast poststrukturalistisch zu deutenden Geste. Eine enigmatische Frage weist auf ein epistemisches Feld *jenseits* der biokybernetischen Molekularbiologie, wenn der Nobelpreisträger in den finalen Sätzen schreibt:

Die Wissenschaft kann jedoch dem Käfig ihres Erklärungssystems nicht entweichen. Die heutige Welt besteht aus Botschaften, Codes, Informationen. Welches Skalpell wird morgen unsere Welt zerteilen, um sie in einem neuen Raum von neuem zusammenzusetzen? Welche neue russische Puppe wird in ihm zum Vorschein treten?¹⁴⁰

Nimmt man die skizzierte ‚Möglichkeit zur Synthese‘ ernst, dann scheint es, als hätte Jacob die Frage, wer jenes zukünftige Skalpell in den Händen halten werde, bereits selbst beantwortet: Ein durch Ingenieurpraktiken und Designdiskurse konstituiertes, technowissenschaftliches Subjekt; die Möglichkeit einer synthetischen Biologie.

140 Jacob: *Die Logik des Lebenden*, S. 343.

Interludium

Kittlers Spekulationen und die Grenze des Wachstums

Vor dem Hintergrund der im vorherigen Kapitel analysierten ‚molekularen Revolution‘ widmet sich dieses ‚Zwischenspiel‘ der Denkfigur der Grenze, die in den 1970er Jahren in der diskursiven Gemengelage aus Biologie, Informationstheorie, Ökologie und Kapitalismustheorie auf eigentümliche Weise verhandelt wurde. Im Sinne eines *Interludiums* besitzen die folgenden Seiten einen durchaus aleatorischen und fragmentarischen Charakter: – Ansetzen möchte ich bei jemandem, der sich als Autor nie systematisch mit der Technizität und Medialität der Biologie beschäftigt hat. Jedoch zeugen einige frühe Spekulationen Friedrich Kittlers von einem spielerischen Nachdenken über die Möglichkeit einer technischen *Liaison* von Medien und Leben, von Computern und Biologie. Die hier präsentierten Passagen stammen aus Kittlers Freiburger Studienzeit und wurden unlängst aus den Textkonvoluten des Nachlasses im Deutschen Literaturarchiv Marbach geborgen.

Um dem Studienalltag der Freiburger Universitätswelt in den 1960er und 1970er Jahre zu entkommen, hatte sich der damalige Student der Germanistik einige Rückzugsorte einrichten können. Viel Zeit zur Muse verbrachte er am türkisenen Rimsinger Baggersee. Als eine Art Testlabor unter freiem Himmel nutzen Kittler und andere sonnenhungrige Studierende den See zur Produktion neuer Ideen und zur Diskussion theoretischer Großwetterlagen im Süden Deutschlands, die in diesen Tagen erst anfänglich vom französischen Poststrukturalismus beeinflusst wurden. Der Baggersee, als eigentümlicher Ort der technischen Moderne, an dem sich Natur und Kultur vermischen, erwies sich also als ökologische Nische zum Denken und Baden. Aus heutiger Sicht wird deutlich, dass viele Elemente von dem, was sich später einmal zum Kittler’schen Medienmaterialismus verhärten sollte, bereits schemenhaft in den frühen Essays angelegt waren: An den Ufern des künstlich angelegten Sees befindet sich das, was heute deutsche Medientheorie genannt wird, noch *in statu nascendi*.¹

In dieser Zeit und vielleicht am Rimsinger See entstand ein kurzer Essay mit der Überschrift „Haustier und Computer“. Für den Autor von *Aufschreibesysteme*, das ist gemeinhin bekannt, war die historische Rolle der Computer und die durch sie evozierte tiefgreifende Medienrevolution nicht zu überschätzen. Ein Großteil seines späteren Denkens kreiste um die Rekonstruktion ebendieser Geschichte(n). „Nun ist es historisch geschehen,“ so schreibt er in dem undatierten Aufsatz aus der Freiburger Zeit, „dass dem Menschen eine neue Gattung von Wesen beisteht: die Computer“². Beachtlich am Text des jungen Kittler ist eine Passage spekulativen Charakters, an der er das geschicht-

¹ Diese Formulierung verdankt sich Tania Hron und Sandrina Khaled-Lustig. Aus dem Vorwort zu: Kittler, Friedrich A.: *Baggersee. Frühe Schriften aus dem Nachlass*, Paderborn: Wilhelm Fink 2015, S. 9–14. ² Ebd., S. 68.

liche Aufeinandertreffen von Leben und Computern zu einem heiklen wie ahnungsvollen Futurismus verbindet: Er nimmt die Medienrevolution der Computer zum Ausgang, um eine zukünftige Schwelle, ein weiteres *plus ultra* der technischen und biologischen Evolution in Aussicht zu stellen. Als Fragestellung formuliert: Lässt sich eine medienhistorische Schwelle imaginieren, die über die Kultur der digitalen Medien und Maschinen hinausführt, gar eine *epoché* nach den Computern? Der junge Kittler stellte eine Art Selbst-Transzendierung des Mediums Computer in der (und durch) die Biologie in Aussicht. Am Baggersee kommt es zur Epiphanie einer neuen Gattung hybrider Wesen, die nicht mehr ganz der Kategorie der „Natur“ angehören:

Ihre Aufgabe, denn (ob nun allein oder mit dem Menschen) es wird darum gehen, mittels Computerberechnung das Elektronische konstruktiv aufs Organische hin zu übersteigen und chemische Computer, sprich: Superorganismen, zu erschaffen.³

Daran schließt sich die rätselhafte Diagnose an: „Schon jetzt kann gesagt werden, dass der Mensch die Rekonstruktion organischen Lebens nicht ohne den Computer zu leisten vermögen wird.“⁴ Der Begriff der ‚Rekonstruktion‘ besticht bekanntlich durch seine Doppelbödigkeit, weil er epistemologische als auch gestalterische Operationen gleichsam zu bezeichnen vermag. Für den letzteren Fall, von dem bei Kittler offensichtlich die Rede ist, könnte man durchaus von einer Idee der synthetischen Biologie *avant la lettre* sprechen.

Die Passagen Kittlers mögen nach einem ungenierten *Sampling* klingen, das im Grunde die Versprechen der Biokybernetik der späten 1960er Jahre auf den Computer spiegelt. Aus heutiger Sicht kann das Kompositum ‚Superorganismus‘ (und nicht etwa ‚Supercomputer‘) nicht ganz einer nietzscheanischen Anmutung entgehen, das sich etwas ungeschickt zwischen *Science* und *Fiction* bewegt. Dazu kommt die Unklarheit darüber, wer denn nun das Subjekt und das Objekt dieser epochenmachenden Grenzüberschreitung respektive der ‚Lebensherstellung‘ sei. Stellen die Computer als organische Hardware sich *selbst* her? Oder stellen die Menschen mithilfe von Computern neue willfähige Helfer her (etwa nicht natürliche Haustiere)? Oder entsteht eine neue Wissenschaft vom Leben, deren primäre Möglichkeitsbedingung die Computer sind? Und: Ist der Computer hier überhaupt noch als Rechenmaschine gedacht; welcher Art ist sein Prozessieren? – Die obige Textpassage qualifiziert den späteren Berliner Medien- und Kulturwissenschaftler in gewissem Maße als Vordenker des heutigen Diskurses zu *Biomedica*, der gegenwärtig zu den größten Herausforderungen zeitgenössischen Mediendenkens zählt. Was sich in Kittlers kurzem Text in groben Umrissen abzeichnet ist durchaus eine Theorie der Biomedialität, wie sie unlängst vom New Yorker Medienphilosophen Eugene Thacker formuliert wurde, der wiederum an Kittlers Theorie der

³ Kittler: *Baggersee*, S. 69.

⁴ Ebd.

Hardware sowie an jene fundamentalen Medienfunktionen von Speichern, Übertragen und Prozessieren anknüpft.⁵ Jenseits der Hardware liegt die Wetware?

Spätestens im siebten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts, so lässt sich aus wissenschaftlicher Warte festhalten, war die ‚molekulare Revolution‘ auf einem Höhepunkt angelangt. (Ähnliches galt auch für die Informationstheorie, die eine allseitige Kybernetisierung von Wissenschaften und von Gesellschaften im Zeichen von *Command and Control* als auch mittels der Computer vorantrieb.) Doch während man aus den Laboren in den Vereinigten Staaten und im westlichen Europa das Zeitalter der Biologie verkündete, sollte die prometheische Hochstimmung, die sich im Bereich der (Techno-) Wissenschaften Bahn brach, eine ungeahnte Obstruktion erfahren. Der *Club of Rome* hatte im Jahr 1972 eine Studie publiziert, die den Begriff der Grenze, schlagartig in die Mitte der damaligen Diskussion rückte. Gemeint war keine territoriale Grenze, die Blockmächte der USA und der UDSSR hatten die Welt bekanntlich unter sich aufgeteilt; sondern die Grenze(n) des wirtschaftlichen Wachstums erschienen am Horizont einer globalgesellschaftlichen Zukunft. Adressat war demensprechend die Menschheit oder das Gattungssubjekt von dem auch Kittlers Haustier-Computer-Text spricht, der ‚sogenannte Mensch‘. Die von der Volkswagenstiftung in Auftrag gegebene Studie trug den Titel *The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. Für den Report wurde die damals großzügige Summe von einer Million US-Dollar bereitgestellt. Die Durchführung überantwortete man dem Ökonorforscher und Systemtheoretiker Dennis Meadows und der Umweltwissenschaftlerin Donella Meadows. Beide galten als führend auf dem Feld der rechnergestützten Simulation von Zukunftsszenarien.

Das im Schlussteil des Reports beschworene Grenzmotiv war ein Doppeltes, war Krisenschwelle und Möglichkeit einer anderen Zukunft zugleich. Eine Grenze also, an der die bestehende Welt und die Weise, sie zu bewirtschaften, an ein jähes Ende ihrer Kapazitäten und Ressourcen kommen werde. In den Worten der Meadows-Gruppe schnappt die ‚Malthusianische Falle‘ zu:

Wenn die gegenwärtige Zunahme der Weltbevölkerung, der Industrialisierung, der Umweltverschmutzung, der Nahrungsmittelproduktion und der Ausbeutung von natürlichen Rohstoffen unverändert anhält, werden die absoluten Wachstumsgrenzen auf der Erde im Laufe der nächsten hundert Jahre erreicht.⁶

Nachdem die in den 1950er Jahren losbrechende *Great Acceleration* volle Fahrt aufgenommen hatte, erschien bereits zwanzig Jahre später das Ende des spätmodernen

5 Vgl. Thacker: *Biomedica*; sowie: Müller: „Zur Tiefengrammatik des ‚Lebendigen‘. Eine kritische Einführung zu Eugene Thackers Biomedien“, S. 98–106.

6 Meadows, Dennis L.: *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 2000, S. 17.

Exzesses von Extraktion, Produktion und Beschleunigung am zivilisationshistorischen Horizont. (Bemerkenswerterweise hatte man die UdSSR kurzerhand miteingerechnet.)

Kurzum: Dem Kapitalismus gehen die sogenannten Rohstoffe und Energieträger aus. Eisenerz, Kohle, Erdgas und Erdöl erschienen als bald schon aufgebrauchte *ergo* endliche Güter. Mittelfristig, das zeigten alle errechneten Szenarien, werde der Kapitalismus an „unüberwindbare Grenzen stoßen.“⁷ Zur Veranschaulichung bediente sich der Report eines Denkbildes, das zur zentralen Ordnungsfigur der ökologischen Gegenkultur wurde und das noch bis heute nachwirkt. Wollte man das Tempo der großen Beschleunigung und das exponentielle Wirtschaftswachstum für die etwaige Generierung von *Surplus* aufrechterhalten, so bedürfe es die Rohstoffe und die Biomasse von etwa drei Planeten.

Für den Fall einer Fortführung eines *business as usual* errechnete Dennis Meadows und sein siebzehnköpfiges Team den abrupten Kollaps der ökologischen, bevölkerungspolitischen und wirtschaftlichen Verhältnisse. „Was dem Club of Rome zufolge auf dem Spiel stand, war nicht weniger als der Fortbestand der Biosphäre der Erde und damit die Zukunft des Lebens auf der Erde.“⁸ Weder brauchte man alle Projektionen und Verlaufskurven verstehen noch musste man zwischen den Zeilen lesen: Der ausgerechnet am *Massachusetts Institute of Technology* verfasste Report forderte Metanoia und Frugalität in den *High Times* des global agierenden und rohstoffgetriebenen Kapitalismus. Der Report diskursivierte die Zukunft als ökologische Krise, die eben nicht mit „konventionellen ökonomischen Begriffen erfasst werden kann.“⁹

Die etwaige Auflösung des in Notstand geratenen fordistisch-fossilen Kapitalismus hat die bereits zitierte australische Sozialtheoretikerin Melinda Cooper erforscht. In ihrer wirtschaftshistorischen Studie rekonstruiert sie den politischen Diskurs, der sich an der Denkfigur eines begrenzten Kapitalismus respektive den Grenzen des Wachstums in den Vereinigten Staaten entzündet hatte. Sie zeigt, wie sich die neoliberalen Denker und konservativen *Thinktanks* die Theoriebestände der Technowissenschaften, der Ökologieforschung und der Biokybernetik aneignen und im Zuge dessen die „Verheißungen der Bioökonomie ins Leben“ rufen.¹⁰ In dieser Transformation erkennt Cooper nichts weniger als die Neuerfindung des Kapitalismus, der nun seine Suche nach Mehrwert in die molekularen Prozesse des Biologischen hinein, ins *Leben selbst* verlegt. Es handelt sich dabei um eine neue, fundamentale Strategie, um *Surplus* zu generieren, welche die „Wirtschaftsproduktion auf die genetische, mikrobielle und zelluläre Ebene“ versetzt; auf diese Weise wird „das Leben dem kapitalistischen Akkumulationsprozess

7 Cooper, Melinda: „Leben jenseits der Grenzen. Die Erfindung der Bioökonomie“, in: Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik: Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 468–524, hier S. 469.

8 Ebd.

9 Ebd.; Zu einer zeitgenössischen Auseinandersetzung mit der Diskursfigur der ‚Zukunft als Krise‘: Horn, Eva: *Die Zukunft als Katastrophe*, Berlin: Fischer 2014.

10 Cooper: „Leben jenseits der Grenzen“, S. 472.

wortwörtlich einverleibt¹¹. Cooper hat systematisch dargelegt, dass sich jener historische Prozess der Selbst-Transzendierung des Kapitalismus marxistisch ausdeuten lässt: Die Hinwendung zum Leben zeuge demensprechend von der „regelmäßige[n] Neu-Erschaffung der kapitalistischen Welt“. Denn diese sei darauf angewiesen, „dass sich der Kapitalismus neue Grenzen auferlegt“¹², die er dann wieder zu übersteigen versucht. Doch damit nicht genug: Nach meinem Dafürhalten spiegelt sich die Verheißung von unlimitiertem *Surplus* und grenzenloser Produktivität zudem in der bereits *en détail* ausgeführten Erzählung von genetischem Code und molekularer Maschine. Das codegetriebene Leben galt (und gilt sicherlich heute noch) als eine mythopoetische Entität in Lebenswissenschaft (und Kapitalismus): Dort erscheint die DNA als ein Doppelpes, sie ist „Ursprung“ und „universeller Agent allen Lebens“¹³ und firmiert damit (wenigstens diskursiv) als schier unbegrenzte Quelle von Wachstum und Produktivität. Ohne den Nachvollzug dieser Einverleibung des Lebens im Feld der neoliberalen und global agierenden Bioökonomie lässt sich – die im folgenden Kapitel diskutierte – weitere Zuspitzung der Molekularbiologie im Humangenomprojekt und die Entstehung der synthetischen Biologie jenseits der Millenniumschwelle nicht verstehen.

Das Interludium möchte ich nicht ohne eine aleatorische Geste ausklingen lassen. Kittlers Grenzspekulation zur möglichen Selbst-Transzendierung der Computer im Medium der Biologie lässt sich heute berechtigterweise als eine Antizipation einer ingenieurtechnischen Lebenswissenschaft interpretieren. Darüber hinaus liest sich sein Essay als (durchaus ungewollter aber hellsichtiger) Nachvollzug jener von Melinda Cooper beschriebenen ‚Geburt der Bioökonomie‘. Erahnen kann man das anhand eines Gedankenexperimentes. Dazu reicht es aus, das Wort *Computer* mit dem Wort *Kapital* als auch das Wort *Transistor* mit dem Akronym *DNA* austauschen.

Sofern damit auch die Fehlerquellen der Computer gesetzt sind, kann gesagt werden, dass die Computer, solange sie unter die Ebene der Materialität der Transistoren nicht hinabsteigen können (und das können sie als Computer nicht), sich selbst auch nicht korrigieren und kontrollieren können (was beileibe nicht besagt, dass ein Computer nicht andere, bessere, komplexere bauen könnte: nur vermag er diese komplexeren Computer nicht mit Gewissheit unter seiner Kontrolle zu halten.) Die Proliferation der Computer nimmt darum etwas Anarchisches und Unüberwachbares an.¹⁴

11 Cooper: „Leben jenseits der Grenzen“, S. 473.

12 Ebd., S. 474.

13 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 54.

14 Kittler: *Baggersee*, S. 69.

5 Die ingenieurtechnische Eskalation der Zoöpolitik

Hyperbolismus des Lesens – Das Humangenomprojekt und die Krise des Genbegriffs

Im vorangehenden Kapitel zur ‚molekularen Revolution‘ ist gezeigt worden, dass ein historisches Auftauchen des zweiten Paradigmas der Zoöpolitik spätestens mit Erwin Schrödingers Code-Struktur-Spekulationen über die Selbstoperativität der fundamentalen Lebensprozesse beginnt. Während die 1950er Jahre noch im Zeichen einer theoretisch-mathematischen Begründung des Codedenkens standen, führten die 1960er und 1970er – mit den Mitteln der Biochemie – zu einer Ontologisierung des biokybernetischen Lebensbegriffs. Die folgenden Jahrzehnte erweitern den epistemischen Zugriff zunächst auf die genetische Information und seine materiellen Prozesse durch neue Verfahren der Datafizierung und Sequenzierung – so möchte ich in diesem Kapitel darlegen. Das auf die Schriftförmigkeit des Lebenden konzentrierte zweite Paradigma der Zoöpolitik findet seinen (vorzeitigen) Höhepunkt – sechzig Jahre nach Schrödinger und fünfzig Jahre nach der Enträtselung der DNA-Struktur – in dem globalen Wettrennen um die sogenannte Entschlüsselung des Humangenoms im Jahr 2003. Doch auf die hyperbolische Fixierung auf das genomische Lesen im ‚Buch des Lebens‘ folgt die *Krise des Genbegriffs*.

Die Entwicklung neuer Hochdurchsatztechnologien der automatisierten Gensequenzierung und die daraus resultierenden Datenmengen führten im Laufe der 1970er Jahre zur Etablierung einer neuen Disziplin, die immer deutlicher darauf zielte, die molekularen Prozesse der *Zoë* außerhalb von Labor und Organismus – *in silico* – zu erforschen.¹ Wie Staffan Müller-Wille und Hans-Jörg Rheinberger dargelegt haben, wurden dafür zwei molekularbiologische Methoden miteinander verbunden. Dabei handelt es sich um die Ansätze von Maxam, Gilbert und Church² an der Harvard University sowie die von Sanger und seinem Team³ an der Cambridge University entwickelte Methodik. Mithilfe derer ließen sich die genetischen Bausteine ‚abbauen‘, um dann anschließend durch die DNA-Polymerase und die Beimischung nicht verlängerungsfähiger Elemente einen sogenannten gezielten Kettenabbruch im Strang des Erbgutes herbeizuführen. Durch eine anschließende elektrophoretische Fragmentierung ergab sich das bekannte digitale Muster eines Strichcodes.⁴ Mit der Genomsequenzierung der Bäckerhefe, des

1 Vgl. Staden, Rodger: „A Strategy of DNA Sequencing Employing Computer Programs“, *Nucleic Acids Research* 6/7 (1979), S. 2601–2610.

2 Vgl. Church, George M. und Walter Gilbert: „Genomic Sequencing“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81/7 (01.04.1984), S. 1991–1995.

3 Vgl. Sanger, Frederick u. a.: „Nucleotide Sequence of Bacteriophage ϕ X174 DNA“, *Nature* 265/5596 (02.1977), S. 687–695.

4 Vgl. Müller-Wille, Staffan und Hans-Jörg Rheinberger: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik. Eine wissenschaftshistorische Bestandsaufnahme*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009, S. 93.

Fadenwurms sowie anschließend der Maus und des Schimpansen konnte die Methode schnelle Erfolge vorweisen.

Die gegen Ende der 1980er Jahren entstehende Bioinformatik agiert unter dem Versprechen, die molekularen Abläufe im Genom sowie die damit verbundenen regulatorischen Prozesse durch mathematische Verfahren und stochastische Modellierungen im Medium des Computers zur Anschauung zu bringen. Unter der Prämisse des Lesens der ‚lebendigen Schrift‘ wurde das, was in der Zelle *in vivo* geschieht, im Symbolischen als Simulation verrechnet und verdoppelt. Die Chiffren aus dem ‚Buch des Lebens‘ sollten nun durch die Fusion von Informatik und Biologie am Bildschirm ins Sicht- und Sagbare gebracht werden. Die Bioinformatik basiert meistens auf dem Versprechen des linear-alphanumerischen Denkens der DNA; ihre spezifische Epistemologie kommt im folgenden Axiom zum Ausdruck, das der Medienphilosoph Eugene Thacker formuliert hat: Die Bioinformatik fußt auf der Annahme einer fundamentalen Entsprechung genetischer und digitaler Codes, „[t]hat there exists some fundamental equivalency between genetic ‚codes‘ and computer ‚codes‘, or between the biological and digital domains, such that they can be rendered interchangeable in terms of materials and functions“⁵.

Ausgehend von der vermeintlichen, biomedialen Fundamentaläquivalenz von A-T-C-G und 1/0 sollte die Geschichte des biokybernetischen Lebensbegriffs seit Ende der 1980er Jahre immer deutlicher als eine technowissenschaftliche Heilsgeschichte⁶ erzählt werden, als ein Hyperbolismus des molekularen ‚Lesens‘. Die Bioinformatik sowie die Erfindung neuer, automatisierter Sequenzierungstechnologien waren zwei zentrale Elemente eines neuen ‚Willens zum Wissen‘: Im Auftakt zum sogenannten Humangenomprojekt (HGP) verbanden sich die Versprechen der genetischen Information mit einem unerhörten anthropologischen Reduktionismus, wenn es nun galt, jenen, in den vier Nukleinsäuren codierten „Bauplan für ein menschliches Wesen“⁷ aus dem ‚Liber vitae‘ herauszulesen. Im letzten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts schickten sich die Vertreter:innen des HGP an, die okzidentale Moderne sowie die Kultur des Humanismus in doppelter Hinsicht ‚aufzuheben‘: Man wollte den sogenannten Menschen auf molekulare Prozesse reduzieren und mittels genomischer Daten erfassen, um ihn dann unter den Bedingungen der Technowissenschaften neu denken. In diesem Sinne lässt sich jedenfalls die Gestaltung des offiziellen Logos des HPG – als Anlehnung und Novellierung von Leonardo da Vincis Emblem des *vitruvianischen Menschen* aus dem Jahr 1490 – deuten.

Lanciert hatte der Molekularbiologe und Physiker Robert Sinsheimer die Projektidee zur Sequenzierung des menschlichen Genoms bereits im Jahr 1985 auf einem Work-

⁵ Thacker: *Biomedica*, S. 5.

⁶ Vgl. Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*, S. 35.

⁷ „[B]lueprint for a human being“, so heißt es in: International Human Genome Sequencing Consortium: „Working Draft‘ of Human Genome“, 2000, <https://www.genome.gov/10001457/2000-release-working-draft-of-human-genome-sequence> (zugegriffen am 03.03.2023).



Abb. 14: Das offizielle Logo des Humangenomprojektes zum Projektstart im Jahr 1990.

shop an der University of California in Santa Cruz, an dem unter anderem der junge George Church mitwirkte. Dort präsentierte Sinsheimer den Plan, ein Zentralinstitut für die Sequenzierung des Humangenoms zu begründen. Sein erklärtes wissenschafts-politisches Ziel war es, die Molekularbiologie auf die Ebene einer *Big Science* zu heben. „Biology had always been ‚small science‘. I wondered if there were scientific opportunities in biology that were being overlooked, simply because we were not thinking on an adequate scale.“⁸ Ein institutionelles Vorbild für sein Unterfangen erkannte Sinsheimer in den Laboratorien für Nuklearwaffentechnik in Los Alamos.

Ob das Leitungsteam des HPG das fünfhundertjährige Jubiläum von *L'uomo vitruviano* für den Projektbeginn abgewartet hatte, ist heute nicht bekannt. Denn der offizielle Start des HPG fiel in das Jahr 1990. Die Umsetzung des Projektes sollte noch einmal deutlich größer ausfallen, als es Sinsheimer imaginiert hatte. Die Leitung der kollektiven „Schriftmission“⁹ des HPG wurde einem Protagonisten der ‚molekularen

⁸ Sinsheimer, Robert L.: „The Santa Cruz Workshop – May 1985“, *Genomics* 5/4 (11.1989), S. 954–956, hier S. 954.

⁹ Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 15.

Revolution‘ überantwortet, James Watson. Auf ihn folgte drei Jahre später der Genetiker Francis Collins.¹⁰ Durch den Zusammenschluss diverser Forschungsinstitutionen zu einem multinationalen Konsortium unter US-amerikanischer Führung wurde eine exorbitante finanzielle Ausstattung von über 3 Milliarden US-Dollar ermöglicht. – Das nach außen propagierte Selbstverständnis und die hyperbolischen Ambitionen des HPG kommen vielleicht am deutlichsten durch den Auftritt Walter Gilberts im Rahmen einer Pressekonferenz zum Ausdruck. Der Harvard-Molekularbiologie und Nobelpreisträger erkannte in der nun anstehenden Entschlüsselung des menschlichen Genoms nichts weniger, als die Suche nach dem „Gral“. Dem Publikum erklärte er: „Man wird eine CD aus der Tasche ziehen und sagen können: ‚Hier, das ist ein Mensch; das bin ich!‘“ Er setzte hinzu: „Zu wissen, dass wir gewissermaßen durch eine endliche Menge an Information determiniert sind, die man sich auch verschaffen kann, wird unsere Selbstwahrnehmung ändern“¹¹. Gemessen an den hochgesteckten Ambitionen verlief die eigentliche Forschung in den ersten Projektjahren eher schleppend.

Im Jahr 1998 sollten jene Sequenzierungsbemühungen des internationalen Verbundes unerwartete Konkurrenz bekommen. Der Biotechnologie-Pionier Craig Venter und sein Unternehmen *Celera* sorgten für Furore, als bekannt wurde, dass auch sie ins ‚Rennen‘ einstiegen. Auf Basis der *bis dato* produzierten und öffentlich einsehbaren Genomdaten, jedoch mithilfe einer neuen Technologie, die es erlaubte, viel größere Genomabschnitte viel schneller zu sequenzieren, dem sogenannten *Whole Genome Shotgun Sequencing*, wollte man die komplette Sequenzierung des Humangenoms in nur zwei Jahren, und damit deutlich vor dem avisierten Datum des Konsortiums, fertigstellen. – Das Feuilleton erkannte in Venters *Take Over* die Motive eines Kulturkampfes zwischen privatem Unternehmertum und staatlicher Forschung, zwischen neoliberalen Risikokapital und institutioneller Hegemonie, zwischen dem *NASDAQ Biotechnology Index* und den *National Institutes of Health*. Der eigentliche Affront Venters zielte jedoch auf das Ökonomische, denn seine veranschlagten 300 Millionen US-Dollar Projektkosten lagen deutlich unter dem Milliardenbudget der öffentlichen Institutionen. Das dramatische Wettrennen um das *Code Cracking* zwischen dem HGP und *Celera* wurde zunächst zum „erbitterten Zweikampf“ zwischen Francis Collins und Craig Venter stilisiert – zu sehen als *Cover Story* des TIME Magazine.

10 Im Hinblick auf Lily Kays Diagnose einer „göttlichen Bio-Macht“ (S. 139) sind die philosophischen Thesen des Francis Collins von besonderem Interesse. Collins ist Direktor der *National Institutes of Health* und vertritt eine christlich-theistische Theorie der Evolution, die er unter den Begriffen „Bio-Logos“ und „Evolutionary Creation“ zu konzeptualisieren versuchte. Vgl. Collins, Francis S.: *The Language of God. A Scientist Presents Evidence for Belief*, New York: Free Press 2006. – Collins fungiert zudem als Präsident Bidens primärer Berater in Wissenschaftsfragen.

11 Gilbert, Walter, 1992, zitiert nach: Müller-Wille/Rheinberger: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik*, S. 99.

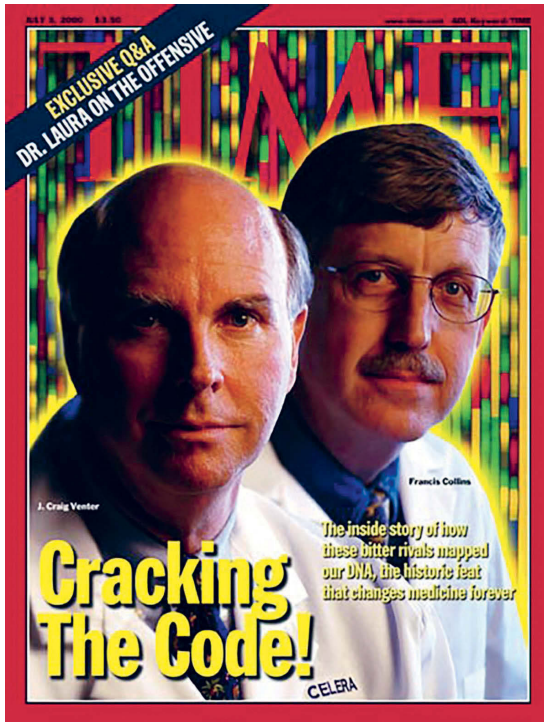


Abb. 15: Das Cover des TIME-Magazine vom 3. August 2000.

Letztlich kam es zu einem Remis im sogenannten *Genome War*.¹² Das multinationale Konsortium und Venters Firma entschieden sich für eine gemeinsame Finalisierung des HGP.¹³ – Das Projekt gipfelte in den Worten Bill Clintons, als er am 26. Juni 2000 im Festsaal des Weißen Hauses vor die Weltöffentlichkeit trat, um die erste „Rohfassung“ des menschlichen Genoms zu präsentieren: „Heute lernen wir die Sprache, mit der Gott das Leben erschaffen hat.“ Durch die Kenntnis jenes molekularen Bauplans des menschlichen Körpers könne man in naher Zukunft die Krankheiten Alzheimer, Parkinson und Krebs „an ihrer genetischen Wurzel packen“. Durch die Entschlüsselung des menschlichen Genoms im Medium des genetischen Codes, so erklärte der Präsident der Vereinigten Staaten im Beisein von Francis Collins, Craig Venter, dem Premierminister des Vereinigten Königreiches Tony Blair (via Satellitenübertragung zugeschaltet) und den Botschaftern der Länder Japan, Deutschland und Frankreich,

¹² Vgl. Shreeve, James: *The Genome War*, New York: Ballantine Books 2005.

¹³ Die Erklärung zur gemeinsamen Finalisierung des HPG führte zu einem drastischen Kurssturz des *NASDAQ Biotechnology Index*. Einige Großanleger hatten gegen den freien Zugang zu den Humangenomdaten gewettet und dementsprechend auf eine vorrangige Verwertung der Daten als *Corporate Owned Property* gehofft. Innerhalb von zwei Tagen hatte der Biotechnologiesektor über die 50 Milliarden US-Dollar an Börsenwert verloren.

sei es nunmehr denkbar, „dass die Kinder unserer Kinder, Krebs nur noch als ein Sternbild kennen“¹⁴.

Im Jahr 2003 wurde die Sequenzierung des kompletten Humangenoms für abgeschlossen erklärt. Doch jenseits der hyperbolischen Rhetorik einer ‚Neuen Biologie‘ war die Zeit nach dem Millennium von einer epistemologischen Ernüchterung geprägt. Jene ‚Bio-Macht, die Macht genetischer Information‘, so kritisierte Lily Kay, „hat sehr viel mehr versprochen, als sie vernünftigerweise halten kann“¹⁵. Während man vor den Kameras, in den Feuilletons und an den Börsen noch die *New Frontier* beschwor, erzählte man sich in Fachkreisen und hinter vorgehaltener Hand vom Abgesang der ‚molekularen Revolution‘ und dem nahenden Ende jener Hegemonie der genetischen Information. Zwar hatte sich im Verlauf der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine fundamentale Transformation tradierter Konzepte des Körpers und der Gesundheit vollzogen, doch beförderten ausgerechnet die Ergebnisse der Entschlüsselung des Humangenoms eine *Crisis* des Genbegriffs. Kritisiert wurde nun der informatorische Reduktionismus, der den biokybernetischen Lebensbegriff und die daran abgeleiteten Praktiken so produktiv gemacht hatte. Auf dem dramatischen Höhepunkt der Entschlüsselung des Humangenoms ließ sich ein deutlicher Bruch des zweiten Paradigmas der Zoöpolitik erkennen.¹⁶ Evelyn Fox Keller hatte wohl als Erste auf die epistemische Ironie des HGP hingewiesen, wenn sie bereits im Jahr 1994 zu bedenken gab, dass sich im Entdeckungsmoment des Gens als zentraler und exklusiver Ort der Erbinformation, ein epistemischer Wandel vollzog; hin zu einem Bild vom Gen als Element eines komplexen Netzwerks:

[I]t is one of the great ironies of the Human Genome Initiative that, while relying on and fostering both the notion of DNA as master molecule and the conception of genes as exclusive loci of biological control, this program has actually contributed to a shift in focus: away from genes as causal agents and to genes as components of more-complex networks that implicate the entire organism.

14 Der komplette Absatz: „Human Genome Announcement at the White House“, Washington, D. C., 26.06.2000, <https://www.youtube.com/watch?v=slRyGLmt3qc> (zugegriffen am 03.03.2023).

15 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 9.

16 Dass das zweite Paradigma der Zoöpolitik jenseits des HGP nicht einfach obsolet wird, sondern von einer anhaltenden Ereignishaftigkeit geprägt ist, das lässt sich mit einem Verweis auf die Systembiologie und das von Mark Zuckerberg lancierte Projekt namens *Human Cell Atlas* (HCA) andeuten. Ziel ist es, einen dreidimensionalen Atlas des menschlichen Organismus entstehen zu lassen, in dem man in ‚Echtzeit‘ die Aktivitäten einzelner Zellregionen mitverfolgen kann. Dazu sei es notwendig, die Genome aller spezifischen Zellen des menschlichen Körpers zu sequenzieren. Siehe: <https://www.humancellatlas.org/> (zugegriffen am 03.03.2023). Ein anderer Aspekt wären die personalisierten Genomsequenzierungsdienste für Privatpersonen. Diese Dienste erfreuen sich weltweit einer steigenden Nachfrage und versprechen, anhand einer DNA-Analyse, Auskünfte über die Ethnizität der eigenen Vorfahren und die Erstellung eines Risikoprofils für etwaige Krankheiten. Die von George Church mitbegründete Firma *Nebula Genomics* bietet seit dem Jahr 2020 eine persönliche Genomsequenzierung für \$299 an. Siehe: <https://nebula.org/whole-genome-sequencing-dna-test/> (zugegriffen am 03.03.2023).

There are even indications that some of the experimental work this very program sponsors has already begun to subvert the simplistic model on which it relies.¹⁷

Keller sollte Recht behalten. Je mehr Daten über das Genom sequenziert werden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass man sich von den zwei fundamentalen Prinzipien der ‚molekularen Revolution‘ verabschieden muss, also der Konzentration der Handlungsmacht auf die DNA als Meistermolekül allen Lebens und als privilegierten Kontrollort desselben.

Zwar ließen sich riesige Datenmengen über genomische Prozesse generieren, um diese dann in *Biodatabanks* zu horten. Doch kein biologischer ‚Sinn‘, kein Muster, kein Bauplan und schon gar kein allumfänglicher Lebensbegriff ließ sich aus dem endlos variierenden Nebeneinander von A, C, G und T ableiten. Nach dem HGP erschien der etablierte vermeintlich universale, biokybernetische Begriff des Lebens plötzlich als *Limited Biology*.¹⁸ Auch eine genombasierte Komparatistik führte zu keinen unmittelbaren Erkenntnissen. Sie gab vielmehr neue Rätsel auf: Was mag es bedeuten, dass der Mensch mit seinen 21 000 Genen gerade einmal 4000 mehr als die Fruchtfliege *Drosophila* besitzt?

Unterdessen hatte sich die sogenannte Postgenomik in Stellung gebracht, um den biokybernetischen Lebensbegriff und dessen reduktionistische Fixierung auf die DNA zu verabschieden. In der überbordenden Komplexität und der ‚rohen Menge der Daten‘, so der Befund der Kritiker:innen, löse sich die Fixierung auf den informationstheoretischen Begriff des Lebens. In den Mittelpunkt wollte man stattdessen die Diskussion über Umweltfaktoren und ein systemisches Denken rücken, das besonders ein Zusammenwirken diverser Elemente und Agenturen innerhalb und außerhalb der Zelle berücksichtigt.¹⁹

In Folge der Sequenzierung des menschlichen Erbguts und anderer Genome war ein ‚epistemischer Notstand‘ entstanden.²⁰ Genau hier lässt sich eine bereits beschriebene Denkbewegung Michel Foucaults wiedererkennen. Im Moment der *urgence discursive* kam es zu einer beachtlichen, wissenschaftlichen Inversion. Man verabschiedete sich schlagartig von einem allumfassenden Lebensbegriff. Doch die bereits erprobten molekularen Prozesse und Mechanismen wurden kurzerhand zu Instrumenten, Protokollen und Standards einer praktischen Biologie umdefiniert, die sich *volens nolens* als eine neue Ingenieurwissenschaft zu affirmieren wusste. Aus machttheoretischer Warte bleibt also zu konstatieren: Immer dann, wenn die Macht sich wähnt(e), das Lebende

¹⁷ Keller, Evelyn Fox: „Master Molecules“, in: Carl F. Cranor (Hrsg.), *Are Genes Us? The Social Consequences of the New Genetics*, New Brunswick/New Jersey: Rutgers University Press 1994, S. 89–98, hier: S. 94.

¹⁸ Vgl. Helmreich: „What Was Life? Answers from Three Limit Biologies“, S. 671–696.

¹⁹ Zum Begriff der Postgenomik: Müller-Wille/Rheinberger: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik*, S. 118–125.

²⁰ Zu diesem Aspekt: Müller: „Zoë als Técnica“, S. 335 f.

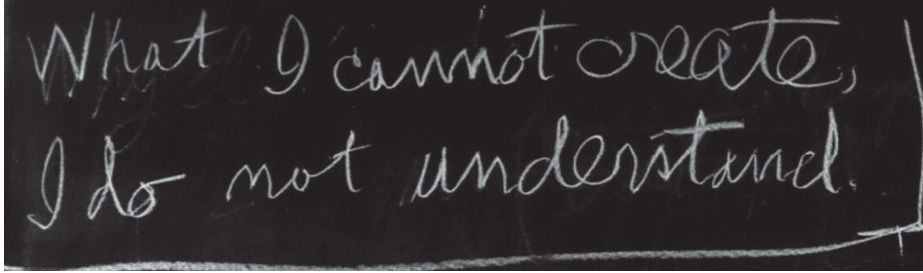


Abb. 16: *Black Board Aphorism* aus dem Jahr 1988. Feynman schrieb auf eine Tafel im California Institute of Technology: „What I cannot create, I do not understand.“ Sein Satz wurde zum epistem(olog)ischen Leitgedanken der synthetischen Biologie.

vollends eingeehgt zu haben, gelingt es demselben, sich den etwaigen technologisch und epistemologischen Zugriffen abermals zu entziehen.

Aus der molekularepistemischen Not wurde aber eine Design-strategische Tugend: Der universelle, biokybernetische Lebensbegriff wurde nun im Dispositiv der synthetischen Biologie bedenkenlos zu einer Art *universellem Organon* erklärt. Die molekularen Automatismen des Lebenden fungierten plötzlich als technische Elemente einer ‚Evolution in Menschenhand‘. Im Hinblick auf die molekulare Handlungsmacht lässt sich erkennen, dass an die Stelle von Schrödingers *universalem Baumeister* die Figur des *Lebensingenieurs* gerückt war. Die ikonische Rede vom ‚Buch des Lebens‘ sollte kurzerhand durch einen apodiktischen Satz von Richard Feynman ersetzt werden, den er im Jahr seines Ablebens während einer seiner letzten Seminare am California Institute of Technology an eine Tafel schrieb: „What I cannot create, I do not understand.“

Wer war *Synthia*? Transhumanistisches Versprechen und blaue Kolonie

And then early one morning, at 6 a. m. we got a text from Dan saying that, now, the first blue colonies existed.²¹

Craig Venter

Mit der Präsentation des ersten künstlichen Bakteriengenoms *Mycoplasma mycoides* JCVI-syn1.0 oder *Mycoplasma laboratorium* – auch *Synthia* genannt – tritt im Jahr 2010 die synthetische Biologie in eine neue Phase jenseits ihrer Gründungsjahre ein. Auf der Basis der bis dahin erarbeiteten Standards und Verfahren lässt sich das erkennen, was

²¹ Venter, Craig J.: „Synthetic Life (Transkript der Pressekonferenz)“, 20.05.2010, https://www.ted.com/talks/craig_venter_unveils_synthetic_life/transcript?language=en#t-110175 (zugegriffen am 03.03.2023).

ich eine Intensivierung des technowissenschaftlichen Charakters der synthetischen Biologie nennen – und in diesem Kapitel diskutieren – möchte. Anhand dieser Genomkonstruktion wurde die molekulartechnische Lebensherstellung als eine ‚gelungene‘ zur Anschauung gebracht und die synthetische Biologie als eine dezidiert künstliche Biologie begründet. In den Worten Venters: „Until this experiment worked, the whole field was theoretical. Now it is real.“²²

Synthia selbst trug den Feynman’schen Aphorismus einer *engineering-driven* Epistemologie in der eigenen DNA. Neben den Namen der beteiligten Wissenschaftler:innen hatte man die Worte Feynmans von 1988 dem künstlichen Genom im Zuge seiner Synthese als ein sogenanntes ‚Wasserzeichen‘ eingeschrieben, um die Transformation von einer lediglich theoretischen Molekularbiologie hin zu einem bioingenieurtechnischen Realismus zu kennzeichnen. Noch während der besagten Präsentation wurde Venter und seinem Team bewusst, dass man den Aphorismus falsch zitiert hatte. Statt ‚create‘ schrieb man ‚construct‘. Doch der Schreibfehler hatte *Synthias* Proliferation offensichtlich nicht verhindert, vielmehr hatte sich die kleine Akteurin zu diesem Zeitpunkt bereits vielfach repliziert. Die semantischen Verfehlungen fielen also im Zuge der Lebensherstellung nicht weiter ins Gewicht. In diesem Sinne gilt für Venters *Digitale Biologie* ein vielleicht noch bekannterer Aphorismus als der von Richard Feynman: *The medium is the message*. – Noch am selben Tag gratulierte der berühmte englisch-amerikanische Physiker und Mathematiker Freeman Dyson Venters Team mit den Worten: „Die Fähigkeit, neue Lebensformen zu entwerfen und herzustellen, markiert einen Wendepunkt in der Geschichte unserer Spezies und unseres Planeten.“²³

Mit seiner Selbststilisierung als Lebensschöpfer und der Ausrufung eines neuen Zeitalters biotechnologischer Machbarkeit war dem US-amerikanischen Projektentwickler und Milliardär ein gezielter Public-Relations-Coup gelungen. 40 Millionen US-Dollar kostete die labortechnische Konstruktion des verschwindend kleinen Bakterienhäufleins. Im Gegenzug wurden allerdings über 600 Millionen an Risikokapital für neue Projekte eingeworben: „Venter has secured a deal with the oil giant ExxonMobil to create algae that can absorb carbon dioxide from the atmosphere and convert it into fuel – an innovation he believes could be worth more than a trillion dollars.“²⁴ Alchemische Gesten, ökologische Verheißung und spekulativer Kapitalismus – im Hinblick auf seine wirtschaftliche Dimension erscheint *Synthia* als eine molekulare Maschine, deren kurzlebige Laborexistenz ein maximales *Surplus* erzeugt hat. Andere Beobachter:innen zeigten sich hingegen skeptisch, ob die synthetische Biologie sich jenseits dieses Coups am Markt durchsetzen könne. Seit der Erfindung und dem weltweiten Siegeszug der CRISPR-Technologie haben sich jedoch die Zweifel an der ökonomischen Einschlägig-

²² The Guardian: „Synthetic Life Breakthrough Could Be Worth Over a Trillion Dollars“, 20.05.2010, <https://www.theguardian.com/science/2010/may/20/craig-venter-synthetic-life-genome> (zugegriffen am 03.03.2023).

²³ Zitiert nach: Müller, Martin: „Wir müssen dringend reden“, S. 59.

²⁴ The Guardian: „Synthetic Life Breakthrough Could Be Worth Over a Trillion Dollars“.

keit der synthetischen Biologie und ihrer diversen Praxisfelder verflüchtigt. So hatte die Biotechnologiebranche bereits im Jahr 2017 allein in den Vereinigten Staaten über 400 Milliarden Dollar umgesetzt, was nicht weniger als zwei Prozent des gesamten Bruttoinlandsproduktes entspricht.²⁵ – Im Folgenden werde ich mich eingehender mit den Ereignissen aus dem Jahr 2010 beschäftigen. Mit Referenz zu einer kritischen Philosophie der Technowissenschaften möchte ich in diesem Kapitel der Frage nachgehen: Wer war *Synthia* eigentlich? Dafür gilt es zunächst, den Syntheseprozess nachzuskizzieren. Anhand einer Rekonstruktion von Venters Diskurs einer historischen Bedeutung der vermeintlich geglückten Genomsynthese werde ich dann eine eigene Ausdeutung der Fragestellung vornehmen.

Innerhalb des lebenswissenschaftlichen Diskurses wurde das Bakterium, dessen Fabrikation eine generelle Konstruierbarkeit des Lebens nachweisen sollte, in erster Linie als ein ingenieurtechnischer *Proof of Concept*²⁶ diskutiert – jedoch nicht ohne eine Kontroverse auszulösen. Das erste künstliche Bakterium, das in den Laboratorien des im Jahr 2005 gegründeten *Craig J. Venter Institutes* in Kalifornien hergestellt wurde, war unter der Leitung des Mikrobiologen und Nobelpreisträgers Hamilton Smith zusammen mit Craig Venter und einem zwanzigköpfigen Forschungsteam entstanden. Über fünfzehn Jahre nahm diese Konstruktionsleistung in Anspruch.²⁷ Was an diesem Tag im Format eines *Engineering Tale* auf der Bühne des lebenswissenschaftlichen Wissens als ein neues *tremendum et fascinosum* erscheint, war mit dem menschlichen Auge nicht einmal sichtbar. So zeugen mikroskopische Bilder, die an ferne Sternbilder und Himmelskörper erinnern, von Venters Synthese. *Mycoplasma mycoides JCVI-syn1.0* Zellgröße misst lediglich 1,1–1,5 µm in der Breite und 2,0–6,0 µm in der Länge. „Blue colonies indicate a successfully transplanted genome, with self-replicating bacteria revealed in an electron micrograph.“²⁸ Zur Freude Craig Venters hatte sich *Synthia* zum Zeitpunkt ihrer besagten Vorstellung schon Tausende Mal geteilt: „[The] blue colony of bacteria had rapidly grown on the lab plate over the weekend. [...] Blue showed the cells were using the new genome.“²⁹

Wenn Michel Foucault die ‚molekulare Revolution‘ und gleichsam die Kybernetisierung und Informatisierung des Lebensbegriffs seit den 1950er Jahren als ‚Neues Testament der Biologie‘³⁰ bezeichnete, so kam die achtzehnminütige Präsentation der ersten

25 Vgl. Christian, Stöcker: „Maschinen, die lebendige Wesen erschaffen“, *Spiegel Online*, 11.10.2020, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/crispr-cas9-die-biotech-revolution-faengt-gerade-erst-an-kolumne-a-a8d175a9-a55b-4e2c-b670-db498d33e973> (zugegriffen am 03.03.2023).

26 The Guardian: „Synthetic Life Breakthrough Could Be Worth Over a Trillion Dollars“.

27 Vgl. Pennisi, Elizabeth: „Synthetic Genome Brings New Life to Bacterium“, *Science* 328/5981 (21.05.2010), S. 958–959, hier S. 958.

28 Ebd.

29 Ebd.

30 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 126.

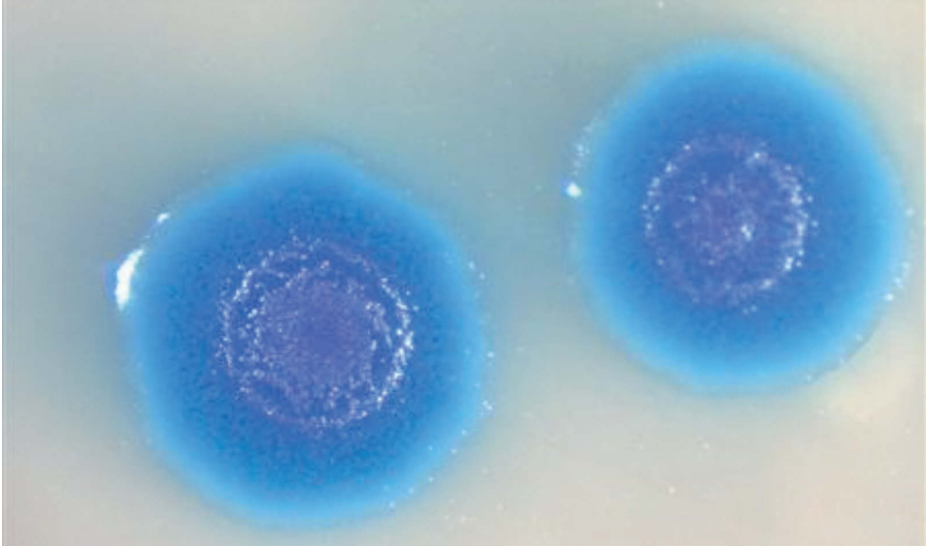


Abb. 17: Craig Venters ‚Blaue Kolonie‘ nach der Zellteilung.

„Totalsynthese des Genoms eines Bakteriums“³¹ vom 20. Mai 2010 im US-amerikanischen *J. Craig Venter Institute* einer Verkündung gleich:

We’re here today to announce the first synthetic cell, a cell made by starting with the digital code in the computer, building the chromosome from four bottles of chemicals, assembling that chromosome in yeast, transplanting it into a recipient bacterial cell and transforming that cell into a new bacterial species. So this is the first self-replicating species that we’ve had on the planet whose parent is a computer.³²

Venters Konstruktion gilt als fundamentales Beispiel eines molekular-technischen Verfahrens, als erste Komplettsynthese des besagten Bakterien-Genoms, als eine neue biologische Spezies, deren genetischer Code von Menschenhand ‚geschrieben‘ wurde. Seine Worte skizzieren gleichsam die medien- und wissenstechnische Verfahrenskette der von ihm vertretenen *Digitalen Biologie*. Erzeugt wird eine synthetische Zelle, erdacht und entworfen mithilfe von Computern und geschrieben im digitalen Code, anschließend in unbelebte chemische Elemente übersetzt und zu einem Genom assembliert; dann in ein ‚geleertes Bakterium‘ (*container cell*) eingelassen, um letztlich dessen Teilung zu verursachen.³³

Ausgehend von diesem *Proof of Concept* lanciert Venter eine neue große Erzählung der Beherrschung der Natur. Venter hatte am Ende seiner Pressekonferenz die Philoso-

31 Rheinberger/Bredenkamp: „Die neue Dimension des Unheimlichen“, S. 162.

32 Venter: „Synthetic Life (Transkript der Pressekonferenz)“.

33 Zur Verfahrenskette von Venters Minimalgenom: Müller: „Zoë als Téchne“, 245 f.

phie dazu aufgerufen, eine Deutung seiner Lebensherstellung vorzunehmen.³⁴ Weil die Geisteswissenschaften dem Aufruf nicht sogleich folgen wollten, ließ Venter es sich nicht nehmen, die Ereignisse seiner Konstruktion des künstlichen Bakteriengenoms in Form einer eigenen Monografie als technik- und wissenschaftshistorische Erzählung auszubreiten. Höchst bemerkenswert ist das eigentümliche Narrativ, das Venter seiner *Synthia*-Konstruktion zugrunde legt. Darin erkennt man zunächst zwei miteinander verschränkte Diskurse, die sich als Denkfiguren des *Anti-Vitalismus* und der *Naturbeherrschung* kennzeichnen lassen.

Venter schreibt: „Vitalism, like religion, has not simply disappeared in response to new scientific discoveries. It takes the accumulated weight of evidence from many experiments to displace a belief system.“ Die Widerlegung des Vitalismus qua Experiment soll letztlich verstanden sein als eine De-Mystifikation des Lebensbegriffs: „The continual advance of science has progressively stunted vitalism, though the effort has taken centuries, and even today the program to extinguish this mystical belief conclusively is not yet complete.“³⁵ In der fast aggressiven Abwertung des Vitalismus stellt sich Venter ganz bewusst in die Tradition des biologischen Mechanismus eines Jaques Loeb (S. 74). Venter bezieht sich also explizit auf Loeb als ‚Vorläufer‘ der synthetischen Biologie. Im Hinblick auf seine anti-vitalistischen Arbeiten und seine Experimente zur ‚Technik der lebenden Wesen‘ erscheine Loeb dementsprechend als „first true biological engineer“³⁶. In dieser historischen Referenz zeigt sich Venters Motivation zum ‚Lebenmachen‘ auf Basis seiner gestaltungszentrierten Epistemologie: Nicht als weitere Theorie, sondern nur in Form einer ‚gelungenen Totalsynthese‘ und anhand einer materiellen Konstruktion könne der Vitalismus entkräftet werden. Im Umkehrschluss bedeutet dieser vermeintliche Sieg über den Vitalismus die Verifikation eines reduktionistischen Materialismus nach Loeb, dessen Lebensbegriff sich als eine Absage an die letzten Residuen der Metaphysik versteht. Damit erscheint *Synthia* sowohl als *Proof of Concept* einer Konstruierbarkeit molekularen Lebens als auch als eine Art *Proof of Ontology* ebenjenes reduktionistischen Materialismus. Dazu erklärt Venter:

Even then, however, we recognized that if we were successful in the ability to design the code of life in the computer, translate it into DNA software by chemical synthesis, and put that synthetic code to work to create a new organism, this meant that vitalism was truly dead and, as a corollary, that we would have a clearer picture of what the word ‚life‘ really meant.³⁷

Die Lebensherstellung steht jedoch nicht allein für eine (reichlich verspätete) Entscheidung jener historischen Auseinandersetzung zwischen Vitalismus und Materialismus. Venters Erzählung reicht noch weiter zurück und führt auf das weite Terrain der west-

³⁴ Venter: „Synthetic Life (Transkript der Pressekonferenz)“.

³⁵ Ebd., *Life at The Speed of Light*, S. 15.

³⁶ Ebd., S. 8.

³⁷ Ebd., S. 78.

lichen Technikhistorie. Dem lebenswissenschaftlichen Unternehmer zufolge markiert die ingenieurtechnische Lebensherstellung den Endpunkt eines noch größeren Projektes neuzeitlicher wie auch moderner Naturwissenschaft. Venter formuliert dies in den folgenden Worten:

The fusion of the digital world of the machine and that of biology would open up remarkable possibilities for creating novel species and guiding future evolution. We had reached the remarkable point of being at the beginning of ‚effecting all things possible‘, and could genuinely achieve what Francis Bacon described as establishing dominion over nature.³⁸

Synthia, als die materielle Konstruktion einer biologischen Entität, verkörpere geradezu die Vollendung einer Utopie der materialistischen und szientistischen Naturbeherrschung durch jene ‚künstlichen Weisen und Mittel‘, wie sie Francis Bacon in *Nova Atlantis* (1627) in Aussicht gestellt hatte (S. 66). Venters Diskurs der Naturbeherrschung gipfelt also in einer gänzlichen Technologisierung der Biologie, die sich im Zeichen des Codedenkens als eine vollständige Automatisierbarkeit des Lebens darstellt. – Diese historische Deutung hatte Venter bereits im Jahr 2012 als Festredner zum siebzigsten Jahrestag von Erwin Schrödingers Vorlesung „What is Life?“ im Dubliner *Trinity College* vorgebracht (S. 122). Die biokybernetische Genomkonstruktion erscheint darin als ein *Proof of Concept* möglicher Lebensherstellung und gleichsam als Durchbruch der *Digitalen Biologie*:

This was a breakthrough for a number of reasons. Most importantly, it allows us now to automate genome synthesis. Having a simple one-step method allows us to go from the digital code in the computer to the analogue code of DNA in a robotic fashion. [...] All living cells that we know of on this planet are DNA software driven biological machines comprised of hundreds to thousands of protein robots coded for by the DNA software. The protein robots carry out precise biochemical functions developed by billions of years of evolutionary software changes.³⁹

Venters linearer Erzählung einer prometheischen Einlösung der Naturbeherrschungsupotie – von Bacons soziotechnischer Utopie über Loeb's Bioingenieuransatz und Schrödingers Codespekulation bis hin zur synthetischen Biologie – werde ich im Folgenden als weitere Eskalationsstufe in der Geschichte der *Zoëpolitik* beschreiben. In dieser Lesart erscheinen das künstliche Leben und die synthetische Biologie als Herzstück einer auf Hegemonie zielenden *Kultur der Technowissenschaften*. Erst vor diesem Hintergrund lässt sich die tieferliegende wissens- und kulturhistorische Bedeutungsdimension der Ereignisse um *Mycoplasma mycoides JCVI-syn1.0* herausarbeiten.

³⁸ Venter: *Life at The Speed of Light*, S. 78.

³⁹ Ebd., „A 21st Century Perspective. On the 70th Anniversary of Schroedinger's Lecture at Trinity College“, 07.12.2012, https://www.edge.org/conversation/j_craig_venter-what-is-life-a-21st-century-perspective (zugegriffen am 03.03.2023).

Das Konzept der Technowissenschaften hat seit Mitte der 1980er Jahre erstaunlich an Bedeutung gewonnen.⁴⁰ Das Kompositum *Technoscience* mag bestimmte Denkbilder hervorrufen: etwa die Konvergenz von Wissenschaft und Technik oder auch das Verschwinden der objektiven Wissenschaft, die ganz in den Bereich der Technik fällt. Theoretiker:innen aus der Wissenschaftsforschung, der Wissenschaftsphilosophie und den feministischen Studien der Technowissenschaften haben jedoch zu Recht eine solche Definition weitestgehend abgelehnt. Es wurde vielmehr dargelegt, dass sich komplexere historische Transformationsprozesse vollzogen haben: Die modernen Wissenschaften haben einen Wandel in Bezug auf Erkenntnistheorie, Praktiken, Objekte, Vokabular und die Rolle ihres öffentlichen Engagements durchlaufen.⁴¹ Das Ergebnis ist ein neuer Modus der Forschung, bei der sich die ‚große Erzählung‘ der modernen Naturwissenschaften von Fakten, Wahrheit und Naturrepräsentation hin zu technischem Design, Hybridität und Problemlösung verschiebt. Einige Philosophen, darunter Alfred Nordmann, bestreiten den Epochenbruch⁴² und behaupten, dass sich Wissenschaft und Technowissenschaft durch ihren Fokus der Forschungsarbeit unterscheiden: Eine moderne Wissenschaft wie etwa die Evolutionsbiologie sei darauf fokussiert, die bestehenden Naturgesetze zu analysieren und zu repräsentieren, während eine Technowissenschaft wie die synthetische Biologie sich in erster Linie darauf konzentriert, ‚natürliche‘ Entitäten und Systeme neu zu entwerfen.⁴³ Die klassischen Wissenschaften zielen darauf ab, die Auswirkungen ihrer Theorien und Interventionen von Phänomenen und Entitäten einer sogenannten „given world or mind-independent reality“⁴⁴ zu unterscheiden. Die französische Wissenschaftsphilosophin Bernadette Bensaude-Vincent und ihre Co-Autorinnen und -autoren behaupten ferner, dass also der konstitutive Aspekt der modernen Wissenschaft die „ontological presupposition“ ist, dass die Phänomene der Natur prä-etabliert und gegeben sind, und deshalb von der Forschung mittels ihrer experimentellen Systeme entdeckt werden können. Die Kategorie der Tatsachen beruht also auf der Idee einer durchweg ‚ewigen Natur‘: „[T]he world is typically taken to be composed of facts [...] – and a fact is ‚that something is the case‘, ‚that a thing is so and so‘, ‚that this has been observed or measured‘ etc.“⁴⁵.

40 Vgl. Kastenhofer, Karen und Astrid Schwarz: „Probing Technoscience“, *Poiesis & Praxis* 8/2–3 (12.2011), S. 61–65.

41 Vgl. Haraway, Donna: *Modest.Witness@Second.Millennium.FemaleMan.Meets.OncoMouse. Feminism and Technoscience*, New York: Routledge 1997; Weber, Jutta: *Umkämpfte Bedeutungen. Naturkonzepte im Zeitalter der Technoscience*, Frankfurt am Main: Campus 2003.

42 Vgl. Nordmann, Alfred, Hans Radder und Gregor Schiemann (Hrsg.): *Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break*, Pittsburgh, Pa: University of Pittsburgh Press 2011.

43 Vgl. Nordmann, Alfred: „Collapse of Distance. Epistemic Strategies of Science and Technoscience“, *Danish Yearbook of Philosophy* 41/1 (02.08.2006), S. 7–34.

44 Bensaude-Vincent, Bernadette u. a.: „Matters of Interest. The Objects of Research in Science and Technoscience“, *Journal for General Philosophy of Science* 42/2 (11.2011), S. 365–383, hier S. 368.

45 Ebd., S. 370.

Innerhalb der modernen Konzeption müssen Wissenschaft und Technologie zeitlich und methodisch strikt auseinandergelassen werden. Ziel der Wissenschaftler:innen ist es zunächst, ein Faktenwissen über Naturphänomene zu etablieren, das seine Anwendung auf dem Feld der Technik erst im zweiten Schritt findet. Das spezifische Interesse der Technik ist also, „to control the world, to intervene and change the ‚natural‘ course of events“⁴⁶. Die kategoriale und methodische Trennung von natürlicher Welt und sozialen Prozessen ist die konstitutive Grundlage der modernen Wissenschaft. Eine solche Vorstellung der sogenannten reinen Wissenschaft oder Grundlagenforschung ist nur dann gegeben, wenn man annimmt, dass soziale oder technische Aspekte die Etablierung der Fakten nicht kontaminieren. Doch gerade in den experimentellen Dispositiven der Technowissenschaften ist es schwierig, den Beitrag eines ‚natürlichen‘ Objekts und den menschlichen Einfluss der Forscher:innen und technischen Apparaten innerhalb eines Experiments zu unterscheiden.⁴⁷

Neben anderen technowissenschaftlichen Forschungsgebieten – wie etwa der Nanotechnologie, den Neurowissenschaften, Robotik usw. – zeichnet sich die synthetische Biologie gerade dadurch aus, dass sie sich einer modernistischen Trennung zwischen Natur und Kultur ganz bewusst verweigert. Wie bereits gezeigt worden ist: die *engineering-driven* Epistemologie der synthetischen Biologie unterscheidet nicht zwischen theoretischer Repräsentation und technischen Eingriffen, wenn beispielsweise die ‚natürlichen‘ Funktionen eines editierten Genoms untersucht werden (S. 43). Ihre Strategien und Praktiken zielen vielmehr auf die offensive Aneignung und Umgestaltung der Natur. Die Philosophin Jutta Weber argumentiert berechtigterweise: „[T]echnoscience is no more mainly about representing the laws of nature and intervening in its processes but mostly about (re-)shaping new and hybrid worlds from a constructivist viewpoint.“⁴⁸

Die Technowissenschaften basieren nicht zuletzt auf einem anderen Zeitverständnis als die klassischen Wissenschaften moderner Prägung. Letztere implizieren die spezifische Vorstellung einer Zukunft, die von zunehmendem Wissen über die Natur geprägt ist: Nichtwissen, so lautet das Ideal, wird in Wissen überführt. Eine solche Wissenschaft enträtselt, erhellt und lüftet den Schleier von etwas, das bereits vorhanden ist: Die zeitlosen Gesetze einer bereits gegebenen, präetablierten Natur. Technowissenschaftler:innen hingegen gestalten die Natur mit ihren eigenen Materialien ‚neu‘. Durch die Verschränkung und Vermischung heterogener Elemente konstruieren sie hybride Objekte und Welten. Daher ist die Technowissenschaft an der gestalterischen Poten-

⁴⁶ Nordmann: „Collapse of Distance“, S. 8.

⁴⁷ Vgl. Bensaude-Vincent u. a.: „Matters of Interest“, S. 368. Vgl. auch: Rheinberger: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*, 2006.

⁴⁸ Weber, Jutta: „Technoscience as Popular Culture. On Pleasure, Consumer Technologies & the Economy of Attention“, in: Nordmann, Alfred, Hans Radder und Gregor Schiemann (Hrsg.): *Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break*, Pittsburgh, Pa: University of Pittsburgh Press 2011, S. 159–176, hier S. 160.

zialität interessiert, die sich aus der Natur extrahieren und für menschliche Zwecke appropriieren lässt. Nicht zuletzt speist sich aus dieser Denkbewegung das Leitmotiv des technowissenschaftlichen *Redesign*: In die Zukunft projiziert und projiziert man die Idee einer ‚optimierten‘ Natur. Die Elemente zur Modifikation und Optimierung entnimmt man einer gewordenen Natur und ihrer Historie, die man sich als ein Depot technischer Lösungen vorstellt; als ein Feld von Materialien, Strukturen, Funktionen, deren Medialisierung, Aneignung und Kontrolle technisch bewerkstelligt werden soll. Im Fall der synthetischen Biologie wird das Lebende im molekularen Maßstab zu einem Register flexibler Ressourcen disponiert, die für menschliche Zwecke gestaltet und transformiert werden können.

Während Nordmann auf epistemologisch-historischer Ebene nicht zu Unrecht einen Epochenbruch durch die Technowissenschaften bezweifelt, so sind es einflussreiche Institutionen und technowissenschaftliche Protagonisten, die diesen Bruch mit strategischen Mitteln geradezu herbeiführen wollen. Eine machtvolle Allianz versteht die durchschlagende Technologisierung des Lebens nach dem Vorbild klassischer Ingenieurwissenschaft als einen historisch-revolutionären Auftrag.⁴⁹ Mit Blick auf diese strategischen Ansätze stellt sich die Frage, ob sich in Venters Naturbeherrschungsdiskurs über die wissenschaftstheoretische Thematisierung hinaus eine kulturell-ideologische Dimension erkennen lässt. Eine mögliche Antwort führt in das New York der 1990er Jahre zu einer Wissenschaftsorganisation mit dem Namen *Edge*. Diese wird geleitet von ihrem Gründer John Brockman, einem der einflussreichsten Literaturagenten und Wissenschaftsmanager Nordamerikas. Um die technizistischen Versprechen einer Kybernetik der 1960er Jahre in die Gegenwart zu überführen, formulierte Brockman sein Konzept der „Dritten Kultur“⁵⁰. Nicht nur Craig Venter, sondern auch George Church, Ray Kurzweil, Freeman Dyson, Richard Dawkins und eine noch viel längere Liste von Wissenschaftler:innen werden von Brockman vertreten. In Anlehnung an Charles Percy Snows Theorie der zwei Kulturen in den Wissenschaften – als eine Trennung von geisteswissenschaftlich-literarischer Kultur einerseits und naturwissenschaftlich-technischer Kultur andererseits –, tritt Brockman für eine technowissenschaftliche Synthese der beiden Pole ein:

A realistic biology of the mind, advances in physics, information technology, genetics, neurobiology, engineering, the chemistry of materials – all are challenging basic assumptions of who and what we are, of what it means to be human. The arts and the sciences are again joining together as one culture, the third culture. Those involved in this effort – on either side of C. P. Snow’s old divide – are at the center of today’s intellectual action. They are the new humanists.⁵¹

49 Vgl. MIT White Paper on Convergence: *The Third Revolution. The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering*, Washington, D. C. 2011.

50 Brockman, John: *Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*, London: Simon & Schuster 1996.

51 Ebd. (Hrsg.): *The New Humanists. Science at the Edge*, New York: Barnes & Noble 2003, S. 8.

Bei genauem Hinsehen überwiegt jedoch der naturwissenschaftlich-technische Anteil in Brockmans ‚neuem Humanismus‘, in dem kein Platz für die sogenannten ‚pessimistischen Intellektuellen‘ des 20. Jahrhunderts vorgesehen ist. In dieser Erzählung kulturellen Fortschritts unter der Regie der führenden Technowissenschaftler:innen aus den Forschungsfeldern der Nanowissenschaft, der Gentechnologie, der künstlichen Intelligenz und der Neurowissenschaften, sind die Antagonisten ebendieses technokulturellen Fortschritts Brockman zufolge die poststrukturalistischen Historiker:innen und die vermeintlich selbstreferenziellen Vertreter:innen des Sozialkonstruktivismus.⁵²

Das Denken eines technowissenschaftlichen Evolutions- und Lebensbegriffs, den Venter mit der Konstruktion von *Synthia* so öffentlichkeitswirksam in Szene setzte, bekommt in diesem Kontext eine deutliche Stoßrichtung. Der ‚neue Humanismus‘ jener ‚Dritten Kultur‘ erscheint somit als die Kultur eines strategisch vorangetriebenen *technowissenschaftlichen Transhumanismus*: In der populären und in der wissenschaftlichen Diskussion lancieren die Protagonisten der synthetischen Biologie die Ordnungsfiguren von ‚Vision‘, ‚Fortschritt‘, ‚Durchbruch‘ und von einer ‚neuen Ära der Biologie‘, in der das ‚Lebenmachen‘ als computergestützte und ingenieurtechnische Anwendung versprochen wird. Dieser offensiv formulierte Anspruch eines technowissenschaftlichen ‚World-Making‘ unterscheidet sich massiv von einer naturwissenschaftlichen Disziplin, die Fakten finden und sichere Darstellungen von Lebensphänomenen etablieren will. Die Forscher:innen der synthetischen Biologie handeln konform mit dem Geist einer ‚Dritten Kultur‘, wenn sie versprechen, lebende Organismen von Grund auf neu zu konstruieren, indem sie genetisch standardisierte Bauteile und computergestütztes Design verwenden: ‚Lebende Maschinen‘, die so in der ‚Natur‘ nicht vorkommen, sollen menschlichen Zwecken dienen.

Über den aktuellen (und begrenzten) Forschungsstand hinaus und neben der Kritik aus dem eigenen Fach: Nicht wenige Stimmen der synthetischen Biologie formulieren kühne Versprechungen über soziotechnische Szenarien, geführte Evolutionen und zukünftige biotechnische Experimente, die inmitten der Gesellschaft anstatt hinter Labortüren stattfinden sollen. Mit der österreichischen Wissenschaftssoziologin Karin Knorr-Cetina lässt sich die durchgreifende technowissenschaftliche Transformation der westlichen Kulturen analysieren, indem man den theoretisch-historischen Fokus auf den Konnex von Wissenschaft und Perfektibilitätsversprechen lenkt.⁵³ Bereits im Jahr 2005 argumentierte sie durchaus zu Recht, dass sich die westlichen Wissensgesellschaften in einer Zeit des Übergangs von der modernen Kultur des Humanismus und der Aufklärung hin zu einer transhumanistischen „Kultur des Lebens“⁵⁴ befinden, in der das

⁵² Vgl. Brockman: *The New Humanist*, S. 4–7.

⁵³ Zum Zusammenhang von Technowissenschaften, transhumanistischen Versprechen und Kulturtheorie, der in den folgenden Absätzen betrachtet wird: Müller: „First Species Whose Parent Is a Computer“, S. 106–109.

⁵⁴ Knorr-Cetina, Karin: „The Rise of a Culture of Life“, *Embo Reports*, Nr. 6 (07.2005), S. 76–80.

„Leben selbst“ zum Gegenstand von Steigerungs- und Optimierungsprozeduren wird. Knorr-Cetina erklärt:

Was heute, nach dem Bruch mit den Idealen der Aufklärung, denkbar geworden ist, ist nicht mehr nur die Perfektibilität der menschlichen Gesellschaft durch gesellschaftliche Mittel oder die kognitive und ethische Perfektibilität des menschlichen Individuums, sondern die Vervollkommnung des Lebens selbst durch Verbesserungen auf individueller Ebene, aber auch mithilfe der Biopolitik der Bevölkerung, der Selbstmanipulation der Natur des Menschen [...].⁵⁵

Der Grund für diesen Wandel ist eine Veränderung innerhalb der Konfiguration des wissenschaftlichen Versprechens und politischer Utopien. Die Grundversprechen der Aufklärung und des Humanismus, wie etwa von Rousseau und Condorcet formuliert, sind die politische Freiheit und die fortschreitende ‚Vervollkommnung‘ des Menschen *durch* die Gesellschaft. Dieses Versprechen wurde insbesondere von den Geisteswissenschaften artikuliert. „Zu den Ideen der Aufklärung gehörte auch der Glaube an die Wissenschaft, von der man sich die Verbesserung der menschlichen Existenz erhoffte.“⁵⁶ In der Kultur der Aufklärung besteht nach Knorr-Cetina eine konstitutive Trennung zwischen den Versprechengebern aufseiten der Wissenschaften und den gesellschaftlichen Akteur:innen, in deren Verantwortung es liegt, die Versprechen der Vervollkommnung umzusetzen und einzulösen. Doch in der aufkommenden, lebenszentrierten Kultur der Technowissenschaften verschiebt sich das Versprechen einer ‚vollkommenen‘ Gesellschaft hin zur ‚Vollkommenheit‘ des biologischen Lebens im Sinne eines technowissenschaftlichen „Transhumanismus“⁵⁷. In dieser Konstellation werden die *Life Sciences* zu einer vertrauenswürdigen Agentur, in der sich die Verheißung einer technologisch induzierten Perfektibilität des Lebens nicht nur formuliert. Im Gegensatz zur Aufklärung und zum Humanismus behauptet Knorr-Cetina jedoch, dass in der ‚Kultur des Lebens‘ die Verantwortung das Perfektibilitätsversprechen zu verwirklichen, ebenfalls den Technowissenschaftler:innen zuteilwird. In einer Kultur transhumanistischer Versprechen treten Letztere in einer Doppelrolle auf: Nicht nur werden die etwaigen Versprechen von ihnen hervorgebracht, sie stellen auch gleichsam ihre Erfüllung in Aussicht. Die Gesellschaft ist dementsprechend nicht mehr aktiv an der Einlösung von utopischen Entwürfen beteiligt. Sie erscheint vielmehr als Endkundin etwaiger Dienstleistungen des *Bioengineerings*.

Der kulturellen und historischen Imagination von der ‚Form des Zukünftigen‘ kommt in der heraufziehenden ‚Kultur des Lebens‘ eine entscheidende Rolle zu. Biotechnische Objekte wie *Synthia* sollen die Horizonte der antizipierten Zukunft bevölkern. Mit Barbara Adam und Steve Groves lässt sich behaupten, dass die Erkenntnistheorie

55 Knorr-Cetina, Karin: „Jenseits der Aufklärung. Die Entstehung der Kultur des Lebens“, in: Weiss, Martin G. (Hrsg.): *Bios und Zoë. Die menschliche Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009, S. 63.

56 Ebd., S. 55.

57 Ebd., S. 64.

und die Praktiken der synthetischen Biologie implizit von der modernen Vorstellung der Zukunft als „Contested Futures“⁵⁸ geprägt sind: „The future is open, we say. We cannot know it. It is open only to our imagination. It is ours to forge and to shape to our will, ours to colonise with treasured belief systems and techno-scientific products, ours to traverse, ours for the taking.“⁵⁹ In diesem Sinne wird das Zukünftige als ein offener und leerer Ereignisraum vorgestellt, der durch technische Imagination und künstliche Objekte besetzt, kontrolliert und ausgestaltet wird. Versprechungen fungieren dabei als rhetorisch-performative Mittel und symbolische Maschinen, um jene umkämpften Zukünfte bevölkern und letztlich zu kolonisieren. In dieser okzidental-modernistischen Konzeption ist die Zukunft gleichsam Herausforderung und Bedrohung für die gegenwärtige Kultur: Die unbestimmte, leere Zukunft muss geradezu kulturell umkämpft und technologisch domestiziert werden. – Craig Venters Team hatte dem Genom von *Synthia* noch ein weiteres Zitat eingeschrieben, in dem die techno-konstruktivistische Ordnungsfigur einer ‚gemachten‘ Zukunft im Zeichen einer ‚Dritten Kultur‘ nach Brockman offenbar wird. Es handelt sich um einen Auszug aus *American Prometheus*, der Autobiografie Robert Oppenheimers: „See things not as they are but as they might be.“⁶⁰ Mit Blick auf diese Prometheus-Referenz lässt sich das ideologische Versprechen der digital-synthetischen Biologie folgendermaßen paraphrasieren: Wenn ‚Leben‘ und ‚Natur‘ durch biotechnisches Design programmiert und kontrolliert werden kann, könnte die Zukunft auch durch Wissenschaft und Technik programmiert und kontrolliert werden.

Das *Engineering Tale* um *Synthia* erscheint heute selbst als ein historisches Ereignis. Es lässt sich wie ein Kolonialisierungsversuch eines vermeintlich leeren Raumes („first blue colonies“) durch lebenswissenschaftliche Ingenieurkunst deuten. Synthetische Biologen wie Craig Venter wännen sich an der Speerspitze einer gleichsam technischen (‚geführte Evolution mittels Digitaler Biologie‘) und kulturellen (Transhumanismus der ‚Dritten Kultur‘) Evolution. *Mycoplasma laboratorium* firmiert vor diesem Hintergrund als ideologischer *Proof of Concept* einer technowissenschaftlichen Kultur der Lebensherstellung. Sie projiziert das prometheische Versprechen einer ‚Allkonstruierbarkeit‘ des Lebenden in den Horizont zukünftiger Gesellschaften. – In dieser Sichtweise war *Synthia* weder die Widerlegung des Vitalismus noch die Erfüllung von Bacons neuzeitlicher Utopie, sondern vielmehr ein koloniales, regierungstechnisches Artefakt, in dem sich sowohl eine neue zoëpolitische Macht über das Leben als auch ein hegemonialer Diskurs einer Biotechnologisierung der gesellschaftlichen Zukünfte ‚verkörpern‘. Im historischen Rückblick auf das Jahr 2010 lässt sich die kulturtheoretische Doppelbödigkeit aus dem eingangs zitierten Satz Venters erahnen: „Now the first blue colonies existed.“

58 Bron, Nik, Brian Rappert und Andrew Webster: *Contested Futures. A Sociology of Prospective Technoscience*, London: Routledge 2020.

59 Adam, Barbara und Chris Groves: *Future Matters. Action, Knowledge, Ethics*, Boston, MA: Brill 2007, S. 14.

60 Venter: „Synthetic Life“.

Hyle und Morphe II: Passives Material und universale Konstrukteure

Eine Spinne verrichtet Operationen, die denen des Webers ähneln, und eine Biene beschämt durch den Bau ihrer Wachszellen manchen menschlichen Baumeister. Was aber von vorn herein den schlechtesten Baumeister vor der besten Biene auszeichnet, ist, daß er die Zelle in seinem Kopf gebaut hat, bevor er sie in Wachs baut. Am Ende des Arbeitsprozesses kommt ein Resultat heraus, das beim Beginn desselben schon in der *Vorstellung des Arbeiters*, also schon *ideell* vorhanden war.⁶¹

Karl Marx, 1867

Im Bereich der Minimalgenomkonstruktion und besonders in der Fabrikation von *Synthia* ist eine diskursive Trennung von Genom und Zelle, von Code und Material, von Steuerungseinheit und Chassis, von Software und Hardware konstitutiv. Der Beobachtungsbefund einer solchen generellen und konstitutiven Dichotomie lässt sich mühelos auf weitere Ansätze und Praxisfelder der synthetischen Biologie ausdehnen. Auch für die *engineering-driven* Epistemologie und Konstruktionsansätze in den Feldern des Bioengineerings, der Genomeditierung mit CRISPR, in der Xenobiologie sowie in den meisten Anwendungen des Biohackings ist die charakteristische Dichotomie in fundamentaler Weise vorhanden. In diesem Kapitel soll daher das Verhältnis dieser Bioingenieuransätze zur bereits diskutierten Trennung von *hyle* und *morphe* – in der Konzeption des genetischen Codes der ‚molekularen Revolution‘ nach Schrödinger, Crick, Monod und Jacob – eine weiterführende Problematisierung erfahren. Dies geschieht zunächst anhand der Rekonstruktion von George Churchs Begriff des Genoms als ‚*Universellem Konstrukteur*‘. Mittels dieser Diskursfigur werde ich ein zentrales Konstituens der synthetischen Biologie herauszuarbeiten. Im Rückgriff auf die aktuell in der Kulturwissenschaft für eine interdisziplinäre Forschung entwickelte Perspektive eines *aktiven Materialismus* werde ich schließlich ein entscheidendes, zoëpolitisches Charakteristikum bestimmen: den *Design-strategischen Hylemorphismus* der synthetischen Biologie.

Im Zuge einer Kybernetisierung der Biologie seit Mitte des 20. Jahrhunderts, dies wurde im Verlauf des vierten Kapitels ausführlich gezeigt, scheint die Kontrolle und Produktion der *Zoë* das Molekulare mit neuen Dispositiven technischer Les- und Machbarkeit zu durchsetzen. Nach der Implementierung jener privilegierten Operativität der DNA in die Tiefendimensionen der lebendigen Materie vollzog sich eine weitere Entgrenzung des biokybernetischen Zoë-Machtwissens. Das Lebende verkörperte sich in der neuerfundenen Ontologie einer informationsgesteuerten Molekularmaschinerie. Schrödingers Denkfiguren der ‚regierenden Atome‘ und des ‚universalen Baumeisters‘ wurde durch Jacobs Begriff des genetischen Programms als molekulare Maschinerie konzeptualisiert. Darin sollte die operative *Agency* der genetischen Information eine denkbar drastische Ausweitung erfahren. Mit den Mitteln der Biochemie wurde dem

61 Marx, Karl: *Das Kapital. Buch I: Der Produktionsprozess des Kapitals*, Hamburg 1867, S. 142.

neuen Lebensbegriffs nicht zuletzt eine universelle Gültigkeit verliehen. In der Konsequenz erschienen nicht nur alle zoëtischen Wesen und Systeme entsprechend der eingangs zitierten Formel Jacques Monods als sich ‚selbst aufbauende Maschinen‘. Mittels der Ontologisierung des Codedenkens als vermeintlich universeller ‚Sprache des Lebenden‘ gelingt es der Macht, auf das Leben jenseits der menschlichen Gattung auszugreifen und es in seiner elementarsten Dimension zu adressieren. So erscheint das Leben gänzlich im Dispositiv einer von Donna Haraway beschriebenen ‚Informatik der Herrschaft‘⁶², in dem die genomische ‚Software‘ die ‚Hardware‘ der materiellen Körper in ganz fundamentaler Weise ‚regiert‘.

Damit ereignet sich eine Eskalation der Zoöpolitik als eine Molekularisierung der Foucault’schen ‚Macht über das Leben‘. Und im Hinblick auf ihre Operativität erschien nun eine antike, meistens auf Aristoteles rekurrierende Form-Stoff-Logik als souveräne Ordnung *ins* Innere der Zelle verlegt – so habe ich es im Kapitel *Hyle und Morphe I: Souveräne Ordnung am ‚Grund der Dinge‘* zu zeigen versucht. In dieser Logik verbinden sich molekulare Epistemologie und Zoöpolitik als ein machtvolleres Wissen von den vermeintlichen, fundamentalen Prozesslogiken des ‚Lebens selbst‘. In dieser Hylemorphismisierung der *Zoë* – als eine Herrschaft des genetischen Codes über die zelluläre Materialität – liegt die zoöpolitische Strategie um das Wissen des molekularbiologischen und DNA-zentrierten Lebensbegriffs. Die zoöpolitische Strategie eröffnet wiederum die Möglichkeit, das Lebende am ‚Grund der Dinge‘ zu lokalisieren und ebendort durch Wissens- und Medienpraktiken „als Algorithmus anzuschreiben“⁶³. Im Hinblick auf die synthetische Biologie lässt sich nunmehr fragen: Evoziert das vermeintlich autorlose, genomische Schreiben am ‚Grund der Dinge‘, aus dem sich das eigentümliche Schriftverständnis des zweiten Paradigmas der Zoöpolitik speist, nicht geradezu die Möglichkeit zum *Take-over* durch die menschliche Handlungsmacht?

Eine mögliche Antwort auf diese Frage führt in die Laboratorien und Diskurse von George Church.⁶⁴ In seiner – in gemeinsamer Autorschaft mit dem Wissenschaftshistoriker und Transhumanisten Edward Regis – vorgelegten Monografie, die nicht zuletzt von John Brockman verlegt wurde, gibt der Harvard-Lehrstuhlinhaber für Genetik Auskunft über die fundamentale Technizitätsvorstellung der synthetischen Biologie. Darin finden sich sowohl eine detaillierte Programmatik der Lebensherstellung als auch Angaben zu den spezifischen Möglichkeitsbedingungen eines ‚Willens zur unlimitierten Formung‘ der *Zoë*. Erstere basiert, das wird im Folgenden zu zeigen sein, auf einem expliziten Verständnis der Codeontologie und der molekularen Selbstoperativität des Genoms, die bekanntlich im Zuge der ‚molekularen Revolution‘ festgeschrieben wurde. Church und Regis bemerken zur Maschinenförmigkeit des molekularen Lebensbegriffs, den sie ihrer Konzeption der synthetischen Biologie zugrunde legen: „[B]iological organ-

62 Haraway: *Die Neuerfindung der Natur*, S. 48.

63 Weigel, Sigrid: *Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“*, S. 20.

64 Zur Diskussion um den Begriff des Genoms als ‚Universeller Konstrukteur‘, der in den folgenden Abschnitten betrachtet wird: Müller: „Universale Konstrukteure?“, S. 239 f.; ebd.: „Nach CRISPR“, S. 336 ff.

isms could be viewed as a kind of high technology, as nature's own versatile engines of creation."⁶⁵ Dieser Satz liest sich wie eine Paraphrase Monods; Church und Regis knüpfen damit nahtlos an den biokybernetischen Lebensbegriff der 1960er Jahre an. Sie lassen es sich auch nicht nehmen, die ‚Naturgeschichte‘ des sich selbstaufbauenden Genoms als eine große Erzählung mit einer ganz eigentümlichen *Deep-Time*-Perspektive zu entfalten: „It's the story of a once invisible being, nameless for eons, now called, the genome."⁶⁶ Das Genom (im Singular) wird zunächst zum Subjekt einer *longue durée inouïe*, die vor Milliarden Jahren – mit der Emergenz des planetarischen Lebens – einsetzte:

The appearance of DNA some 3,900 million years ago makes it the most ancient of all ancient texts. [...] The original ancient text is written in the genomic DNA of every being alive today. That text is as old as life itself, and over 10³⁰ copies of it are distributed around the earth, from 5 kilometers deep within the earth's crust to the edge of our atmosphere, and in every drop of the ocean. A version of this text is found in each nucleated cell of our bodies, and it consists of 700 megabytes of information (6 billion DNA base pairs). It contains not only a rich historical archive but also practical recipes for making human beings.⁶⁷

In diesem ingenieurbioologischen Narrativ, man achte auf die durchaus geschickt platzierte Denkfigur des ‚making‘, erscheint das DNA-basierte Leben als eine äonische, nicht-menschliche Technologie. Diese wird zunächst beschrieben als eine Milliarden Jahre alte ‚Maschinerie der Herstellung‘, die ganz explizit jene Instanz regiert und steuert, die Jacob das genomische Programm nannte. Bei Church und Regis erfährt die Genealogie vom sich selbst hervorbringenden Lebenden eine radikale technowissenschaftliche Ausdeutung und praktische Wendung.

Die Denkfigur vom ‚Leben als Hochtechnologie‘ rückt im nächsten Schritt in das Zentrum einer Art *Designtheorie der Lebensherstellung*. Der universelle, biokybernetische Lebensbegriff wird dafür zunächst ins Dispositiv der synthetischen Biologie verlegt und dort zu einer Art *universellem Organon* erklärt. Kurzum: Die molekularen Automatismen des Lebendigen werden zu neuen Standards, Programmen und Protokollen einer ‚Evolution in Menschenhand‘. Die Rede vom Genom erlebt dabei eine deutliche Zuspitzung, wenn ebenjener Jacob'sche Genomprogramm-begriff mit Alan Turings Ordnungsfigur der *Universellen Maschine* gekoppelt wird. So argumentieren Church und Regis: „Just as computers were universal machines, in the sense that given the appropriate programming they could simulate the activities of any other machine, so biological organisms approached the condition of being universal constructors in the sense that with appropriate changes to their genetic programming, they could be made to produce practically any imaginable artifact.“⁶⁸ Diesen Satz gilt es achtsam zu lesen,

⁶⁵ Church/Regis: *Regenesis*, S. 4.

⁶⁶ Ebd., S. 15.

⁶⁷ Ebd., S. 38.

⁶⁸ Ebd., S. 4.

denn aus ihm lässt sich der ‚technowissenschaftliche Geist‘ der synthetischen Biologie in drei Denkbewegungen extrahieren: (1) Church und Regis referieren auf eine bekannte Homologie von Leben und digitalen Maschinen. Letztere hätten nach Turings Prämisse das Vermögen, *alle* anderen Maschinen – im Reich mathematischer Symbole – zu simulieren, woraus sich wiederum der Anspruch auf ‚Universalität‘ im Reich der Maschinen speist. (2) Sodann erscheint Church und Regis Ansatz als eine gezielte Transposition von Turings Ansatz der Universellen Maschine, wenn diese ins Materielle gewendet wird. (3) Diese epistemische ‚Rochade‘ macht es dann möglich, das Genom eines Organismus zu einer universellen Herstellungstechnologie zu bestimmen, deren materieller Output durch den inhärenten, genetischen Programmcode gesteuert wird. Auf die Formel gebracht: Im Vergleich zu Turings Rechenmaschinen seien ‚biologische Maschinen‘ ‚universelle Konstrukteure‘ oder mit den Worten der Autoren: „A living organism, after all, was a ready-made, prefabricated production system that, like a computer, was governed by a program, its genome.“⁶⁹ Und Church und Regis lassen keinerlei Zweifel, dass mit der Durchsetzung der synthetischen Biologie, die ‚Macht über das Programm‘ in die Domäne der Lebensingenieurkünste übergeht. Die molekularen Codierungsprozesse werden dementsprechend als operative Elemente eines Entwurfsdenkens im Zeichen von *Command and Control* angeeignet.

In diesem Denken erscheint die Lebensherstellung als ein Diskurs von Formgebung und Gestaltung. Auf der Ebene des Genoms umprogrammierte biologische Entitäten sollen Artefakte auf biologischem Wege – aus sich heraus – herstellen. Artefakte werden in diesem Paradigma nicht von Maschinen, sondern von reprogrammierten Organismen produziert:

Given the profusion and variety of biological organisms, plus the ability to reengineer them for a multiplicity of purposes, the question was not so much what they can be made to do but what they can't be made to do, in principle. After all, tiny life forms, driven solely by their own natural DNA, have, just by themselves, produced large, complex objects: elephants, whales, dinosaurs. A minuscule fertilized whale egg produces an object as big as a house. So maybe one day we can program an organism, or a batch of them, to produce not the whale but the actual house.⁷⁰

Was man hier vorfindet, lässt sich als eine konsequente Appropriation des Monod'schen Satzes vom ‚Leben als sich selbst aufbauender Maschine‘ verstehen. Die synthetische Biologie zeichnet sich aus durch ein klassisches Codeengineering, das jedoch im Bereich des universalen Lebensbegriff als eine vermeintlich unlimitierte Macht zur Formung⁷¹ des Lebenden durch seine Reprogrammierung daherkommt, und damit einem ‚universalen Biokonstruktivismus‘ Vorschub leistet.

⁶⁹ Church/Regis: *Regenesis*, S. 15.

⁷⁰ Ebd., S. 7.

⁷¹ Vgl. Catts, Oron und Ionat Zurr: „Life as a Raw Material. Illusions of Control“, *Somatechnics* 2/2 (09.2012), S. 250–262.

Die selbstläufige Biokybernetik des zweiten Paradigmas der Zoëpolitik wird nun überformt durch den skizzierten, labortechnischen Konstruktivismus. Ein fundamentales Element dieses Paradigmas lag in der Einschreibung einer harten Befehls-Maschinen-Logik. Oder anders gewendet: Eine strenge, maschinische Performativität des codegesteuerten Lebensprozesses vermag die weichen, molekularen Maschinen hervorzubringen. In dieser Wissenskonstellation erschien die *Zoë* als eine molekulare, codebasierte und maschinenlesbare *Téchne*, die allem Lebendigen zugrunde liegt und sich durch eine selbsthervorbringende Formungskraft auszeichnet. Im zweiten zoëpolitischen Paradigma erschien die DNA selbst als ein das Leben hervorbringendes Prinzip, als „universeller Agent allen Lebens“⁷², ausgestattet mit einer fast metaphysischen Wirkmächtigkeit. Im Unterschied dazu, kommt es im Paradigma der synthetischen Biologie jedoch zu einer entscheidenden Transformation: Im Hinblick auf den Begriff der *Agency* lässt sich konstatieren, dass man an die Stelle von Schrödingers universalem Baumeister die Figur des *Lebensingenieurs* setzt.

Mit der synthetischen Biologie ist aus der Codeepistemologie eine Anwendungswissenschaft geworden, die sich nicht mehr damit aufhält, den genetischen Code nur zu erforschen, sondern darauf zielt, ihn gänzlich technisch zu kontrollieren und radikal umzuschreiben. So gipfelt das Naturverständnis der synthetischen Biologie in dem bereits zitierten, durchaus ironischen Ausspruch von Oron Catts und Ionat Zurr: „[L]ife is becoming biomatter, waiting to be engineered.“⁷³ Die Möglichkeit der Appropriation und Synthese von sogenannter Biomaterie für die Konstruktion ‚molekularer Maschinen‘ basiert wiederum auf einer Kette von „reduktiven Annahmen“, die der Medientheoretiker Michael Cuntz gekennzeichnet hat. Die Grundannahme lautet, dass die belebte Materie respektive des Organismus gänzlich „auf die Information als Code zurückführen“ sei. Deshalb lasse sich „die Information [...] aus der Materie abstrahieren; das Leben funktioniert wie eine Maschine – eine Maschine ist ‚partes extra partes‘ aus Teilen aufgebaut (die vom Konstrukteur nach dessen Entwurf zusammengesetzt werden, bzw. denen er seinen Bauplan einschreibt)“⁷⁴.

Dieser reduktive Zirkel impliziert ein ‚Handling‘ des Materials, das deutlich über eine immer auf Präexistierendes bezogene *engineering-driven* Epistemologie (Verstehen durch Herstellen) hinausgeht, wie sie in der Gründungsphase der synthetischen Biologie entwickelt wurde: Das lebenswissenschaftliche *Engineering* beruht also in fundamentaler Weise darauf, das Symbolische dem passivierten Material als Befehlscode buchstäblich ‚einzuschreiben‘. Damit ereignet sich eine tiefgreifende Transformation

72 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 234.

73 Catts, Oron und Ionat Zurr: „Countering the Engineering Mindset. The Conflict of Art and Synthetic Biology“, in: Ginsberg, Alexandra Daisy u. a. (Hrsg.): *Synthetic Aesthetics. Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2017, S. 39–71, hier S. 28.

74 Cuntz, Michael: „Keine Synthese, kein Bauplan. Leben und (bio)technische Objekte“, in: Gramelsberger, Gabriele, Peter Bexte und Werner Kogge (Hrsg.): *Synthesis: zur Konjunktur eines philosophischen Begriffs in Wissenschaft und Technik*, Bielefeld: Transcript 2014, S. 147–169, hier S. 151.

von Lebenswissen und Machttechnologie. Diese gibt sich als eine *ingenieurstrategische Eskalation* der Zoöpolitik zu erkennen, wenn die Autogenerativität und Universalität der genetischen Codeontologie zur werkzeughaften Technologie umgedeutet werden. Die daraus abgeleitete ‚Allkonstruierbarkeit‘ des Lebenden wird zu einer zentralen Ordnungsfigur der synthetischen Biologie.

Damit erscheint die „doctrine of hylomorphism“⁷⁵ im Herzen eines Großteils der Ingenieuransätze zur Herstellung des Lebens. Anhand dieser Transformation lässt sich ein entscheidendes zoöpolitisches Charakteristikum bestimmen, das ich den *strategischen Hylemorphismus* der synthetischen Biologie nennen möchte, der die Herrschaft der Form über das Material als technowissenschaftliche Designstrategie in Anschlag bringt. Die Strategie einer durchgreifenden Kontrolle des Genoms durch das ingenieurtechnische Kalkül, basiert auf dem, was man mit Wolfgang Schäffner die radikale Stillstellung und Passivierung von Materie im Allgemeinen und Materialien im Speziellen nennen kann. Diese bildet in historisch-theoretischer Hinsicht einen folgenreichen Modus der ‚Weltnahme‘ einer technischen Moderne, der seine philosophische Genealogie im antiken Denken einer Trennung von Geist und Materie hat.⁷⁶ Die Trennung von aktiver menschlicher Handlungsmacht und passivierter Materie erscheint „spätestens seit dem 18. Jahrhundert eine [als] fundamentale Achse unserer gesamten Kultur“. Auf der hylemorphen Trennung basieren „nahezu alle [...] modernen Technologien und Kulturtechniken“⁷⁷. An deren Beginn steht die gezielte Stillstellung der intrinsischen Eigenaktivität von (Bau-)Materialien, die den gestalterischen Charakter der Moderne in eminenter Weise bestimmen sollten. Besonders Sperrholz, Stahl, Beton und Glas werden in ihrer technisch induzierten Starrheit die charakteristische ‚Hardware‘ für ein solches hylemorphes Gestaltungsdenken. In diesen Fällen fungiert das Material als „bloßes Mittel und Medium der Verkörperung und dient als passiver Träger und neutrale Einschreibefläche symbolischer und virtueller Operationen“⁷⁸. Die Trennung von Materie und Information, Operativität und Passivität, Software und Hardware gilt dabei „für klassische mechanische wie auch digitale Techniken“⁷⁹ – wenngleich der Computer und seine konstitutive Privilegierung von digitalem Befehlscode über die ausführende Hardware eine deutliche Zuspitzung des modernen Technizitätsschema darstellen

Unter dem Stichwort der *Radical Atoms* arbeitet man am MIT an einer Technologie, die die unmittelbare physikalische Manifestation symbolischer Operationen ermöglichen soll. Diese wird im Bereich der digitalen Interfaces als durchschlagende Kontrolle

75 Ingold, Tim: „Toward an Ecology of Materials“, *Annual Review of Anthropology* 41/1 (21.10.2012), S. 427–442, hier S. 432.

76 Vgl. ebd., S. 432 f.

77 Schäffner, Wolfgang: „Active Matter“, in: Lauschke, Marion und Pablo Schneider (Hrsg.): *23 Manifeste zu Bildakt und Verkörperung*, Berlin: De Gruyter 2018, S. 2.

78 Ebd.

79 Ebd.: „Materie und Information“, in: Fratzl, Peter u. a. (Hrsg.): *Materialforschung. Impulsgeber Natur. Innovationspotenzial biologisch inspirierter Materialien und Werkstoffe*, München: utzverlag 2019, S. 152.

des zu gehorchenden Materials manifest, die sich als Verkörperung des Codes buchstäblich aus der Oberfläche des Screens in die Gegenständlichkeit erheben soll. „*Radical Atoms*“, so erklären Hiroshi Ishii und seine Co-Autoren, „takes a leap beyond tangible interfaces by assuming a hypothetical generation of materials that can change form and appearance dynamically, so they are as reconfigurable as pixels on a screen“⁸⁰. Die menschliche Idee respektive Ideation nimmt dabei *qua* Code eine beliebige Gestalt an, wenn jedes einzelne Atom willentlich angesteuert werden soll. Die Geste des ‚Radikalen‘ liegt in der vermeintlich unmittelbaren und unlimitierten Plastizität des Materials, das als „extremely malleable“⁸¹ erscheint. Den Computeringenieuren und Designern des *MIT Media Lab* gilt Letzteres als Leitvision der Technikentwicklung „for the future of human-material interactions, in which all digital information has physical manifestation so that we can interact directly with it – as if the iceberg had risen from the depths to reveal its sunken mass“⁸². Das (allzu moderne) Ideal der fundamentalen Materialbeherrschung durch etwaige Codes, wie sie *Radical Atoms* vorsieht, scheint im Bereich der synthetischen Biologie jedoch nicht mehr nur als ‚Vision‘ der Technikentwicklung, sondern wird vielmehr als eine große Erzählung in Anschlag gebracht.

Zusehends schmilzt die moderne Grenzziehung zwischen Science und Fiction. George Churchs Diskurs der ‚Allkonstruierbarkeit‘ und ‚Hyperplastizität‘ des Lebenden verbleibt keinesfalls nur in der technologischen Imagination und Ideation. Vielmehr entstehen unter seiner Leitung konkrete, prototypische Ingenieurpraktiken zum Zwecke eines „radical redesign“⁸³. Church und sein Team präsentierten im Mai 2019 ein neues CRISPR-Verfahren. Damit lassen sich in einem Editierungsvorgang bis zu 13 000 Programmierungen gleichzeitig vornehmen. Es sind genau solche Verfahren der synthetischen Biologie, in denen ein drittes Paradigma der Zoëpolitik proliferiert. Churchs Emphase für eine deutliche Bevorzugung der menschlichen Handlungsmacht über die reprogrammierbare und editierbare Materialität des Lebenden ist durchaus keine exzentrische Position im zeitgenössischen Diskurs der synthetischen Biologie. Seit der Heraufkunft und der weltweiten Durchsetzung der Genomeditierung scheint die Position eines *strategischen Hylomorphismus* vielmehr den *Mainstream* des lebensingenieurtechnischen Diskurses abzubilden. Die Worte der CRISPR-Co-Erfinderin Jennifer Doudna und Samuel Sternbergs aus dem Jahr 2017 klingen wie eine Paraphrase der besagten ‚Allkonstruierbarkeit‘, ermöglicht durch den genomischen ‚Universal Constructor‘: „Armed with the complete CRISPR toolkit, scientists can now exert nearly complete control over both the composition of the genome and its output.“⁸⁴ Dem Selbst-

⁸⁰ Ishii, Hiroshi u. a.: „Radical Atoms. Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials“, *Interactions* 19/1 (01.2012), S. 38–51, hier S. 38.

⁸¹ Ebd., S. 45.

⁸² Ebd., S. 38.

⁸³ Smith, Cory J. u. a.: „Enabling Large-Scale Genome Editing by Reducing DNA Nicking“, *bioRxiv* (04.04.2019).

⁸⁴ Doudna/Sternberg: *Crack in Creation*, S. 110.

verständnis nach lässt sich dieser ‚Wille zum Design‘ nicht auf das Labor begrenzen, er wird zum ‚weltmachenden‘ *Modus Operandi* einer neuen Zoöpolitik: „[T]he genome-engineering applications made possible by CRISPR are limited only by our collective imagination.“⁸⁵

In diesem Sinne steht die synthetische Biologie für eine molekulartechnische Aktualisierung jenes Mythos vom göttlichen Demiurgen aus *Timaios*, der die vergänglichen, lebendigen Körper aus ideellen, geometrischen Formen herstellen ließ (S. 63). Aus der Remythologisierung speist sich die eigentliche ‚Dimension des Unheimlichen‘.⁸⁶ Es ist das unzeitgemäße Denkbild eines durchaus mythopoetischen Hylemorphismus: Als eine Trennung von (metaphysischer) Form und (passivem) Stoff. In der Antike, so das bekannte Denkbild aus der Metaphysik des Aristoteles, erkannte der Bildhauer die Idee der Figur, die bereits im Marmor angelegt war. Im nun angebrochenen Anthropozän wird das Genom zu einer Art Steinbruch für die technowissenschaftlichen Figuren und Naturen einer ‚Evolution aus Menschenhand‘.

Dass sich viele Forscher:innen im Bereich der synthetischen Biologie nicht mehr mit der der Gestaltung von Bakterien im Speziellen und der nicht-menschlichen Biologie im Allgemeinen zufriedengeben, macht ein weiteres Projekt aktuellen Datums anschaulich. George Church hatte zusammen mit dem New Yorker Systembiologen Jef Boeke und dem Transhumanisten Andrew Hessel über 150 Vertreter:innen aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft eingeladen, um mit den Planungen der Nachfolge für das Human Genom Project zu beginnen: dem *HGP2*.⁸⁷ Das erste Projekt galt bekanntlich der Sequenzierung des menschlichen Genoms, die im Jahr 2003 abgeschlossen wurde. Beim *HPG2* soll es nun darum gehen, ein menschliches Genom zu ‚schreiben‘ – eine zoötechnische Komplettsynthese eines menschlichen Genoms im Stile von Venters hylemorphem *Synthia-Projekt*. Das Projekt operiert unter der Zielsetzung, Prozesse der Vererbung und Erkrankung besser zu verstehen.⁸⁸ – Den neuen zoöpolitischen ‚Willen zum Design‘, der sowohl in den eschatologischen Debatten um das Anthropozän zirkuliert als auch im Medium der Genomeditierung in die menschliche Keimbahn eindringt, werde ich in den beiden folgenden Kapiteln nachgehen.

85 Doudna/Sternberg: *Crack in Creation*, S. 110.

86 Vgl. Rheinberger/Bredenkamp: „Die neue Dimension des Unheimlichen“, 2012.

87 Zum *HPG2*: Müller: „Wir müssen dringend reden“, S. 59.

88 Das Planungstreffen wurde hinter verschlossenen Türen abgehalten. Erst der Bioingenieur Drew Endy, ebenfalls ein Pionier der synthetischen Biologie, hatte die Sitzung auf Twitter publik gemacht. Trotz Einladung wollte er nicht teilnehmen. Das Projekt müsse erst mit der Öffentlichkeit diskutiert werden, bevor man sich über technische und monetäre Details ins Vernehmen setze. Siehe: Endy, Drew und Zoloth, Laurie, „Should We Synthesize a Human Genome?“, *Cosmos Magazine*, <https://cosmosmagazine.com/society/should-we-synthesize-a-human-genome/> (zugegriffen am 03.03.2023).

Planetarisches Design – Plastonzäner Ökomodernismus und die Eschatologie des Anthropozän

Wo aber Gefahr ist, wächst Das Rettende auch.

Friedrich Hölderlin, 1783

[T]he production of life has become the principal piece of a will towards a limitless terraforming.⁸⁹

Frédéric Neyrat, 2019

Hotter, Drier, CRISPR.⁹⁰

Karen Massel et al., 2021

Mit dem Redesign ganzer Gattungen und mit den biotechnischen Eingriffen in bestehende Ökosysteme nimmt ein neuer Typus jener Foucault'schen ‚vollständigen Durchsetzung des Lebens‘ Gestalt an, in dem sich ingenieurtechnische Zoëpolitik und invasives *Terraforming* verbinden. Regieren und Konstruieren bilden das Möbiusband einer neuen *Politik des Lebens*. Diese Verbindung erscheint wiederum als ein denkwürdiger Konnex aus (Über-)Leben und Machen, der nunmehr im Herzen des gegenwartshistorischen Anthropozändiskurses firmiert. Das vorliegende Kapitel versteht sich somit als ein Beitrag zur gerade erst begonnenen Diskussion in der Kulturwissenschaft. Denn „[v]iel zu selten“, so bemerkt Eva Horn zu Recht, „wird die Frage nach den biopolitischen Implikationen des Anthropozäns gestellt“⁹¹. Mit Blick auf diesen Begriff müsse „Biopolitik nun als sehr viel weiter gefasste *Kontrolle über biologische Prozesse* gedacht werden“⁹². Dementsprechend werde ich in diesem Kapitel eine theoretisch-kritische Forschungsperspektive eröffnen, um die (bio-)ingenieurtechnischen Formen der menschlichen Herrschaft über die nicht menschliche *Zoë* zu analysieren. – Oder wie sollte man die eingangs zitierte, durch CRISPR hervorgerufene Evokation einer ‚biological mastery‘ verstehen? Die Implikationen des Machens, des Engineerings und des Designs sind das bisher nicht hinreichend Bedachte des Anthropozändiskurses.

Mobile Bioremediation Unit, Autonomous Seed Disperser und *Self-Inflating Antipathogenic Membrane Pump*, so heißen die spekulativen Lebensformen in dem multimedialen Kunstwerk von Alexandra Daisy Ginsberg, in dem sich die Sujets der ökologischen Krise und der synthetischen Biologie verbinden und gleichsam verkörpern. Als ein Zentralwerk im Schnittfeld von Bio Art und spekulativem Design trägt es den Titel *Designing for the Sixth Extinction* (2015). Dabei ist die Formel des sechsten Artensterbens keine spekulative, sondern einer nüchternen Empirie geschuldet, nach der sich die Extinktion der

⁸⁹ Neyrat: *The Unconstructable Earth*, S. 52.

⁹⁰ Massel, Karen u. a.: „Hotter, Drier, CRISPR: The Latest Edit on Climate Change“, *Theoretical and Applied Genetics* (08.01.2021).

⁹¹ Horn, Eva und Hannes Bergthaller: *Anthropozän zur Einführung*, Hamburg: Junius 2020, S. 210.

⁹² Ebd., S. 142.



Abb. 18: Detox für Böden und Bäume, während andere biotechnische ‚Helfer‘ die Samen im Wald verteilen. Die Abbildung zeigt eine sogenannte Membranpumpe. Bild aus dem Werk *Designing for the Sixth Extinction* (2015) – von Alexandra Daisy Ginsberg.

Arten und die Erhitzung des Erdklimas in reziproker Weise bedingen: Demnach stehen zu diesem Zeitpunkt von den etwa acht Millionen Arten des Planeten mehr als eine Million vor dem unmittelbaren Aussterben. Die durch Menschen bewirkte Erwärmung des Klimas befeuert das Massensterben, das wiederum das Kollabieren von immer mehr Ökosystemen beschleunigt, da sich diese ohne das Mitwirken der ausgestorbenen Arten nicht mehr regenerieren können. „The average abundance of native species in most major land-based habitats has fallen by at least 20 %, mostly since 1900.“ – So konkludiert ein aktueller UN-Bericht zur Thematik: „More than 40 % of amphibian species, almost 33 % of reef-forming corals and more than a third of all marine mammals are threatened. The picture is less clear for insect species, but available evidence supports a tentative estimate of 10 % being threatened“⁹³. Die Zahl der Menschen hat sich seit den 1970er Jahren mehr als verdoppelt und stieg von 3,7 auf nunmehr 8 Milliarden.⁹⁴ Vor diesem Hintergrund lässt sich fragen: Die Ressourcen wie vieler Planeten reichen für das (Über-)Leben von der bis 2050 prognostizierten Weltbevölkerung von 9 Milliarden Menschen? In dieser „Akkumulation der Gegenwart“⁹⁵ brechen die Denkbilder einer

⁹³ United Nations: „UN Report: Nature’s Dangerous Decline ‚Unprecedented‘. Species Extinction Rates ‚Accelerating‘“, 2019. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-decline-unprecedented-report/> (zugegriffen am 03.03.2023).

⁹⁴ Vgl. ebd.

⁹⁵ Horn, Eva: „Akkumulation der Gegenwart“, in: Thomas Edlinger (Hrsg.): *Endlose Gegenwart*, Wien: Donaufestival 2018, S. 30–41.

untergehenden Welt hervor, die in der täglichen Berichterstattung als apokalyptische zirkulieren: Der Golfstrom versiegt, die arktischen Gletscher sind im Begriff vollends abzuschmelzen, schon bald könnten weite Teile Südostasiens und Ozeaniens auf Grund von sengender Hitze und steigender Wasserspiegel unbewohnbar werden. Man spricht sogar vom möglichen Umschlag der Pole.⁹⁶

Mit Blick auf diese durchaus endzeitlichen Diskurse einer sterbenden und erodierenden ‚Natur‘ des Planeten bringt Ginsberg das spekulative Element des Designs ins Spiel: Dort wo die ‚natürlichen Spezies‘ verschwunden sind, dort wo die ‚Natur‘ sich nicht mehr ‚regulieren‘ kann, dort nehmen die menschengemachten, synthetischen Spezies ihre Arbeit auf: „In this version of the future,“ so erklärt die englische Künstlerin, „novel companion species are designed by synthetic biologists to support endangered natural species and ecosystems“⁹⁷. Im Labor und mit den Mitteln der Bioinformatik entworfen, anschließend in großen Stückzahlen produziert, werden sie in die sterbenden ‚Ökosysteme‘ entlassen. Dort fungieren sie als Akteure einer anthropozänen Zukunft, in der die Folgen der anthropogenen Klimakatastrophe mit ebendiesen anthropogenen „ecological machines“⁹⁸ in Schach gehalten werden sollen.

In dieser Spekulation erscheinen die möglichen ‚ökologischen Maschinen‘ als eschatologische Maschinen, die eigentlich nur die *Soft Surface* einer viel härteren Ingenieurlogik und -erzählung bilden. Ginsberg streift diesen *Hard Core* in einer Erläuterung des eigenen Werkes. Ihre dort gestellte Frage kann als der zentrale Fluchtpunkt (m)einer Gegenwartsdiagnostik und -theorie verstanden werden, die ich in diesem Kapitel entwickeln möchte: „If nature is totally industrialized for the benefit of society – which for some is the logical endpoint of synthetic biology – will nature still exist for us to save?“⁹⁹ Dabei interessiert mich zunächst die Denkfigur einer ‚totalen Industrialisierung der Natur‘ als logischer Endpunkt der Ingenieurbiologie, welche die opake Diskursfigur einer ‚Reparatur‘ des beschädigten Planeten geradezu ins undenkbare Extrem steigert. Meine Absicht ist, nach einigen spezifischen Elementen einer historisch-verfassten Technizität zu fragen, die ein ‚radikales Redesign‘ von *Zoë* und Natur in Zeiten jener durch Menschen verursachten, ökologischen Katastrophe in Aussicht stellt. Zentral ist dabei der eingangs zitierte Begriff des *Terraformings*, den ich nun näher betrachten werde.

Der Begriff *Terraforming* stammt aus der Science-Fiction der 1940er Jahren. Etwa zwei Dekaden später wurde er in die Diskurse der sogenannten Exobiologie aufgenommen.¹⁰⁰ Dort adressierte er die Frage nach den biochemischen Möglichkeits-

96 Vgl. Müller: „Kein Zurück zur Natur“.

97 Ginsberg, Alexandra Daisy: „Designing for the Sixth Extinction“, <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction> (zugegriffen am 03.03.2021).

98 Ebd.

99 Ebd.

100 Im Journal *Science* wurde die Idee eines planetarischen Engineerings – zum ersten Mal im Kreise der Naturwissenschaften – formuliert. Sagan, Carl: „The Planet Venus: Recent Observations Shed Light

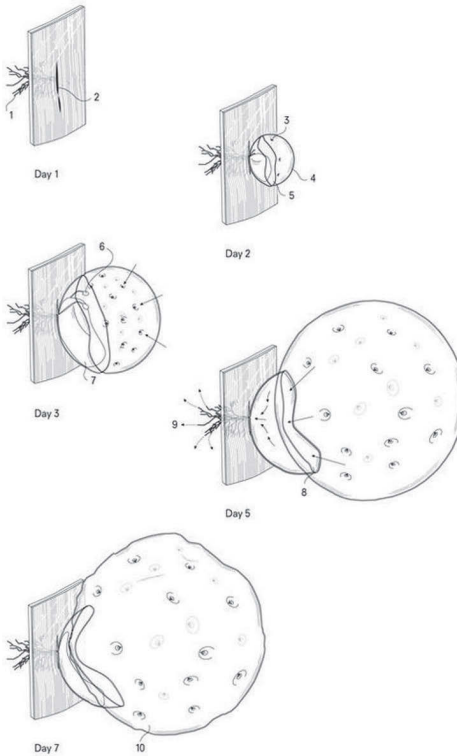


Abb. 19: Antipathogene Akteurin zur ‚Rettung und Regeneration‘ des Waldes: „Die Vorrichtung verbindet sich über Sporen (2) mit dem Baum. Ein biochemischer Sensor (1) meldet Alarm, falls die Eiche von den Keimen befallen ist. Daraufhin entsteht eine Pumpe (4), mit einer inneren und einer äußeren Kammer, die durch eine Membran (5) getrennt sind. Ventile (3) in der äußeren Kammer verhindern, dass Luft eindringt. In der inneren Kammer entstehen Sporen (6) sowie ein Mittel (7), mit dem sich die Keime bekämpfen lassen. Ist der Ballon komplett aufgeblasen, pumpt die Membran das Mittel in den Baum. Anschließend koppelt er ab (10) und fällt in sich zusammen. Zugleich setzt die Pumpe Sporen frei, damit sich die Eiche fortpflanzen kann.“ Bild aus Kunstwerk von Alexandra Daisy Ginsberg (2015).

bedingungen einer Urbarmachung unbewohnter Himmelskörper für das menschliche Leben, die man von den hiesigen Erdverhältnissen – im Hinblick auf Atmosphäre, Temperatur und andere Parameter – ableitete. Dieses *Life beyond Earth* war verbunden mit der ingenieurtechnischen Perspektive und dem hyperbolischen Fragehorizont, welche nächstgelegenen Planeten und Monde sich für eine solche ‚Umformung‘ eignen könnten. Spätestens seit dem Millennium, so meine Lesart, hat der Begriff jedoch eine denkwürdige Umkehr erfahren – hin zum *Geo-Engineering*. Nicht mehr ferne Welten sind der hauptsächliche Gegenstand, sondern die Klimasysteme der Erde selbst rücken in den Mittelpunkt der Forschung. Dies ist wiederum verbunden mit der Frage, wie das planetarische Leben angesichts der ökologischen Katastrophe technisch ‚redesign‘ werden müsste, sodass die menschliche Gattung weiterhin auf ‚ihrem Planeten‘ überleben kann. In den Diskursen der Gegenwart fließt nun die Frage nach den terrestrisch-gewordenen Diskursen des *Geo-Engineering* mit dem zusammen, was ich die *Third Wave* der synthetischen Biologie im Zeichen der Genomeditierung nennen möchte.

on the Atmosphere, Surface, and Possible Biology of the Nearest Planet“, *Science* 133/3456 (24.03.1961), S. 849–858.

Zur Erinnerung: Die sogenannte *First Wave* der synthetischen Biologie galt der Entwicklung und Etablierung ingenieurtechnischer Epistemologie und Standards (siehe dazu Kapitel 1), die zweite Welle zielte auf das Redesign von Modellorganismen und die labortechnische Herstellung von Leben, die dritte Welle soll nun den ‚Willen zum Machen‘ mittels Genomeditierung in Bereiche jenseits des Labors bringen. Im Hinblick auf die Pragmatik von CRISPR gilt deshalb: Das zweite Paradigma der Zoëpolitik stand und steht im Zeichen eines universellen, biokybernetischen Lebensbegriffs, der – im Medium des genetischen Codes – spätestens seit den 1960er Jahren das gesamte planetarische Leben adressiert. Heute folgt dieser Blumenberg’schen ‚Lesbarkeit der Welt‘ der Versuch einer biotechnischen ‚Schreib- und Programmierbarkeit der Natur‘ als eine konsequente Anwendung der Genomeditierung, die nunmehr immer deutlicher als Meisterdiskurs eines *planetarischen Designs* in Erscheinung tritt. In den Worten der Erfinderin von CRISPR, Jennifer Doudna:

Using powerful biotechnology tools to tinker with DNA inside living cells, scientists can now manipulate and rationally modify the genetic code that defines every species on the planet [...] As long as the genetic code for a particular trait is known, scientists can use CRISPR to insert, edit, or delete the associated gene in virtually any living plant’s or animal’s genome. [...] Practically overnight, we have found ourselves on the cusp of a new age in genetic engineering and biological mastery[.]¹⁰¹

Die Notwendigkeit einer solchen molekular-technischen Naturbeherrschung, liegt nach der Nobelpreisträgerin jedoch nicht einfach im freien Spiel der Imagination, sondern respondiert mit jener (Krisen-)Diagnostik des „Anthropocene“¹⁰², der von ihr als historischer Begriff heranzitiert wird. Die ökologische Krise ist Doudna zufolge also die dringlichste Herausforderung an das Bioingenieurwesen – und gleichsam dessen ethisch-historische Legitimation für Applikationen der synthetischen Biologie jenseits der Labore, die das Spektrum des planetarischen Lebens in Gänze adressiert. Nachfolgend wird es mir darum gehen, die These des Anthropozäns in ihren wichtigsten Begriffen und Denkfiguren, jedoch mit der Kennzeichnung als eine große Erzählung mit einer Akzentuierung auf eine eschatologische Dimension, zu diskutieren.

Neben einer heterogenen Theoriediskussion in den Geo-, Sozial- und Geisteswissenschaften, die sich sowohl der noch zu klärenden Frage der Datierung als auch einem kritischen Verstehen des Anthropozän-Begriffs widmen, und neben dem ökologischen Aktivismus und dem Aufkommen neuer Jugendbewegung, wird immer vehementer nach neuen technischen Interventionsformen gefragt, die einen *Technological Fix* zur offensiven Bewältigung der Krisensituation versprechen. In den Sozial- und Geisteswissenschaften wird oft übersehen, dass die These des Anthropozäns bereits im Moment ihrer Formulierung im Bann des *Engineerings* stand. Paul J. Crutzen selbst plädierte in seinem initialen, im Februar 2002 in *Nature* erschienenen Artikel mit dem Titel *The*

¹⁰¹ Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. xiii.

¹⁰² Ebd.

Geology of Mankind für großräumige und invasive Eingriffe in die geochemischen Stoffkreisläufe des ‚Earth Systems‘. Mit seinem Plädoyer, der Globalgesellschaft den zukünftigen Horizont und die Notwendigkeit eines planetarischen Designs aufzuzeigen, formulierte er unversehens eine radikale Erweiterung der Zoöpolitik für die Gegenwart und nahe Zukunft:

A daunting task lies ahead for scientists and engineers to guide society towards environmentally sustainable management during the era of the Anthropocene. This will require appropriate human behaviour at all scales, and may well involve internationally accepted, large-scale geo-engineering projects, for instance to ‚optimize‘ climate.¹⁰³

Dort wo die Kategorien der holozänen ‚Natur‘ ins Wanken geraten, wird das durchgreifende und optimierende *Reengineering*¹⁰⁴ derselben zur allzu menschlichen ‚Ontologie der Gegenwart‘ erklärt. Als könnte man das sterbende Leben – bruchlos – mit dem ‚gemachten Leben‘ ersetzen.

„Was bedeutet Anthropozän und was wird es gewesen sein?“¹⁰⁵ – In Umlauf gebracht wurde die neue große Erzählung planetarischen Maßstabs von den sonst so geerdeten Vertretern der Atmosphärenchemie: Im Begriff des Anthropozäns, der die These vom Anbruch eines neuen Erdzeitalters bezeichnet, steige ‚der Mensch‘ zu einem bestimmenden geologischen Faktor auf.¹⁰⁶ Crutzen präsentierte – nicht im Medium der Spekulation, sondern mit den Mitteln einer *Hard Science* – die Rechnung zum ‚Stand der Dinge‘ und bilanzierte die bereits katastrophale Verfassung der ‚lebbarsten Verhältnisse‘ auf dem Planeten Erde. Was um 1800 in Europa initial als Industrialisierung begonnen habe und sich seit den 1950er Jahren als globale *Große Beschleunigung* als die Summe einer historisch beispiellosen industriellen, ressourcenverzehrenden Aktivität Bahn breche, das erscheine heute im Zeichen einer ökologischen Krise, die bald ihren endzeit-

¹⁰³ Crutzen, Paul J.: „Geology of Mankind“, *Nature* 415/6867 (01.2002), S. 23.

¹⁰⁴ Wahlverwandt und doch unterschieden ist das sogenannte *Solar Geo-Engineering*, das sich mit der Frage beschäftigt, wie sich die Erdatmosphäre von der Sonneneinstrahlung abschirmen lässt, um eine weitere Erhitzung des Klimas zu vermeiden. Forscher:innen arbeiten derzeit an vulkanischen Harzpartikeln zum Zwecke der Stratospheric Aerosol Injections (SAI). Einmal in die Stratosphäre gebracht, sollen diese Partikel das Sonnenlicht ‚filtern‘. „Stratospheric aerosols are a key component of solar geo-engineering technology that some have proposed as a plan B for controlling the Earth’s temperature if the climate crisis makes conditions intolerable and governments do not take sufficient action.“ – *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/environment/2021/feb/08/solar-geoengineering-test-flight-plan-under-fire-over-environmental-concerns-aoe>, (zugegriffen am 03.03.2023).

¹⁰⁵ Zum gegenwärtigen (geisteswissenschaftlichen) Forschungsstand: Folkers, Andreas: „Was ist das Anthropozän und was wird es gewesen sein? Ein kritischer Überblick über neue Literatur zum kontemporären Erdzeitalter“, *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 28/4 (12.2020), S. 589–604. Sowie: Gál, Réka Patrícia und Petra Löffler (Hrsg.): *Earth and Beyond in Tumultuous Times. A Critical Atlas of The Anthropocene*, Lüneburg: Meson Press 2021.

¹⁰⁶ Zum Begriff des Anthropozäns, der in den folgenden fünf Absätzen dargelegt wird: Müller: „Nach dem metabolischen Bruch“, S. 154 f.

lichen Umschlagpunkt erreichen könne: „The Great Acceleration is reaching criticality. Whatever unfolds, the next few decades will surely be a tipping point in the evolution of the Anthropocene.“¹⁰⁷

Aus der historisierenden Warte der Kulturwissenschaft¹⁰⁸ lässt sich dazu Folgendes bemerken: Im Windschatten des Humangenomprojektes und dem zeitgleichen Aufstieg der synthetischen Biologie sollte ein weiterer naturwissenschaftlicher Diskurs im ersten Jahrzehnt nach dem Millennium Fahrt aufnehmen, der es ebenfalls mit dem Begriff des Lebens zu tun hat. Dies jedoch nicht (nur) im molekularen Maßstab in Konzentration auf die DNA und das Genom, sondern im holistischen Denkbild des terrestrischen Lebens, das zum Mittelpunkt einer großen Endzeiterzählung wird: Der geobiochemische ‚Haushalt‘ der Erde sei durchzogen von unzähligen, mitunter irreparablen, metabolischen Brüchen. Eine historische Schwellensituation also, in der immer mehr „life support systems“¹⁰⁹ des Planeten in eminenter Weise bedroht sind. In den Worten des Atmosphärenchemikers: „Human activities have become so pervasive and profound that they rival the great forces of Nature and are pushing the Earth into planetary *terra incognita*.“¹¹⁰

Am Ende des Holozäns droht nach Crutzen der Abschied von den vermeintlich stabilen Klimaverhältnissen der letzten 11 000 Jahre. Diese bedeuten nunmehr eine Umwertung aller (ökologischen) Werte, die ein neues Denken der Natur als das Gesamt der Biosphären des Planeten herausfordern, in dem die vormals so besänftigenden Ideen des Kreislaufs, der Harmonie, der stabilen Temperierung, des Equilibriums und der zyklischen Regeneration nunmehr als ideengeschichtliche Sedimente einer schon fast verschlissenen Welt erscheinen. Nach Crutzens Erdgeschichteerzählung gilt es, die Zukunft der menschlichen Gattung vom möglichen Ende – von der Ruine, von der Wüste – her zu denken.¹¹¹ Historisch formuliert: Es lichtet sich – bereits in der Gegenwart – die Möglichkeit einer menschenleeren Erdenzukunft jenseits der Krisenschwelle. In einer etwaigen planetarischen ‚Deep Future‘ finden sich lediglich die Spuren und Reste einer längst ausgestorbenen Menschheit samt ihrer Artefaktkulturen und Infrastrukturen in den geologischen Ablagerungen und Schichten einer untergegangenen Welt.¹¹² Dann wird das sechste Massensterben, das in den letzten Jahren begann, auch den *Anthropos* erfasst und begraben haben. In dieser Perspektive einer ‚Tiefengeschichte‘, die in

107 Steffen, Will, Paul J. Crutzen und John R. McNeill: „The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?“, *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36/8 (12.2007), S. 614–621, hier S. 614.

108 Vgl. Müller, Martin: „Nach dem metabolischen Bruch“, *Texte zur Kunst* 28/110 (2018), S. 154–159.

109 Steffen/Crutzen/McNeill: „The Anthropocene“, S. 614.

110 Ebd.

111 Vgl. Tsing, Anna Lowenhaupt (Hrsg.): *Arts of Living on a Damaged Planet*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2017.

112 Vgl. Horn, Eva: „Apokalypse: Bilderrausch und Leere der letzten Welt“, in: Ellers, Iris und Andrea Kambartel (Hrsg.): *Der Fall der Sterne*, Mettingen: Draiflessen Collection 2018, S. 15–28.

durchaus plausibler Weise mit der Anthropos-Extinktion rechnet, ist es nicht weiter verwunderlich, „dass kritische Theoretiker [...] den Apostel Paulus lesen“¹¹³.

Crutzens Theoreme klingen, als hätten der Nobelpreisträger in seinen Studien Heideggers Worte vom Fortlaufen in den Tod gattungspolitisch umgedeutet. Jenseits der vermeintlich stabilen Naturzustände des Holozäns, von denen die moderne(n) Kultur(en) einen exzessiven Verbrauch von Ressourcen machte(n),¹¹⁴ entsteht die Frage nach der Möglichkeit einer Umkehrung des beschleunigten *Modus Vivendi*. Hinfällig scheint plötzlich das Akzelerations-Paradigma. Dieses brannte bekanntermaßen für die (bio-)politische Frage, wie Staat und Markt die menschliche Vitalität entlang kapitalistischer Wachstumslogik und auf Basis einer vermeintlich unerschöpflichen Natur stetig zu steigern vermögen. – Meines Erachtens muss sich das zeitgenössische Denken hingegen mit einem materiellen und diskursiven Notstand beschäftigen: Wie lässt sich eine ‚Politik des (Über-)Lebens‘ begreifen und gestalten, in der die Aktionskurve nach unten zeigt, in der sich ein ‚Nullpunkt‘ der lebbarsten Planetarverhältnisse abzeichnet? Eine *Geobiopolitik des bedrohten Lebens* nimmt Gestalt an, in der die Parameter des planetarischen Lebens – schon in naher Zukunft – aus dem Spektrum des ‚Lebensmöglichen‘ driften könnten: zu heiß, zu kalt, zu stürmisch, zu trocken, zu toxisch.

Die These des Anthropozäns speist sich aus einer durchaus eschatologischen Geschichtsdimension, die nunmehr bedrohlich – am kohlenstoffgesättigten Horizont der planetarischen Zukunft – in die Gegenwart hineinleuchtet. Während sich heute fast unbemerkt das sechste Artensterben zu Erde, zu Luft und zu Wasser vollzieht, erlebt die Menschheit ihre wärmsten Jahre seit dem Beginn der Industrialisierung. Die anthropogene Erhitzung des Erdklimas unter jener kritischen Marke von zwei Grad Celsius zu halten, erscheint nunmehr unmöglich. Das etwaige Drama des Anthropozäns wäre keines, wenn sich nicht alles in der neu aufgeworfenen apokalyptischen Frage, frei nach Hölderlin, verdichtet: Was denn nun zu tun sei. Und ob das Welt-‚Rettende‘ der Technologie jener sich nunmehr drastisch zuspitzenden Lage gewachsen ist. Als Gretchenfrage und Paraphrase Crutzens gewendet: Wie hältst du es mit dem *Geo-Engineering*?

Die große Erzählung der Ingenieurbiologie im Anthropozän manifestiert sich in einer *Bricolage* von Mikrogeschichten. Diese möchte ich mit Rekurs auf Donna Haraway *Engineering Tales* nennen.¹¹⁵ Ich komme damit zurück auf zwei in der Einleitung präsentierten Erzählungen von Mammuts und Mücken, um daraus die zentralen Charakteristika des anthropozänen Mensch-Natur-Verhältnisses innerhalb des dritten Paradigmas der Zoëpolitik abzuleiten. – Seit ihrer Entstehung waren die ökologischen Applikationen der synthetischen Biologie vielfältig: Was mit Craig Venters reprogrammierten Algen, die synthetische Kraftstoffe metabolisieren sollen, begann, das proliferiert und wuchert nun in den kaum mehr überschaubaren Projekten im Bereich des

113 Wark, McKenzie: *Molekulares Rot. Theorie für das Anthropozän*, Berlin: Matthes & Seitz 2017, S. 18.

114 Eine kritische Genealogie des Anthropozänbegriffs: Yusoff, Kathryn: *A Billion Black Anthropocenes or None*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2018.

115 Vgl. Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 53.

Plant-Designs, die derzeit mittels CRISPR in den USA, aber noch intensiver in China¹¹⁶ vorangetrieben werden. Ganz im Gegensatz zur Europäischen Union: Dort hatte man im Jahr 2018 die Einführung einer Kennzeichnungspflicht genomeditierter Organismen respektive von Agrarprodukten veranlasst, wie sie bereits für klassische Gentechnik (GMOs) besteht. Die Befürworter:innen von CRISPR hatten ins Feld geführt, dass es sich bei der sogenannten Editierung lediglich um die ‚Inbetriebnahme‘ eines ‚natürlichen‘ Mechanismus innerhalb der Zelle handelt. Aus diesem Grund hinterließen etwaige Modifikationen am Genom mit CRISPR keine Spuren, da es sich im biologischen Sinne um Mutationen handle. Trotzdem votierte der Europäische Gerichtshof für eine Pflicht zur Kennzeichnung. Zwar seien die mit CRISPR bewirkten Mutationen in molekularer Hinsicht nicht von den Mutationen zu unterscheiden, die durch zufällige Mutagenese entstanden sind, trotzdem handle es sich um einen molekular-technischen Eingriff, der gezielte Mutationen bewirkt, die so in der ‚natürlichen‘ Evolution wahrscheinlich nicht vorgekommen wären. In den USA und in China kam das ‚Natürlichkeitsargument‘ von CRISPR hingegen nicht zur Anwendung. Eine Kennzeichnungspflicht für genomeditierte Organismen ist dort deshalb nicht vonnöten.

In China wird ein offensiver Gebrauch von CRISPR vorangetrieben, der sich aus den Motiven klassischer bevölkerungspolitischer ‚Notwendigkeit‘ und geopolitischer Marktmacht speist. Die Partei der Volksrepublik hat erkannt, dass ihre durch den Klimawandel immer stärker gezeichneten Agrikulturböden zukünftig nicht mehr genug Ertrag für die stetig steigende Bevölkerungszahl erbringen werden. Genomeditierung ist deshalb zum Mittel der Wahl respektive zur Staatsraison geworden, um dem ‚Malthusianischen Fluch‘ zu entgehen, nachdem die Nahrungsmittelproduktion nicht mit dem Bevölkerungswachstum standhalten kann: „To feed its 1.4 billion,“ so titelte eine Reportage des Fachjournals *Nature Biotechnology*, „China bets big on genome editing of crops“¹¹⁷.

Unterdessen wurde eine Vielzahl genomeditierter Pflanzensorten entwickelt, getestet und nun sukzessiv zum Anbau im Maßstab industrieller Agrarwirtschaft zugelassen. Von geostrategischer Bedeutung war dabei die vieldiskutierte Übernahme des europäischen agrarbiotechnologischen Konzerns Syngenta, als die *bis dato* kostspieligste Investition der Volksrepublik im Ausland: „[T]he state-owned company ChemChina bought Switzerland-based Syngenta – one of the world’s four largest agribusinesses, which has a large R&D team working with CRISPR – for \$43 billion. That was the most China has ever spent on acquiring a foreign company.“¹¹⁸

¹¹⁶ Vgl. Cohen, Jon: „With its CRISPR Revolution, China becomes a World Leader in Genome Editing“, *Science* (02.08.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/its-crispr-revolution-china-becomes-world-leader-genome-editing> (zugegriffen am 03.03.2023).

¹¹⁷ Ebd.: „To Feed its 1.4 billion, China Bets Big on Genome Editing of Crops“, *Science* (29.07.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/07/feed-its-14-billion-china-bets-big-genome-editing-crops> (zugegriffen am 03.03.2023).

¹¹⁸ Ebd.

Mit CRISPR lassen sich den Nutzpflanzen im Zuge der ‚Optimierung‘ zum einem gezielt dienbare Eigenschaften wie neue Resistenzen ‚einschreiben‘. Zum anderen steht CRISPR für eine beschleunigte Pflanzenzucht, die nicht mehr an die Abfolge der Generationen gebunden ist, da sich in einer Generation gleich eine Vielzahl von gezielten Mutationen bewirken lassen, die dann im Medium der Genomsequenzierung selektiert werden. Neben dem Motiv der strategischen Beschleunigung von Mutagenese, zielen immer mehr CRISPR-Projekte in die zeitlich entgegengesetzte Richtung, um die Domestikation von Nutzpflanzen zu ‚revidieren‘: Es geht darum, die neuen Pflanzen vermeintlich ursprünglichen Wildpflanzen anzugleichen.¹¹⁹ All diese Verfahren speisen sich meistens aus dem Versprechen eines *Technological Fix*. Sie firmieren in den Diskursen der Lebenswissenschaften unter der ikonischen Formel: *Hotter, Drier, CRISPR*.¹²⁰

Mit Eva Horn lässt sich diese Position als ein pragmatischer und gleichsam theorieabstinenter *Ökomodernismus* bezeichnen: „Angesichts der wachsenden Anzahl von Menschen und eines rasant steigenden Konsums [geht man] davon aus, dass die ‚Tragfähigkeit der Erde‘ (*Earth’s carrying capacity*) bei richtigem technischem Management fast endlos steigerbar ist.“¹²¹ Ein solcher Ökomodernismus im Anthropozän besteht zum einen in der strategischen Ignoranz gegenüber den seit Anfang der 1970er Jahre diskutierten ‚Limits to Growth‘ und beschwört – eben durch die spezifische Anwendung technowissenschaftlicher Mittel (siehe dazu das *Interludium: Kittlers Spekulationen und die Grenze des Wachstums*) – eine weitere Eskalation von ungehemmter Wachstumsideologie und Extraktivismus.¹²² Zum anderen widmet sich die Position einem Fortschreiben jener klassischen, bevölkerungspolitischen ‚Sorge‘ um das menschliche Leben und seines beständigen Wachstums auf der Basis eines ansteigenden Ressourcenverbrauchs. Kurzum: Es geht darum, in Zeiten ausgelaugter Böden und erratischer Klimaphänomene den Ertrag *dennoch* zu steigern. Entlang der Imperative der Optimierung, Resistenz und Resilienz will man das pflanzliche (und das tierische) Leben *qua* Genomeditierung buchstäblich über die tragfähigen Kapazitäten und Grenzen seiner Erschöpfung ‚hinauswachsen‘ lassen.

Die Natur erscheint dabei als Maschinenpark¹²³ innerhalb des „Spaceship Earth“¹²⁴. Dessen ‚Stewards‘ rekrutieren sich nicht mehr nur aus der Politik, sondern kommen

119 Vgl. Zhang, Yingxiao u. a.: „The Emerging and Uncultivated Potential of CRISPR Technology in Plant Science“, *Nature Plants* 5/8 (08.2019), S. 778–794.

120 Der Artikel gibt einen Überblick über die beschriebenen Forschungsansätze: Massel u. a.: „Hotter, Drier, CRISPR: The Latest Edit on Climate Change“.

121 Horn/Bergthaller: *Anthropozän zur Einführung*, S. 86.

122 Zum Begriff des Extraktivismus: Yusoff: *A Billion Black Anthropocenes or None*, 2018.

123 Dieser Stoßrichtung sind auch das *Metabolic Re-Engineering* oder Pathway Engineering zuzurechnen, die nun etwa verschmutztes Wasser filtern oder kostbare Materialien herstellen. Hier wird das Prinzip der Industrie in den Mikroorganismus hineinverlegt, der als Produktionsmedium menschlicher Wünsche fungiert.

124 Fuller, Richard Buckminster: *Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde und andere Schriften*, Hamburg: Philo Fine Arts 2010.

immer öfter aus den Technowissenschaften und dem besagten (Plant-)Design. Dabei ist es paradoxerweise die ökologische Krise selbst, die den Anlass zum Aufstieg einer ingenieurtechnischen Biologie gibt. „A growing chorus of self-styled ecomodernists insist that this is not such a bad place to find ourselves.“ – So schreibt der US-amerikanische Philosoph Christopher J. Preston in seiner Monografie mit dem Titel *Synthetic Age* – „There will be plenty of room for awe in a ‚new nature‘ that is crafted by human designers.“¹²⁵ Anhand einer solchen molekulartechnischen und genomeditierenden Argarindustrie lässt sich – ganz ohne Spekulation und Science-Fiction – bereits erahnen, welchen Umfang und welche Eingriffstiefe eine von Ginsberg in Aussicht gestellte ‚totale Industrialisierung‘ und die Evokation einer ‚Neuen Natur‘ durch die synthetische Biologie haben mag.

In den deutlichen Worten Crutzens, der sich seit Jahren zum technowissenschaftlichen Ökomodernismus bekennt und ein „Neues globales Ethos“¹²⁶ für das Anthropozän fordert; ein denkwürdiges Ethos, der sich bei genauem Hinsehen aus dem Versprechen des ‚Lebenmachens‘ speist: „Albeit clumsily, we are taking control of Nature’s realm, from climate to DNA. [...] The long-held barriers between nature and culture are breaking down. It’s no longer us against ‚Nature‘. Instead, it’s we who decide what nature is and what it will be.“¹²⁷ Zweierlei Charakteristika einer ins Ökologische ausgreifenden Zoëpolitik werden zunächst von dem Atmosphärenchemiker ins Sicht- und Sagbare gebracht: Das anthropozäne Spektrum eines solchen ingenieurtechnischen Macht-Produktions-Zusammenhangs ist in ganz dezidiert Weise auf die Natur und das in ihr vorfindliche Leben als Ganzes bezogen. Das von Crutzen beschworene ‚globale Ethos‘ korreliert mit einem ‚Willen zum Design‘, der das Kontroll- und Interventionsspektrum – vom weitesten Horizont des terrestrischen Klimas bis zur DNA – als einen integrativen Konstruktionszusammenhang begreift. In dieser anthropozentrischen ‚Politik des gemachten Lebens‘, kommt das zum Ausdruck, was der französische Philosoph Frédéric Neyrat als den ‚unlimitierten Willen‘ eines Formungsdenkens im planetarischen Maßstab nennt, der nun in den Diskursen und Projekten der synthetischen Biologie mittels CRISPR Gestalt annimmt.¹²⁸

Die Eschatologie des Anthropozäns wird vom technowissenschaftlichen Ökomodernismus gleichsam als eine Zäsur und Legitimation interpretiert. Hier wird ein zweites Moment des Machtwissens denkbar, das ich nun unter dem Begriff der *plastozänen Ökosouveränität* anhand der zwei folgenden *Engineering Tales* entwickeln möchte: Als eine souveräne (Entscheidungs-)Macht darüber, was zum Zwecke eines gänzlich

125 Preston, Christopher J.: *The Synthetic Age. Out-Designing Evolution, Resurrecting Species, and Reengineering Our World*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2018, S. 94.

126 Crutzen, Paul J. und Christian Schwägerl: „Living in the Anthropocene: Toward a New Global Ethos“, *Yale School of the Environment*, 24.01.2011, https://e360.yale.edu/features/living_in_the_anthropocene_toward_a_new_global_ethos (zugegriffen am 03.03.2023).

127 Ebd.

128 Vgl. Neyrat: *The Unconstructable Earth*, S. 52.

anthropomorphisierten Naturverhältnisses ‚*leben muss*‘ (als gemachtes nicht menschliches Leben, welches das menschliche Leben sichert und befördert), und dem, ‚*was sterben kann*‘ (weil es für das Überleben der menschlichen Gattung im Angesicht der ökologischen Krise nicht relevant zu sein scheint).

Dieses asymmetrische Mensch-Natur-Verhältnis des gestaltungsinvasiven Ökomodernismus zeigt sich in weiteren zeitgenössischen Projekten der Genomeditierung.¹²⁹ Dort offenbart sich ein hyle- und anthropomorphes ‚Weltmachen‘: Die synthetische Biologie hat ein durchaus mythopoetisches Genre auserkoren, in dem sich das fast uneingeschränkte Machbarkeits- und Allkonstruierbarkeitsdenken verkörpert: In Cambridge, Massachusetts – und auch in anderen Laboren – arbeitet man an der ‚Auferstehung‘ des Wollhaarmammuts. „George Church’s lab at Harvard University’s Wyss Institute reported their first successes in editing living elephant cells so that they contain gene sequences from the elephant’s recently extinct relative, the woolly mammoth“, so schreibt die Evolutionsbiologin Beth Shapiro in der Dezemberausgabe der renommierten Fachzeitschrift *Genome Biology*: „Using CRISPR [...], Church’s team replaced 14 loci in the elephant genome with the mammoth version of those sequences“¹³⁰. Zuvor hatte man die größtenteils intakte DNA des eiszeitlichen Tieres in der Arktis – im nicht mehr so ewigen Eis – gefunden. Im Abgleich mit dessen Genomdaten soll das Erbgut eines Elefanten so bearbeitet werden, dass ein daraus erzeugter Embryo nach einer künstlichen Befruchtung von einer Elefantenkuh ausgetragen werden kann – ihres Zeichens eine entfernte Verwandte des seit Jahrtausenden ausgestorbenen *Mammuthus primigenius*. Das durch die Methoden der synthetischen Biologie ermöglichte Projekt zielt auf einen ganz und gar klimaeschatologischen Gegenstand: Man plant, die majestätischen Wollhaarmammuts, sollte das Experiment gelingen, aus den Harvard-Laboren zum Nordpol zu bringen, wo sie dann zum Schutz des gefährdeten arktischen Ökosystems zu Hunderten ihre Kreise ziehen sollen. Ein Programm, dessen Motivation folgendermaßen beschrieben wird:

[C]limate change, much of it driven by anthropogenic factors, is reshaping the distribution of habitats too quickly to allow species to adapt to the changes. As populations decline, species are increasingly threatened by secondary drivers of extinction, including disease and inbreeding. Genome engineering enables the reintroduction of lost genetic diversity, or the introduction of traits that evolved in related species, into species that are struggling to survive.¹³¹

Trotz oder gerade wegen ihres durchaus vagen Programms hat die ‚*Resurrection Biology*‘ und ihre Ordnungsfigur der *Nekrofauna*¹³² ein beachtliches Interesse nicht nur seitens

¹²⁹ Über CRISPR-Projekte zu Mammuts und Moskitos: Müller: „Nach CRISPR“, S. 330 f. sowie S. 339.

¹³⁰ Shapiro, Beth: „Mammoth 2.0. Will Genome Engineering Resurrect Extinct Species?“, *Genome Biology* 16/1 (12.2015), S. 1–3, hier S. 1.

¹³¹ Ebd., S. 2.

¹³² Vgl. Wray, Britt: *Rise of the Necrofauna. The Science, Ethics, and Risks of De-Extinction*, Vancouver: Greystone Books 2017. Mit einem Vorwort von George Church.

der populären Berichterstattung, sondern auch im Bereich der *Environmental Ethics* auf sich gezogen.¹³³ Das Wollhaarmammut ist nicht das einzige Tier im Programm der *De-Extinction*. Des Weiteren wären zu nennen: die Wandertaube (*Ectopistes migratorius*), der australische Dodo (*Raphus cucullatus*), der Pyrenäensteinbock (*Capra pyrenaica pyrenaica*) und der Südliche Magenbrüterfrosch (*Rheobatrachus silus Liem*). Im Jahr 2013 wurde das sogenannte *Lazarus Project* an der University of New South Wales in Australien begründet, wo die De-Extinktion am Weitesten gediehen ist. Dort hatte man das bewerkstelligt, was für das Mammut als nächster Schritt aussteht. Das Forschungsteam hatte die Eizellen einer verwandten Froschart entkernt und die Zellkerne aus den tiefgefrorenen Gewebezellen der Magenbrüterfrosche in die ‚leeren‘ Eizellen eingefloßt. Embryonen der ausgestorbenen Gattung wuchsen zwar heran, doch überlebten nur wenige Tage. Trotzdem wertete man diesen Umstand als einen ingenieurwissenschaftlichen *Proof of Principle*, nach dem der Ansatz der ‚*Resurrection Biology*‘ technisch möglich und durchaus Erfolg versprechend sei.¹³⁴

In einer historisch-kritischen Analyse hat die Wissenschaftshistorikerin Sophia Roosth zu Recht argumentiert, dass es sich besonders im Hinblick auf das Wollhaarmammut-Projekt um mythopoetische Fantasien handelt, die auf einer Aporie gebaut sind: einer etwaigen Herstellung von „wholly synthetic creatures that will stand-in counterintuitively as resemblances of untouched nature, a latter day garden of Eden seemingly unsullied by human hands, albeit generated by most recent bioengineering technologies“¹³⁵. Kurzum: Ich teile diese Einschätzung und Kritik, denn Church und sein Forschungsteam wollen die ‚Natur‘ in einen Zustand einer urzeitlichen und vormenschlichen ‚Unberührtheit‘ zurückführen, den es *de facto* nie gegeben hat. Die Mittel dazu sollen ausgerechnet jene am Computer entworfenen, den Urtieren möglichst ähnliche Wesen sein, die zuvor nie existierten. Diese Wesen sollen dann eine ‚Umwelt‘ schützen, die ihnen gänzlich unbekannt ist. Gerade deshalb oder dessen zum Trotz: Die Projekte der ‚Auferstehung untergegangener Arten‘ sind als „fantasies of ultimate biological control“¹³⁶ anzusehen, die im Herzen einer ‚Politik der Zoë‘ auftauchen und darüber entscheiden, was im Anthropozän leben muss, und was sterben kann.

Ferner soll CRISPR nun für ein Populationsmanagement von Moskitos benutzt werden, die für die Übertragung von Malaria verantwortlich sind. Projekte unter dem Schlagwort *Gene Drive* zielen auf eine strategische Ausrottung ganzer Gattungen. So plant man dem Genom einiger Stechmücken der *Anopheles*-Gattung im Labor eine Resistenz gegen den einzelligen Malariaparasiten namens *Plasmodium* ‚einzuschreiben‘, um diese anschließend in die ‚Natur‘ zu entlassen. Einmal in die Population

¹³³ Vgl. Browning, Heather: „Won’t Somebody Please Think of the Mammoths? De-Extinction and Animal Welfare“, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 31/6 (12.2018), S. 785–803.

¹³⁴ Vgl. Preston: *The Synthetic Age*, S. 81–104; ebd.: „De-Extinction and Taking Control of Earth’s ‚Metabolism‘“, *Hastings Center Report* 47 (07.2017), S. 37–42.

¹³⁵ Roosth: *Synthetic. How Life Got Made*, S. 170.

¹³⁶ Ebd.

eingeschleust, wird die Genveränderung fortlaufend vererbt. In den nachfolgenden Generationen könnten sich dann nur noch die Mücken ohne die Krankheitsparasiten fortpflanzen: „A CRISPR-Cas9 gene drive construct targeting this same sequence spread rapidly in caged mosquitoes“, so heißt es in einer Studie des Department of Life Sciences des Imperial College London, „reaching 100 % prevalence within 7–11 generations while progressively reducing egg production to the point of total population collapse“¹³⁷.

Im Zuge dieser zoëtechnischen Eskalation bringt sich die synthetische Biologie in Stellung, als eine molekulare Ingenieurwissenschaft, die nun auf das gesamte planetarische Leben zugreifen will. Ob diese Kopplung aus Zoëpolitik und Geo-Engineering im Zeichen eines invasiven *Engineerings* auch in *Real-Life Conditions* halten kann, was sie ‚verspricht‘ oder als irrlichternde Fußnote in die Geschichte der Technik und der Biologie eingehen wird, könnten die kommenden Jahre zeigen. Etwa am Beispiel der im Labor modifizierten Moskitos: „On 1 July [2019], the group released a test batch of mosquitoes – genetically engineered but not yet equipped with gene drives – in a village in Burkina Faso.“¹³⁸

Die planetarische Natur – im Spektrum einzelner Genome, einer kompletten Spezies oder eines umfassenden environmentalen Zusammenhangs – ist durch die synthetische Biologie zum technowissenschaftlichen Projekt geworden: Das Regieren lebendiger Körper wird immer mehr ergänzt durch das, was sich mit George Church ein *radikales Redesign* zoëtischer Entitäten und Systeme nennen lässt. Gemäß dem Versprechen der Genomeditierung ist die Strategie dieses transhumanistischen *World-Making*, den Diskurs des Anthropozän zu ‚überschreiben‘ – diese Denkbewegung korrespondiert mit dem Begriff des Plastozäns, der das Phantasma der biotechnischen Kontrolle der Natur ins Bild setzt. Christopher J. Preston hat den besagten Terminus vorgeschlagen, als ein Begriff, der *nolens volens* das spezifische Begehren eines pragmatischen Ökomodernismus im Zeichen einer vermeintlichen Hyper-Plastizierbarkeit indiziert: „The replacement of natural processes with synthetic ones is the hallmark of what might be called a Plastocene epoch. This term is not chosen to suggest a world full of plastic.“¹³⁹

Auch die marxistische Medientheoretikerin McKenzie Wark gibt sich als Befürworterin der Ingenieurbiologie zu erkennen. Von ihr stammt der Versuch, das denkwürdige Selbstverständnis eines *Anthropos* plastozäner Prägung im Bereich der Kritischen Theorie ‚salonfähig‘ zu machen. In ihrer Monografie *Molekulares Rot. Theorie für das Anthropozän* beschwört sie dafür den technowissenschaftlichen Geist jener ‚totalen Industrialisierung der Natur‘, der sich an der Krisis des ‚beschädigten Planeten‘ entzündet. Ihr *alternativer Realismus* im Zeichen von Technowissenschaft, synthetischer

137 Kyrou, Kyros u. a.: „A CRISPR–Cas9 Gene Drive Targeting Doublesex causes Complete Population Suppression in Caged Anopheles Gambiae Mosquitoes“, *Nature Biotechnology* 36/11 (11.2018), S. 1062–1066, hier S. 1062.

138 Megan Scudellari: „Self-Destructing Mosquitoes and Sterilized Rodents. The Promise of Gene Drives“, in: *Nature*, 571/7764 (2019), S. 160–162, hier S. 160.

139 Preston: *The Synthetic Age*, S. xviii.

Biologie und *Terraforming* soll es ermöglichen, eine postanthropozäne Welt zu imaginieren, in der die Menschen die planetarische Ökologie als ein vollends technisches Projekt begreifen, um „eine neue Lebenswelt in den Ruinen der alten zu bauen. Wir alle wissen, dass diese Zivilisation so nicht mehr bestehen bleiben kann. Machen wir eine andere!“¹⁴⁰ Denn: „Unserem Gattungswesen nach sind wir Weltenbauer.“¹⁴¹ – Ohne den Nachvollzug dieser hyperbolischen Geste lässt sich die nun brechende dritte Welle der synthetischen Biologie, die gerade in die kollabierenden *Life-Support Systems* einzufließen beginnt, nicht erfassen.

Mit Blick auf Preston und Wark lässt sich zudem erkennen: Das ‚Ingenieurssubjekt‘ ist und bleibt eine Sehnsuchtsfigur, die sich nicht auf die Natur- und Lebenswissenschaften begrenzen lässt. Sie bewegt sich gegenwärtig quer durch diverse wissenschaftliche Disziplinen und alle politischen Lager. Vielleicht, weil sie der unreflektierten Sehnsucht nach einer gänzlich bewältigten Zukunft und artifiziellen Natur ein anthropomorphes Antlitz verleiht. Ob und wie bald dieses Gesicht ‚im Sand am Meer‘ der Geschichte verschwunden sein wird, ist eine durchaus offene Frage an die *volonté générale terrestre* zukünftiger menschlicher Gesellschaften – so diese nicht auch dem anthropogenen, sechsten Massensterben anheimgefallen sein werden.

Was ich in diesem Kapitel zeigen wollte: Zoöpolitik findet heute auch jenseits der menschlichen Körperlichkeit statt, nämlich in den kleinsten Ebenen lebendiger Materie und im weiten Horizont planetarischen Lebens, der Geobiosphäre des *Systems Erde* als Gesamtheit aller *Life-Support Systems*. Die Emphase der transversalen und multiskalaren Konstruierbarkeit lässt sich darüber hinaus als eine allzu menschliche Antwort auf einen diskursiven Notstand erkennen, der in der Formel von der Eschatologie des Anthropozäns in seiner planetarischen *Urgency* aufscheint. Der (zoö-)politische *Trouble*, den es heute mit Donna Haraway zu bedenken gilt, liegt in einem Antagonismus der Mächte. Erkennbar wird ein unheilvoller Widerstreit zweier großer Erzählungen: der radikalen Konstruierbarkeit des biologischen Lebens in Zeiten seiner durchaus eminenten Bedrohung.

Aus machthistorischer Perspektive lässt sich zudem erkennen: Die Geschichte der *Verlebendigung der Macht* wurde mit dem modernen Paradigma der Zoöpolitik – als die Disziplinierung der Einzelkörper und als die Kontrolle der menschlichen Bevölkerung – um 1800 ins Werk gesetzt. In den 1940er Jahren eskalierte die Macht über das Leben und greift im Molekularen nach den fundamentalen, autogenerativen Prozessen des ‚Lebens selbst‘. Der genetische Code erscheint zugleich als „Ursprung“ und „universeller Agent allen Lebens“¹⁴². Am ‚Grund der Dinge‘ etabliert sich das Leben als neue Macht – und die Macht als eine souveräne Ordnung, die alle Prozesse der *Zoë* hervorbringt und bestimmt. Mit dieser *molekularepistemischen* Eskalation der Zoöpolitik im Medium des

140 Wark: *Molekulares Rot*, S. 332.

141 Ebd., S. 28.

142 Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 54.

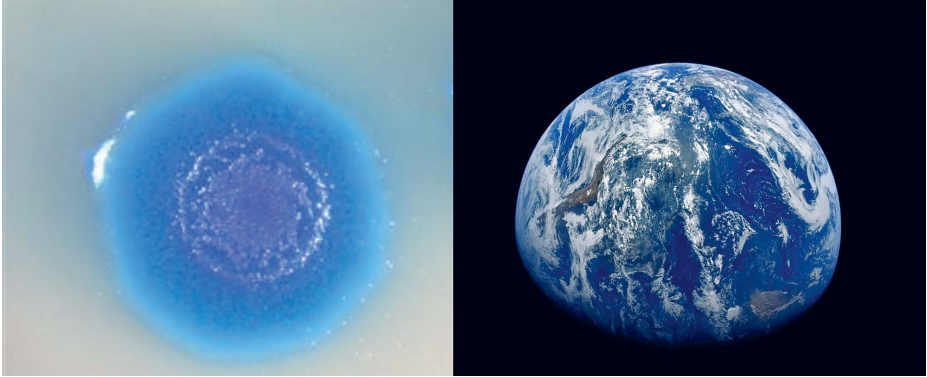


Abb. 20: ‚Blaue Kolonie‘ und blauer Planet. Ansichten einer transversalen und multiskalaren *Zoöpolitik*, die im Spektrum zwischen molekularem Leben und planetarischem Leben operiert. Linke Seite: Die Aufnahme stammt aus dem Labor von Craig Venter. Sie zeigt eine künstliche Zelle als *Proof of Concept* der Lebensherstellung. Rechte Seite: Aufnahme von der NASA aus dem Jahr 1971. Abgedruckt im *Whole Earth Cataloge*, verlegt von Stuart Brand.

genetischen Codes überschreitet die Macht ihre moderne Zentrierung und Limitierung auf das lediglich menschliche Leben. Im universellen informationstheoretischen-bio-kybernetischen Lebensbegriff bricht sich eine Macht Bahn, die das gesamte planetarische Leben adressiert. In dieser gilt, was sich für „E. coli als wahr erweist, auch von Elefanten als wahr gelten muß“¹⁴³. – Mit der Entstehung der synthetischen Biologie im Anthropozän ereignet sich ein weiteres Eskalationsmoment in der Geschichte der Zoöpolitik, die nunmehr in planetarischer Dimension auftaucht. Zoöpolitik erscheint als *Terraforming*. Das invasive *Engineering* des Lebenden schöpft buchstäblich aus den Tiefendimensionen der *Zoë*. Aus dieser Bewegung speist sich ein souveräner ‚Wille zum Machen‘, der das molekulare Leben, das Leben diverser Spezies, das Leben der Bevölkerung und nunmehr das planetarische Leben als einen komplexen, transversalen Regierungs- und Konstruktionszusammenhang zu ergreifen beginnt. Diese drei Ebenen, also das Molekulare, das ‚Populare‘ und das Planetare werden mit derselben zoöpolitischen Logik bearbeitet, um sie miteinander zu potenzieren. Ohne die Berücksichtigung dieser neuen Transskalarität der zeitgenössischen Zoöpolitik lässt sich die granulare Gewalt, die filigrane Intraeffektivität und die machttechnologische Eskalation nicht nachvollziehen. Wer wollte nicht wenige Moleküle verschieben, um eine ganze Gattung auszurotten?

143 Monod, Jacques, zitiert nach: Kay: *Das Buch des Lebens*, S. 309.

CRISPR, Keimbahn, Menschenpark – Die Gattung des Menschen als Projekt prometheischer *Téchné*

The CRISPR technology is so simple and efficient that scientists could exploit it to modify the human germline – the stream of genetic information connecting one generation to the next. And, have no doubt, this technology will – someday, somewhere – be used to change the genome of our own species in ways that are heritable, forever altering the genetic composition of humankind.¹⁴⁴

Jennifer Doudna, 2017

Doudna had predicted that CRISPR would be used to direct the evolution of our species, writing, „We possess the ability to edit not only the DNA of every living human but also the DNA of future generations.“ As He [Jiankui] went through his laboratory protocol, describing how he had manipulated the genes of freshly fertilized human eggs with CRISPR, Doudna shook her head. She knew that this moment might be coming someday, but she imagined that it would be in the far future.¹⁴⁵

Eben Kirksey, 2020

Im November des Jahres 2018 wurden Nana und Lulu geboren. Es war eine Geburt ohne Komplikationen, trotzdem könnte sich hier eine tiefe Zäsur, ein Einschnitt in die Geschichte der menschlichen Gattung ereignet haben.¹⁴⁶ Die Keimbahn der Babys wurde von dem chinesischen Biophysiker He Jiankui mithilfe von CRISPR editiert. He hatte noch vor der Fertilisation den Rezeptor CCR5 im Genom ‚ausgeschaltet‘ und die Zwillinge so immun gegen HIV gemacht. Der Privatdozent der *Southern University of Science and Technology* in Shenzhen will mit den Zwillingen den ersten gezielt genetisch veränderten Menschenkindern zum Leben verholfen haben. Die Entrüstung war denkbar groß, als publik wurde, dass He die Eingriffe in die Keimbahn und die Fertilisation ohne Genehmigung der zuständigen Behörden und entgegen geltendem chinesischem Recht vorgenommen hatte. Er hatte die *inkognito* durchgeführten Experimente auf seinem YouTube-Kanal bekannt gemacht, bevor er sie bei dem *Second International Summit on Human Genome Editing* in Hongkong vorstellte.¹⁴⁷ Der Fall des He Jiankui ging um die Welt und bildete eines der zentralen Diskussionsthemen in den sozialen Netzwerken der digitalen Plattformen. Das Hashtag #首例免疫艾滋病基因 编辑婴儿# (#First-GeneEditedHIVImmuneBabies) wurde auf 微博 (Weibo), dem chinesischen Pendant

¹⁴⁴ Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. xvi.

¹⁴⁵ Die zitierte Szene wurde von dem US-amerikanischen Anthropologen Eben Kirksey in der Lobby des Tagungshotels des *Second International Summit on Human Genome Editing* in Hongkong beobachtet. Er beschreibt die Reaktion der CRISPR-Co-Erfinderin Jennifer Doudna auf die Erklärungen ihres Fachkollegen He Jiankui zu seinen Eingriffen in die menschliche Keimbahn. Kirksey: *The Mutant Project*, S. 1 f.

¹⁴⁶ Zum Schnitt in die menschliche Keimbahn: Müller: „Universale Konstrukteure?“, S. 235.

¹⁴⁷ Vgl. Policy and Global Affairs und National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: *Second International Summit on Human Genome Editing. Continuing the Global Discussion*, hrsg. von Steve Olson, Washington, D. C.: National Academies Press 10.01.2019.

zu Twitter, über 1,9 Milliarden Mal aufgerufen.¹⁴⁸ – Die Manipulation der Keimbahn von menschlichen Embryonen markierte bis dahin eigentlich die „big red line“¹⁴⁹, das letzte *Sanctum* biotechnologischer Scheu. Mit der Geburt der ersten genomeditierten Kinder wurde diese historische und ethische Grenze überschritten. Obwohl die spekulative Diskussion bereits seit Mitte des Jahrzehnts offensiv vorangetrieben wurde, wie das ikonische Coverbild des *MIT Technology Review* aus dem Jahr 2015 zeigt, hatte der Zeitpunkt von He Jiankuis Eingriffen nicht nur die Co-Erfinderin von CRISPR Jennifer Doudna, sondern auch die *Scientific Community* überrascht.

Die andere Erfinderin der Genomeditierung Emmanuelle Charpentier und weitere Fachvertreter:innen hatten anschließend zu einem Moratorium für die Anwendung auf das menschliche Genom aufgerufen: Man brauche mindestens ein halbes Jahrzehnt, um die globale Strategie für die biotechnische Zukunft der Keimbahn auszuarbeiten. Doch der Aufruf *Don't Edit the Germline* verhallte folgenlos. Und ein Großteil der Forscher:innen wollten schnell wieder zum Tagesgeschäft übergehen und lancierten eine Geschichte der Anomalie: die eines erfolgshungrigen Sonderlings, den die chinesischen Behörden mit lebenslangem Berufsverbot und mit einer dreijährigen Haftstrafe belegte. Doch jene Erzählung, in der Doktor He als der technowissenschaftliche Wiedergänger des Doktor Frankenstein (oder auch als Dr. Fu Manchu, als ein Stereotyp der kolonialen Literatur) auftritt, scheint nach heutiger Kenntnislage der Ereignisse aus dem Jahr 2018 durchaus zweifelhaft.¹⁵⁰ Die Eingriffe in die Keimbahn sind vielmehr anzusehen als Momente einer ersten kulturgeschichtlichen *Disruption* in einem geopolitischen Wettrennen – zwischen *Kalifornischer Ideologie* des Silicon Valley und dem *Chinese Dream* aus Shenzhen – um Patente, Arzneien und Risikokapitale. Das menschliche Genom und die Keimbahn erscheinen darin als neuestes Fetischobjekt des globalen, investitionsgetriebenen (Bio-)Kapitalismus, und ebenso als neuer, verheißungsvoller Gegenstand der Kontrollfantasien staatlicher Macht.

Am Anfang wie am Ende meiner Untersuchung stehen also die CRISPR-Ereignisse jüngeren und jüngsten Datums, die ich die *anthropotechnische Wende* in der Ingenieurbiologie nennen möchte. Es ist der Auftakt einer konkreten Wissens- und Kulturgeschichte, die an dem rührt, was die genomische Zukunft der menschlichen Gattung sein könnte. Denn die synthetische Biologie, das soll im Folgenden deutlich werden, begnügt sich nicht mehr mit der Reg(ul)ierung der menschlichen *Zoë*, sondern begreift diese immer mehr als ein Feld labortechnischer Kalküle. Spätestens an diesem Punkt stellt sich die Frage nach dem Zusammenhang von *Genomeditierung* und der *Machbarkeit des Menschen*: Was wäre der Mensch im Lichte der synthetischen Biologie? Welche

148 Vgl. Kirksey: *The Mutant Project*, S. 2.

149 Ledford, Heidi: „CRISPR Babies: When Will The World Be Ready?“, *Nature* 570/7761 (06.2019), S. 293–296, hier S. 294.

150 Vgl. Cohen, Jon: „The Untold Story of the ‚Circle of Trust‘ Behind the World’s First Gene-Edited Babies“, *Science* (01.08.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/untold-story-circle-trust-behind-world-s-first-gene-edited-babies> (zugegriffen am 03.03.2023).



Abb. 21: Die Causa CRISPR: Coverbild des *MIT Technology Review* aus dem Jahr 2015.

zoöpolitischen Implikation werden denkbar, wenn die ‚Macht über das Leben‘ ihren Willen direkt in die menschliche Keimbahn ‚einschreibt‘?

Diese Wende in der Ingenieurbiologie bedeutet zunächst eine weitere Konkretisierung des technowissenschaftlichen Transhumanismus, die den *Anthropos* und seine Gattung als Projekt biowissenschaftlichen Designs begreifen mag. Auf diesen Problemhorizont hatte Georges Canguilhem bereits Anfang der 1950er Jahre hingewiesen.¹⁵¹ In *La connaissance de la vie* schreibt der französische Epistemologe:

Seit die Biologie den Menschen nicht mehr einfach als Problem betrifft, sondern als Instrument zur Suche von Lösungen, die ihn betreffen, stellt sich von selbst die Frage, ob der Preis des Wissens derart ist, daß das Subjekt des Wissens einwilligen soll, zum Objekt seines eigenen Wissens zu werden.¹⁵²

¹⁵¹ Eine gegenwartsdiagnostische Perspektivierung von Canguilhems These: Müller: „Zoë als Téchne“, S. 250.

¹⁵² Canguilhem, Georges: *La connaissance de la vie*, Paris: Librairie Hachette, 1952, S. 44. Übersetzung aus der Einleitung zu: Borck, Cornelius, Volker Hess und Henning Schmidgen (Hrsg.): *Maß und Eigensinn: Studien im Anschluß an Georges Canguilhem*, München: Wilhelm Fink 2005, S. 7.

Für eine Gegenwartsdiagnostik *muss* man Canguilhems Frage um eine Denkbewegung erweitern. In den beschriebenen technowissenschaftlichen Konstellationen des Genomeditierens ist ‚der Mensch‘ nicht mehr nur forschendes Subjekt und zu erforschendes Objekt seiner Wissensproduktion, sondern auch Gegenstand der von ihm ersonnenen *zoötechnischen* Verfahren zum Zugriff auf das Humangenom.

Die Causa CRISPR und die Keimbahnmodifikation mögen durchaus ein *Déjà-vu* bewirken. Noch vor zwanzig Jahren hatten philosophische Spekulationen zur Anwendung von Biotechnologie auf die menschliche Gattung Stürme von Entrüstung heraufbeschworen. Im Sommer 1999 wurde die deutschsprachige Öffentlichkeit von einem Theiestreit heimgesucht. Ganze drei Jahre hielt der sogenannte Menschenpark-Streit¹⁵³ – zwischen Peter Sloterdijk und Jürgen Habermas, zwischen Antihumanismus und Frankfurter Schule – die philosophischen Fakultäten und ganz besonders das Feuilleton in Atem. Was war geschehen?

Im Juli desselben Jahres hatte Sloterdijk vor beschaulicher Alpenkulisse auf Schloss Elmau über die biotechnische Zukunft der Menschheit spekuliert. In einer Collage aus Platons Staat, Nietzsches Zarathustra und Heideggers ontologischen Hirtenspielen versuchte der Karlsruher Philosoph die dunkle Rückseite der okzidentalen Tradition von Erziehung und Bildung zu beleuchten, als „das große Ungedachte [...], vor dem der Humanismus von der Antike bis in die Gegenwart die Augen abwandte“¹⁵⁴. Dafür konstruierte er eine *longue durée* der Domestikation des Menschen seit der Antike, „die zugleich auch schon vorausschaut ins biotechnologische Zeitalter“¹⁵⁵. Sloterdijk plädierte in seiner Rede für die Ausarbeitung eines ethischen Regelwerkes. Seine ideengeschichtliche Rhetorik vom „Menschen als Züchter des Menschen“¹⁵⁶, in der er mitunter Erziehung und Eugenik gleichsetzte, stand im Zeichen einer mahnenden Prophetie: Was, wenn eine Generation ihre Kinder nicht nur erzieht, sondern ‚wünschenswerte‘ Charakteristika qua Biotechnologie direkt in das Erbgut der Nachkommen einzuschreiben vermag? Die Philosophie werde – auf lange Sicht – in ein solch „tiefes Wasser“¹⁵⁷ geraten, und sie müsse sich bereits heute einen festen Standpunkt für diese noch so ferne Zukunftsproblematik einrichten.

Nördlich der Alpen sollte man Sloterdijks Rede jedoch nicht als ethischen Aufruf, sondern vielmehr als unverfrorenen Angriff auf die ‚Natur des Menschen‘ interpretieren. Bereits im August holten Habermas und weitere Vertreter:innen der Frankfurter Schule zu einer wohl orchestrierten Attacke aus, die den sonst so tele-souveränen Sloterdijk bis ins Mark traf. Allein in den Herbstmonaten des Jahres 1999 erschienen über dreißig Kritiken. Glückliche Tage für das Feuilleton. Habermas selbst hielt sich bedeckt

153 Zur Aktualität des Menschenpark-Streits hinsichtlich CRISPR, wie sie in den folgenden fünf Absätzen ausformuliert wird: Müller: „Neues aus dem Menschenpark“, S. N4.

154 Sloterdijk: *Nicht gerettet*, S. 327.

155 Ebd., S. 335.

156 Ebd., S. 324.

157 Ebd., S. 327.

und verschanzte sich hinter seinem Schreibtisch. Im Jahr 2001 erschien seine Monografie, als ein Plädoyer für die humanistische Philosophie, in der er die Unantastbarkeit der menschlichen „Gattungsidentität“¹⁵⁸ gegen ihre „Selbstinstrumentalisierung“¹⁵⁹ durch eine liberale Eugenik im Zeichen der Gentechnologie in Stellung brachte.

Sloterdijk erkannte in der massiven Kritik ein Komplott gegen seine Person und trat die Flucht nach vorne an. Nach seiner Rede folgten drei rasante Jahre mit unzähligen Interviews und TV-Auftritten. Nachdem seine Essaysammlung zu den neuen *Regeln für den Menschenpark* als eine deutliche Abrechnung mit Habermas und dem Humanismus erschien, kam es zu einer denkwürdigen Begegnung. Im Februar des Jahres 2001 traf Sloterdijk den Protagonisten des Humangenomprojektes Craig Venter zum Abendessen im französischen Lyon. Beim gemeinsamen Interviewtermin auf Einladung der Frankfurter Allgemeinen Zeitung verwickelte der deutsche Philosoph den US-amerikanischen Projektemacher in eine Art sokratisches Kreuzverhör. Das Treffen fiel auf den „Vorabend der Veröffentlichung des menschlichen Erbguts“¹⁶⁰ – deshalb fragte Sloterdijk den streitbaren Biotechnologen nach dessen tieferliegenden Motiven für die Entschlüsselungsarbeit am menschlichen Genom. Noch vor dem ersten Gang resignierte Venter und gab seine eigentliche Motivation zu Protokoll: Der Wunsch nach einem größeren Segelboot treibe ihn an.

Wie sehr der polarisierende Menschenpark-Streit damals die Gemüter erregte, das zeigt eine Szene aus der Frankfurter Redaktion. Denn nach dem Interview wurde zunächst gefragt, warum die Zeitung anstatt des eigentlichen Wortlautes des Gesprächs zwischen Sloterdijk und Venter lediglich die partiellen Schilderungen des Abends von Frank Schirrmacher abgedruckt hatte. Anschließend sollte bekannt werden: Der Übersetzer, zuständig für die Transkription, sei beim Abspielen der Bänder durch „eine Welle der Abscheu überflutet“ worden: Denn „Venter denkt nicht an Ethik, nur ans Geld“. Deshalb habe er die Bänder kurzerhand „in den Main geworfen“¹⁶¹.

Leider kam es nie zum unmittelbaren Aufeinandertreffen der eigentlichen Kontrahenten in der Philosophie. Der Streit blieb unentschieden und Sloterdijks Prophetie hatte sich schlussendlich in nüchterne Technikfolgenabschätzung gewandelt: „Gezielte biotechnische Menschenformung“, so erklärte er in einem Interview, „ist nach allem, was wir wissen, auf sehr lange Sicht keine realistische Perspektive“. Weil die Technologie dazu fehle, sei jede weitere Diskussion zum Thema „sehr, sehr spekulativ“¹⁶². Nach dieser vermeintlichen Entwarnung sollte sich die (deutsche) Philosophie von dem

¹⁵⁸ Habermas, Jürgen: *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2005, S. 125.

¹⁵⁹ Ebd., S. 114.

¹⁶⁰ Schirrmacher, Frank: „J. C. Venter et al.“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 13.02.2001, S. 49.

¹⁶¹ Weidemann, Volker: „Betr.: Neues aus dem Kurzweil-Feuilleton“, *taz*, 21.02.2001, S. 12.

¹⁶² Der Tagesspiegel: „Peter Sloterdijk im Interview: ‚Ich glaube nicht an den Gott, der Hasenscharten schuf‘“, 07.03.2001, <https://www.tagesspiegel.de/politik/peter-sloterdijk-im-interview-ich-glaube-nicht-an-den-gott-der-hasenscharten-schuf/209014.html> (zugegriffen am 03.03.2023).



Abb. 22: Ein Bild der beiden Diskutanten. Die originale und durchaus originelle Bildunterschrift lautete: „Gleich kommt die geklonte Peking-Ente: Craig Venter und Peter Sloterdijk besprechen beim Chinesen in Lyon, was die Welt im Innersten zusammenhält.“

Thema abwenden und die Deutungshoheit über biotechnische Fragstellungen im „post-metaphysischen“¹⁶³ Zeitalter an den 2001 eingerichteten Nationalen, heute *Deutschen Ethikrat* delegieren. Nach der überhitzten Debatte hatte sich eine merkwürdige Theoriemüdigkeit in den Geisteswissenschaften eingestellt, die bis heute andauert. – Doch wie könnten die jüngsten Ereignisse um das Editieren der Keimbahn anders verstanden werden als eine Aufforderung zu Theorie und Kritik? Mit der anthropotechnischen Wende der CRISPR-Technologie ist Peter Sloterdijks ferner, zoöpolitischer Horizont unmittelbar in die Gegenwart eingebrochen.

Das aufklärerische Ideal einer ‚Verbesserung‘ des Menschen durch Bildung ist einer Kultur von Körperoptimierung und Machbarkeitsdenken (S. 174 f.) gewichen, die durch die synthetische Biologie nun – nolens volens – auf die menschliche Biologie und Keimbahn auszugreifen beginnt. Auf die Frage nach einer Historie ‚möglicher Menschen‘ im Horizont einer gegenwärtigen Geschichte der Zoöpolitik lässt sich nur mit einem Paradox antworten: Die molekulare Revolution bewirkt(e) das von Michel Foucault diagnostizierte Verschwinden des modernen Menschen als Subjekt der Geschichte (S. 150). Synthetische Biologie und Genomeditierung, deren Herstellungsverfahren größtenteils auf die Epistemologie und Praktiken der Molekularbiologie aufbauen, reinthronisie-

163 Habermas: *Die Zukunft der menschlichen Natur*, S. 11.

ren jedoch das menschliche Subjekt als Ingenieurin, das sich an jener denkwürdigen „task“¹⁶⁴ versucht, die Jennifer Doudna unlängst auf die Formel brachte: „Controlling the evolution of the human species“¹⁶⁵.

Sicherlich trägt He Jiankui die Verantwortung für die von ihm vollzogenen Eingriffe in die menschliche Keimbahn. Doch hat sich das Bild der Geschehnisse vom November 2018 verändert. Diese Erweiterung der Perspektive verdankt sich den Beobachtungen, Schilderungen und Reflexionen des eingangs zitierten Kultur- und Wissenschaftsanthropologen Eben Kirksey, der die führenden Wissenschaftler:innen begleitet und die Entwicklung der CRISPR-Technologie in Nordamerika und China seit Beginn des letzten Jahrzehnts jeweils vor Ort verfolgt hatte. Bemerkenswert ist sicherlich das *Timing* seiner Veröffentlichung, die genau in das Jahr 2020 fällt, in dem die Erfindung der Genomeditierung mit der Auszeichnung des Nobelpreises für Physik bedacht wurde.

Kirksey schreibt: „As billionaires and Wall Street investors were getting in on the action, as scientists and doctors were making careers out of CRISPR, I wondered: Who counts as a visionary, and who becomes a pariah?“¹⁶⁶ Wie nun bekannt wurde, waren auch andere Laborteams in den USA und England kurz davor, den ersten Schnitt in die Keimbahn vorzunehmen: „Collectively these enterprising biologists had already raised hundreds of millions – from venture capitalists, big pharma companies, and the stock market – for genetic engineering experiments in human patients.“¹⁶⁷ Deshalb ist es Kirkseys Anliegen, jene neuen Machtrelationen und diskursive Hervorbringung ‚des Menschen‘ ins Sicht- und Sagbare zu bringen, die unterhalb der Unterscheidung zwischen visionärer Wissenschaft und ethischer Verfehlung verlaufen: „Using an anthropological lens, I examined new forms of power as scientists, corporate lobbyists, medical doctors, and biotechnology entrepreneurs worked to redesign life itself.“¹⁶⁸ Sichtbar werden neue zoöpolitische Konstellationen, die ich als eine *Industrie des menschlichen Genoms* bezeichnen würde. Umkämpft ist dieses neue Technologiefeld, auf dem eine geopolitische Auseinandersetzung zwischen China und den USA, zwischen dem Silicon Valley und Shenzhen um die strategische Technologievormachtstellung stattfindet. Besondere Bedeutung kommt hier der 2012 von Präsident Xi Jinping ausgegebenen Doktrin zu: Der *China Dream* ist ein offizielles politisches Programm der Partei, mit dem die Volksrepublik die weltweite Vorherrschaft in allen Sektoren der Innovationstechnologie, besonders im Bereich der Digital- und Biotechnologie anstrebt. Nicht mehr als ‚Werkbank für die Welt‘, sondern als Land der Erfinder:innen neuer Technologien (Created in China): „The spectacular rise of Jiankui He seemed to fit the story line of the ‚China

164 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 115.

165 Ebd., S. xvi.

166 Kirksey: *The Mutant Project*, S. 5.

167 Ebd.

168 Ebd.

Dream' – [...] that aims to displace the status quo of Western modernity and replace it with an Asian future.¹⁶⁹

Im September 2016 nahm die *China National GeneBank* ihre Arbeit auf, die größtenteils dem BGI in Shenzhen, dem weltweit drittgrößten Anbieter und Entwickler im Sektor der Biotechnologie, überantwortet wurde. Ein mittelfristiges Ziel ist die Sequenzierung, Sammlung und Auswertung der genomischen Daten *aller* Menschen, also „[the] DNA from every human on earth“¹⁷⁰. Dabei bildet das Sequenzieren nur eine Hälfte der Bemühungen, wenn die Daten für klinische Anwendungen und Produktentwicklung im Department für synthetische Biologie und Genomeditierung in Anschlag gebracht werden. Bereits im selben Jahr starteten in China die ersten Studien zur Behandlung krebserkrankter Menschen mit CRISPR. Wenige Monate danach gaben auch die US-amerikanischen Behörden grünes Licht für ebensolche klinischen Studienreihen. „I think this is going to trigger ‚Sputnik 2.0‘,“ so prognostizierte der renommierte Immunologe Carl June in einem Interview mit *Nature* im November 2016, „a biomedical duel on progress between China and the United States.“¹⁷¹ Heute wird immer deutlicher: He Jiankuis klandestine Experimente mit der Keimbahn waren nicht nur ein offenes Geheimnis im Kreise seiner *Peers*, denn mehrere Dutzend Genomforscher:innen wussten von seinen Bemühungen. Auch in den zuständigen Behörden und in der Regierung war man wohl von den Experimenten unterrichtet. Davon geht jedenfalls George Church aus, der selbst ein Labor auf dem Forschungscampus von BGI in Shenzhen leitet: „[China has] the best surveillance system in the world. [...] I conclude that they were totally aware of what he was doing at every step of the way, especially because he wasn't particularly secretive about it.“¹⁷² Nicht zuletzt musste ein Gespräch mit James Watson den chinesischen Forscher in seinem Ansinnen bestärkt haben:

Dr. He asked if the possibility of rewriting the genetic code had been on his mind as he published his famous paper with Francis Crick describing the double helix structure of DNA. Watson replied that yes, of course it had. As a follow-up, Dr. He asked: What should we do with gene editing? Watson simply said: Make people better.¹⁷³

Die synthetische Biologie rückt somit in das Feld einer Politik der menschlichen Gattung. Durch biotechnische Verfahren konvergiert Foucaults *faire vivre* mit einer ‚möglichen Geschichte‘ genomeditierender und -editierter Menschen. In der Denkfigur des ingenieurtechnischen Machens liegt der Unterschied zu anderen (Macht-)Technologien, die sich auf das ungeborene Leben konzentrieren, etwa die In-vitro-Fertilisation (IVF). Auf

169 Kirksey: *The Mutant Project*, S. 22.

170 Ebd., S. XI.

171 Cyranoski, David: „CRISPR Gene-Editing Tested in a Person for the First Time“, *Nature* 539/7630 (11.2016), S. 479.

172 Cohen: „The Untold Story of the ‚Circle of Trust‘ Behind the World's First Gene-Edited Babies“.

173 Kirksey: *The Mutant Project*, S. 183.

dem globalen Markt der IVF wird Menschen mit Kinderwunsch ein beständig wachsender Katalog an Eigenschaften und Merkmalen ihrer möglichen Nachkommen angeboten. In dieser Technik findet man einen Moment ‚softer Eugenik‘ vor der Fertilisation: Dazu werden im Labor eine Vielzahl von Embryonen mit den Spermien eines ‚passenden‘ Sponsors ‚produziert‘. Das Erbgut der verschiedenen Embryonen wird anschließend sequenziert, um dann die Exemplare auszuwählen, die ihrer DNA nach die gewünschten Charakteristika aufweisen (Präimplantationsdiagnostik).¹⁷⁴ Hier erscheint „Kinder machen“¹⁷⁵ im Zeichen eines reproduktionstechnologischen Handwerks und der genetischen Selektion. Wenn Eugenik dem Wort nach ‚gute Gene‘ bedeutet, dann kann man von einer liberalen Eugenik der Zuchtwahl ‚sanfter Eigenschaften‘ sprechen, die das marktformige Angebot der Kliniken der Reproduktionstechnologie mit der privaten Nachfrage und der individuellen Wahl zukünftiger Eltern zusammenbringt.

Die Keimbahnmanipulation mittels Genomeditierung folgt jedoch einer anderen Verfahrenslogik: Hier wird nicht aus einer Vielzahl *in vitro* erzeugter Embryonen eine spezifische Selektion getroffen. Vielmehr versteht sich das reproduktionstechnologische Handwerk als Ingenieurkunst, wenn Wissenschaftler:innen einen gezielten Eingriff in die Keimzellen eines Embryos vornehmen. Das Verfahren entspricht dem bereits skizzierten strategischen Hylemorphismus nach dem die Arbeit bereits im Kopf der Ingenieurin mit der Ideation beginnt. Die ‚Arbeit‘ an der Keimbahn ist gleichsam ihre Unterwerfung, denn sie folgt einer Stoff-Form-Logik der Implementierung als ein fundamentales Verfahren der synthetischen Biologie. Den *Engineering*-Ansätzen kommt dabei zupass, dass auch fundamentale Änderungen des Erbguts und die ‚Disziplinierung‘ der menschlichen Keimbahn, die mit CRISPR vorgenommen wurden, anschließend nicht mehr nachvollzogen werden können. Folgt man den aktuellen molekularbiologischen Diskursen um die Keimbahn, dann wird eine zoöpolitische Brisanz deutlich, die Jennifer Doudna mit den folgenden Worten beschreibt: „Germ cells are any cells whose genome can be inherited by subsequent generations, and thus they make up the germline of the organism.“¹⁷⁶ Modifikationen der Keimbahn mit CRISPR betreffen damit nicht nur den individuellen Organismus. Vielmehr würden etwaige ‚Einschreibungen‘ an die nachfolgenden Generationen vererbt: „the stream of genetic material that is passed from one generation to the next“¹⁷⁷. Diese Möglichkeit der quasi automatischen Weitergabe jener einmal vorgenommenen Keimzellenmodifikationen – seien diese in medizinischer Hinsicht ‚gerechtfertigt‘ oder aber „nonmedical enhancements“¹⁷⁸ – bedeutet für Doudna eine tiefe Zäsur in der Geschichte der Gattung des Menschen:

174 Vgl. Franklin, Sarah und Celia Roberts: *Born and Made. An Ethnography Of Preimplantation Genetic Diagnosis*, Princeton: Princeton University Press 2006.

175 Vgl. Bernard, Andreas: *Kinder machen. Neue Reproduktionstechnologien und die Ordnung der Familie: Samenspende, Leihmütter, Künstliche Befruchtung*, Frankfurt am Main: Fischer 2014.

176 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 158.

177 Ebd.

178 Ebd., S. 188.

Humans had never before had a tool like CRISPR, and it had the potential to turn not only living people's genomes but also all future genomes into a collective palimpsest upon which any bit of genetic code could be erased and overwritten depending on the whims of the generation doing the editing.¹⁷⁹

Von entscheidender, ungeheurerlicher Bedeutung ist hier die kulturtechnische Denkfigur des ‚kollektiven Palimpsest‘ als eine Schreiboberfläche, in die der zoëpolitische ‚Wille zum Design‘ seine Chiffren und Ordnungen buchstäblich ‚hineinritz‘. Gemäß dem altgriechischen *palin* (πάλιν), – das so viel bedeutet wie ‚wieder‘ und die Praktiken des Ausritzens, Abwaschens und Glättens bestehender Oberflächenstrukturen von Manuskriptseiten zum Zwecke neuer ‚Einschreibungen‘ auf einem wiederbereiteten Grund in Antike und Mittelalter bedeutete, – könne das Humangenom nun Medium eines Reskriptums des Menschenwesens und seiner Gattung werden. Palimpsestieren wäre in diesem Sinne nichts anderes als *Germline Editing*.

Vor diesem Hintergrund und am Schluss dieses Buches steht die Frage: ‚Was wäre der Mensch?‘ – als Einzel- und Gattungswesen – im Lichte von Keimbahn-Editierung durch die synthetische Biologie? Mit Blick auf das Dargestellte werde ich eine additive Antwort auf die Fragen geben. Das Bild des ‚Neuen Menschen‘ erscheint als Summe von vier Figurationen, als aporetisches Gebilde aus 1. den posthumanen Chiffren der Molekularbiologie, 2. dem Herstellungswillen eines transhumanistischen Ingenieursubjekts, 3. den Unterwerfungsversuchen des menschlichen Individualgenoms und der ‚Disziplinierung‘ der Keimbahn, 4. den kontingenten Eigenlogiken und Selbstdynamiken der zoëtischen Materialität. Diese enigmatische Ordnung des molekulartechnischen *Anthropos* lässt sich nicht mehr mit der ‚Analytik der Endlichkeit‘¹⁸⁰ verstehen, sondern als Versuch ihrer Überwindung.

(1) Das heutige Bild des Menschen ist zunächst und in erster Linie durch die Diskurse und die Wissensordnungen der ‚molekularen Revolution‘ geprägt. Wenn seit den 1950er Jahren die Rede vom ‚Zeitalter der Biologie‘¹⁸¹ beschworen wird, dann erscheint darin der Anthropos als posthumanes Subjekt, aufgelöst in Moleküle, adressiert als zoëtisches Wesen, als eine Spezies unter vielen. Ganz deutlich vollzieht sich hier jenes von Foucault diagnostizierte Verschwinden des Menschen – „wie am Meeresufer ein Gesicht im Sand.“¹⁸² Der biokybernetische Lebensbegriff bedeutet(e) seit dieser Zeit eine weitere tiefgreifende Enttäuschung und Kränkung des modernen Menschen, die ihm zuvor durch Kopernikus, Darwin und Freud beigebracht wurde. Nach dem Ende des Geozentrismus, der ‚Aufdeckung‘ der Abstammung des Menschen vom Affen und der proklamierten Herrschaft des Unbewussten über das Bewusstsein und die Rationalität

179 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 188.

180 Foucault: *Die Ordnung der Dinge*, S. 377.

181 Vgl. Sarasin: *Darwin und Foucault. Genealogie und Geschichte im Zeitalter der Biologie*.

182 Foucault: *Die Ordnung der Dinge*, S. 462.

des modernen Vernunftsubjektes ereignet sich jene vierte, namentlich die von Foucault beschriebene ‚zelluläre Kränkung‘: Diese zeigt dem Menschen, dass nicht er das eigentliche ‚Subjekt der Geschichte‘ ist, sondern jene opaken, molekularen Prozesse, Diskontinuitäten und Kontingenzen, die sich in den kleinsten Dimensionen seiner Zellen millionenfach ereignen. Eine zerstreute *Logik des Lebenden*, so ließe sich der Titel von Jacobs Buch paraphrasieren, korrespondiert mit einem subjektlosen und zufälligen Werden und führt die Idee einer evolutionären Sonderstellung des Menschen und die Idee des Individuums aus zwei Gründen *ad absurdum*. Zum einen: Nicht der Mensch schreibt als Subjekt die eigentliche Geschichte, sondern der Code des Lebens. Im Zentrum einer solchen Vorstellung steht eben nicht das moderne, souveräne Vernunftsubjekt, sondern die Jacob'sche Ordnungsfigur des genomischen Programms, das – quasi unterhalb der Individualität, der geschlechtlichen Reproduktion und der Gattung – seinen Weg durch die Zeit mittels andauernder Replikation, als eine Geschichte unablässiger Selbstübertragung, nimmt. Zum anderen: In dieser molekulargenomischen Genealogie erscheint der Mensch als ein beiläufiges Resultat des Zufälligen und des Diskontinuierlichen, wenn nicht sogar als Schreibfehler eines autorenlosen Schreibens, der sich während der Übertragung des genetischen Codes einschlich. Der Mensch im Lichte der Molekularbiologie, auf deren Epistemologie sich die synthetische Biologie gründet, ist keineswegs die ‚Krone der Schöpfung‘ und nicht einmal der ‚bisherige Höhepunkt‘ in der Entwicklung der Arten, sondern eine zufällige und kurzlebige Figur in einem äonischen, nicht-teleologischen, molekularen Spiel, in dem ‚die Würfel regieren‘.¹⁸³

(2) Gegenteilig und paradox bedeutet die synthetische Biologie eine Konkretisierung des Transhumanismus, der den *Anthropos* und seine Gattung als biotechnisches Projekt begreift. Sie reinthronisiert den ‚Menschen‘ als Ingenieursubjekt, das nicht nur das nicht menschliche Leben, sondern das Leben seiner Gattung zum Gegenstand einer prometeischen *Téchne* macht. Die ‚mögliche Geschichte‘ des menschlichen Genoms und der Keimbahn lässt sich als eine Historie der molekulartechnischen Codierung und Editierung fortschreiben. Es ist die Geschichte einer technowissenschaftlichen Aneignung, in der das Ingenieursubjekt ebenjene autogenerativen Prozesse des ‚Lebens selbst‘ in Anschlag bringt. Zwar gilt dann immer noch Monods Denkbild vom Organismus als einer Maschine, die sich ‚selbst aufbaut‘, doch vor diese Selbstoperativität schaltet sich die Figur des Lebensingenieurs als Primat der Handlungsmacht. Die technische Kontrolle über das Leben wird über codifizierte Programmierung ausgeübt, in der der genetische Code mit dem digitalen Code konvergiert und ebenso als lineare Zeichenfolge erscheint. Diese hylemorphe Logik wird gerade durch die ingenieurtechnische Wende in den Lebenswissenschaften auf eine denkbar neue Spitze getrieben, indem jene *genomischen Ideationen* zuerst in der Sphäre des Symbolischen (in silico) geplant und dann durch eine Einschreibung ins Molekularorganische materialisiert werden.

183 Vgl. Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 124.

Darauf weist der Wortstamm des *ingenerare* im Terminus Bioengineering hin, der in seiner Übersetzung ‚Erzeugen‘ und gleichsam ‚Einflößen‘ bedeutet.

Die anthropotechnische Wende im dritten Paradigma der Zoöpolitik zeichnet ein transhumanistisches Bild eines handlungsmächtigen *Anthropos* im Zeichen des Lebens-Designs. Dabei handelt es sich jedoch nicht um den Ingenieurtypus der modernen Welt, der Brücken und Gebäude baut, den *Homo faber*. Lanciert wird vielmehr der Mythos eines kontrollmächtigen, transhumanen Subjektes, das als Lebensingenieur und *Homo creator* das moderne Bild des Menschen qua Genomeditierung überwinden will. Die vielbeschworene Heraufkunft eines „new age in genetic engineering and biological mastery“¹⁸⁴ bedeutet den fragwürdigen Versuch einer *Reinthonisierung* des sogenannten Menschen, der sich dem ‚Lebenmachen‘ verschrieben hat und sich damit aus historischer Sicht gegen die posthumane Auflösung und die biologische Kontingenz stemmt: Der Lebensingenieur ist derjenige Akteur, der die Zukunft der menschlichen Gattung als ein technisches Projekt begreift. – Ob man in Zukunft *Germline Engineering* im Master an führenden Universitäten studieren kann, das scheint eine durchaus ernsthafte Frage für folgende Generationen zu sein.

(3) In dieser großen Erzählung der synthetischen Biologie gerät der *Anthropos* als Gegenstand des *ingenerare* jedoch selbst zum Objekt der Unterwerfung unter die beschriebenen Kalküle eines transhumanen Lebensingenieurwesens: In einem doppelten Zugriff sind es die Einzelmenschen und – Doudnas Ausführungen folgend – die kommenden Generationen, welche die Instruktionen dieses *Engineering*s in ihrer Keimbahn tragen und vererben (sollen). Die molekulare ‚Disziplinierung‘ des Embryos, die mit CRISPR buchstäblich in die Keimbahn eingeflößt und implementiert wird, ist von Beginn an ein kontrollgesellschaftliches Dispositiv: Die neue ingenieurtechnische Macht über die menschliche Keimbahn würde nicht (nur) den individuellen Menschen, das vereinzelte Subjekt unterwerfen, sondern auf die nachkommenden Generationen der Gattung ausgreifen.

Wenn die In-vitro-Fertilisation die „Ordnung der Familie“¹⁸⁵ bis in die Gegenwart hinein grundlegend veränderte, so impliziert CRISPR eine mögliche Rekonfiguration des Gattungsbegriffs nach dem ersten Zugriff auf die individuelle Keimbahn des ungeborenen Lebens. Um die heraufkommende molekulare ‚Disziplinierung‘ des Menschen im Zugriff auf die Keimbahn zu umschreiben, lässt sich eine Passage aus dem Werke Foucaults über das Dispositiv des panoptischen Gefängnisses heranziehen: Das „Verhältnis des Zuchtmeisters zum Zögling läuft über Signale: es geht nicht um das Verstehen des Befehls, sondern um die Wahrnehmung des Signals und die alsbaldige Reaktion darauf entsprechend einem vorgegebenen Code“¹⁸⁶. Im Dispositiv der Keim-

184 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. xiii.

185 Vgl. Bernard: *Kinder machen*, 2014.

186 Foucault: *Überwachen und Strafen*, S. 214.

bahn verläuft das Befolgen der genomischen Befehle im molekularen Maßstab, und damit weit unter der Wahrnehmungsschwelle des modernen – will heißen mit Willen und Bewusstsein begabten – Subjektes in den ‚Quellcodes‘ der menschlichen Zoë. „Der Körper befindet sich in einer kleinen Welt von Signalen, denen jeweils eine einzige obligatorische Antwort zugeordnet ist.“¹⁸⁷ Die Befolgung der ins Genom geschriebenen kontrollgesellschaftlichen Befehle ist jedoch kein Resultat ‚alsbaldiger‘ Reaktionen, sondern *chemischer Reaktionen*, die in den Tiefen der lebendigen Materialität wirken.¹⁸⁸ Die Macht hat sich der menschlichen Keimbahn ‚eingelöst‘, damit hat sich das Verhältnis von außen und innen umgestülpt: Der einzelne menschliche Körper befindet sich damit nicht in einem spezifischen disziplinar-technischen Raum, sondern erscheint vielmehr selbst als eine ‚kleine Welt‘, die von genomischen Anweisungen im Stile des von Doudna beschriebenen „Command and Control“¹⁸⁹ geregelt wird. Ein solcher „Traum“ der lebensingenieur-technischen Macht über das menschliche Leben lässt sich in seiner ‚ideale[n] Form‘¹⁹⁰ begreifen: Diese Macht muss das Subjekt und die Gattung nicht mehr von außen kommend regieren, sie muss keine Gefängnisse errichten und künstliche Environments konfigurieren, denn die ‚Disziplinierung‘ wird der Keimbahn ‚unmittelbar‘ als panoptische Struktur ‚eingeschrieben‘ sein. Eine Macht über das Leben, die der Keimbahn ihren ‚Willen‘ direkt einprägt, bedeutet die *bis dato* radikalste Strategie der disziplinären Kontrolle und transgenerationellen Züchtigung der menschlichen Zoë durch das hylemorphie Denken und Machen.

(4) Die Materialität der menschlichen Zoë bildet – dem Schema der Privilegierung der Form über den Stoff – die ‚Einschreibefläche‘ der symbolischen Operationen der Genomeditierung. Doch gerade im Hinblick auf den materiellen Prozess des ‚Lebens selbst‘ muss gefragt werden, wie weit sich die technische Beugung und Beherrschung treiben lässt. Denn wo das Leben gänzlich als ‚molekulare Maschine‘ disponiert werden soll, wo die „vollständige Durchsetzung des Lebens“¹⁹¹ als durchgreifende Automatisierung auf die Spitze getrieben wird, lassen sich nicht intendierte Effekte und Ereignisse vermuten: Automatismen der Strukturentstehungen jenseits menschlicher Kontrolle.¹⁹² Das Leben in seiner ‚Essenz‘, so resümierte Foucault für die Zoëpolitik der Moderne, ist in einem permanenten Entzug begriffen und entweicht den Machtdispositiven ständig.

187 Foucault: *Überwachen und Strafen*, S. 214.

188 Vgl. Deleuze: *Unterhandlungen: 1972–1990*, S. 255 ff.

189 Doudna/Sternberg: *A Crack in Creation*, S. 86.

190 Foucault: *Überwachen und Strafen*, S. 264.

191 Vgl. Foucault: *Der Wille zum Wissen*, S. 167.

192 Siehe dazu ausführlich: Bublitz, Hannelore: „Täuschend natürlich. Zur Dynamik gesellschaftlicher Automatismen, ihrer Ereignishaftigkeit und strukturbildenden Kraft“, in: Bublitz, Hannelore u. a. (Hrsg.): *Automatismen*, Paderborn: Fink 2013, S. 153–171; Müller, Martin: „Schattenkonten. Ordnungspraktiken des Trennens und der Reduzierung von Komplexität können zu unerwarteten Automatismen der Herausbildung heterogener Strukturen und zu Komplexitätssteigerungen führen“, in: Eke, Norbert Otto u. a. (Hrsg.): *Logiken strukturbildender Prozesse: Automatismen*, Paderborn: Fink 2014, S. 179–183.

Dem Narrativ vom ‚gemachten Leben‘, wie es im gegenwärtigen Paradigma einer ingenieurtechnischen Kontrolle entfaltet wird, geht genau jene spezifische Qualität ab, die dem Leben unmittelbar eignet: Kurzum, sein Eigensinn, sein Potenzial zur etwaigen Abweichung und der ständigen Möglichkeit zu Transmutation des Organischen im Hinblick auf seine fast unermessliche Komplexität. Auch wenn die Techniken der Genomeditierung immer präziser werden, auch wenn die Metapher des perfekten Schnitts im DNA-Strang die Forschung leitet, auch wenn die Metapher der punktgenauen Bearbeitung des Genoms als Text die Imagination auf ungeheuerliche Weise beflügelt – CRISPR bewirkt in erster Linie die Mutation einer bestehenden Materialität: „In the absence of a perfect metaphor,“ so schreibt Eben Kirksey zu Recht, „ultimately I think that technical language describes it best: CRISPR is an enzyme that produces targeted mutagenesis. In other words, CRISPR generates mutants“¹⁹³.

Neben dem Moment der Mutation scheint die Apologetik der ‚CRISPR-Revolution‘ eine entscheidende Phase in der Geschichte der ‚molekularen Revolution‘ vergessen zu haben. Mit Lily Kay ließ sich zeigen, dass der Begriff des genetischen Codes lange Zeit gar nicht den Status einer festen Ontologie besaß. Seine Genealogie, so habe ich anhand von Schrödinger über Watson und Crick bis hin zu Jacob und Monod dargelegt, ist vielmehr die Geschichte einer Ontologisierung und einer epistemischen Schließung, welche die anfangs spekulative Metapher und Theorie plötzlich zum Faktum erklärte (S. 131 ff.). Der biokybernetische Begriff des Lebens, der gänzlich im Begriff des genetischen Codes gründet, ist eine historische Erfindung der 1960er Jahre. Aus der Perspektive einer kritischen Wissensgeschichte ist das biotechnoepistemische Selbstverständnis des transhumanen Menschentypus auf Sand gebaut.

In der Zusammenschau dieser vier ineinander verschränkten Dimensionen bildet der post- und gleichsam transhumane *Anthropos* im Licht der synthetischen Biologie und der Genomeditierung ein opakes Wesen. In seiner Summe ist das viergestaltige Bild des ‚neuen Menschen‘ ein aporetisches Gefüge. Um einen Aphorismus Michel Foucaults heranzuziehen: Das „Wissen“ um diesen neuen Menschentypus „ist nicht dazu bestimmt, uns zu trösten“¹⁹⁴. Im griechischen Wissen galt bekanntlich die pythagoreische *Tetraktys*, also die Vierergruppe von Zahlen, die in Summe die Zahl Zehn ergibt, als der Schlüssel zum Verständnis der *Harmonice mundi* und damit zum Geheimnis des Menschen. Doch mit Blick auf die Experimente He Jiankuis und die möglichen, zukünftigen Perspektiven der menschlichen Keimbahn – als ein Palimpsest der Genomeditierung – beschleicht einen jenes genau diametrale Gefühl zur Weltenharmonie, das unlängst in den Worten Donna Haraways zum Ausdruck kam: „[A] profound unhappiness with CRISPR worlds.“¹⁹⁵

193 Kirksey: *The Mutant Project*, S. 7.

194 Foucault: „Wachsen und vermehren“, S. 123.

195 Donna Haraway im Gespräch mit Kirksey: *The Mutant Project*, S. 252.

Postskriptum

Zur Möglichkeit anderer Synthesen

Zwei letzte Punkte möchte ich an den Schluss der vorliegenden Studie setzen. Einerseits gilt es, einen Rückblick und eine akzentuierte Zusammenfassung des Dargestellten zu unternehmen. Dafür wird die Geschichte der Zoëpolitik in ihren unterschiedlichen Konstellationen und Paradigmen ein letztes Mal beleuchtet. Der Fokus liegt dabei auf den jeweils verschiedenen Strategien des ‚Lebenmachens‘. Im Zuge dessen zeigen sich die differenzierten Konfigurationen des *faire vivre* in der Moderne, in der ‚molekularen Revolution‘ und – mit dem Aufkommen der synthetischen Biologie im Anthropozän in ihren jeweils spezifischen Formen des ‚Machens‘ – als Kontrolle und Steigerung, als Neuerfindung der Natur im Zeichen der codegetriebenen, molekularen Maschine sowie als Ingenieurwissenschaft lebender Systeme und Entitäten. Vor diesem Hintergrund werde ich dann, um meine historisch-kritische Untersuchung mit einem Ausblick zu beschließen, nach den etwaigen *Möglichkeiten anderer Synthesen* fragen. Dafür werde ich die Stoßrichtung einer nunmehr hegemonialen Ingenieurbiologie im Zeichnen einer invasiven ‚Technologisierung der Biologie‘ umwenden. Für eine zukünftige Forschung möchte ich deshalb drei strategische Denkbewegungen initiieren. Diese finden sich (1) in der Kehrtwendung der Zielrichtung des Transhumanismus, (2) in der Rekonfiguration des Design-strategischen Hylemorphismus der synthetischen Biologie und (3) in der Notwendigkeit anderer, dezidiert *neuer* Erzählungen der Lebensherstellung im Anthropozän.

Mit der Entstehung der Biopolitik um 1800, so wurde in detaillierter Weise im Verlauf des dritten Kapitels gezeigt, wird das Leben zum Gegenstand von Steuerungs- und Steigerungsprozessen, die auf der Ebene des Bevölkerungskörpers und des ihn umgebenden Environments und der Disziplinierung der Individualkörper wirksam werden. Der damit entstandenen Lebensmacht gelingt es (nur) mittelbar – durch die systematische Verknüpfung von Wissen und Körpern –, die *Zoë* zu steuern. ‚Lebenmachen‘ ist deshalb eher als ein Weltmachen zu verstehen, in dem die ‚optimalen‘ Bedingungen geschaffen werden, unter denen das dezidiert menschliche Leben, die Gesundheit und die Vitalität prosperieren (sollen). Doch die moderne Macht über das Leben ist an den Begriff der geschlechtlichen Reproduktion und damit an die Abfolge der Generationen gebunden. Das Leben schreibt den Steigerungsprozeduren so gesehen eine zeitliche Ordnung vor.

Es ist kein Zufall, dass die ‚Geburt der Biologie‘ und die ‚Geburt der Macht über das Leben‘ diskurshistorisch desselben Datums sind und sich an der Modernitätsschwelle – jenseits der starren Ordnung der Souveränitätsmacht und zu Beginn des 19. Jahrhunderts – ereignen. In dieser postsouveränen Konfiguration verliert der Lebensbegriff seine Ahistorizität und ermöglicht das Aufkommen neuer Strategien, die gänzlich im Zeichen des *faire vivre* stehen. Dies bedeutet für den machtechnischen als auch biologischen Begriff des Lebens, dass das Lebende selbst als *Téchne* erscheint. Insofern

zielen die neuen Technologien der Macht zunächst darauf, das Leben zu schützen, zu kontrollieren und letztlich qua technischer und medialer Prozeduren in seiner Vitalität zu steigern. Hier ist außerdem eine historisch-theoretische Bewegung erkennbar, welche die Biopolitik der Bevölkerung zwar inkludiert, jedoch über sie hinausreicht. Die Foucault'sche Formel des ‚Lebenmachens‘ lässt sich mit Recht als ein neuer ‚Wille zum Machen‘ benennen, der bereits im Moment seiner Entstehung auf das nicht anthropomorphe Leben auszugreifen beginnt.

Mit dem Begriff der Zoëpolitik ist dementsprechend die macht- und wissensgenealogische Rückseite des biopolitischen Begehrens bezeichnet. Dieses Begehren zielt auf den unmittelbaren Zugriff auf das Leben. Die Idee der Zoëpolitik lässt sich wohl am deutlichsten in der Foucault'schen Denkfigur einer ‚vollständigen Durchsetzung des Lebens‘ fassen. – Im Zuge der technologischen Appropriation des Lebens wirkt dieses jedoch auf die Macht zurück. Es wurde gezeigt, dass der ‚offene Begriff‘ des Lebens mit einem flexibilisierten, un abgeschlossenen Begriff der Macht korrespondiert. Denn um die Zoë zu regieren, zu beherrschen, zu steigern und um diese letztlich zu ‚machen‘, unterwirft sich die Macht selbst der Logik fortwährender Steigerung und Eskalation. Eine solche Macht muss sich somit seinem Gegenstand anverwandeln: Sie ist gezwungen, sich selbst buchstäblich zu ‚verlebendigen‘. Doch gelingt es der Macht noch nicht, die Zoë gänzlich durchzusetzen, zu kontrollieren. Das Leben in seiner ‚Essenz‘, so resümierte Foucault zu Recht, ist in einem permanenten Entzug begriffen und entweicht den modernen Dispositiven der Macht ständig.

Das zweite Paradigma der Zoëpolitik erscheint spätestens mit Schrödingers Spekulationen zur Lebensfrage in den frühen 1940er Jahren im Feld des Sicht- und Sagbaren. Dem Wunsch nach machtechnologischer ‚Unmittelbarkeit‘ wird im Feld der Molekularbiologie auf neue Weise Genüge getan. Hier wird die Frage nach der ‚Macht über das Leben‘ tief in die lebenden Körper hinein und gleichsam an den ‚Grund‘ der lebenden Materie verlegt. Im Zuge einer Neuerfindung der lebenden Natur im Zeichen des genetischen Codes operiert die Molekularbiologie im Modus der ‚Einschreibung‘. Auf Basis ihrer mathematischen Diskurse (Watson, Crick u. a.) sowie anschließend mittels ihrer experimentell-empirischen Dispositive (Jacob, Monod u. a.) entsteht ein neuer Machtwissens-Zusammenhang im Inneren der lebendigen Zelle. Dort ‚erkennt‘ und verortet die Molekularbiologie das ‚Lebenmachen‘ – als das autogenerative Wirken eines Formungsprinzips in Gestalt des subjektlosen, genetischen Programmcodes. Es wurde gezeigt, dass es sich bei diesem vermeintlichen Erkennen jedoch um ein ‚Einschreiben‘ handelt, das die komplette (Handlungs-)Macht der Zoë im Begriff des Codes ‚zusammenzieht‘. Anders formuliert: Die Implementierung des Codedenkens lässt sich gleichsam als die Ontologisierung des molekular-technischen, biokybernetischen Lebensbegriffs verstehen. Die Durchsetzung der ikonischen Formel *Life is Code* fundierte die epistemische Schließung der Lebensfrage, die später wiederum zur Grundlage der synthetischen Biologie wird.

Die von Foucault diagnostizierte ‚vollständige Durchsetzung des Lebens‘ wandert damit buchstäblich unter die ‚Haut der Welt‘. Am vermeintlichen ‚Grund der Dinge‘

greift ein neues Machtwissen nach den fundamentalen, molekularen und universellen Prozesslogiken des ‚Lebens selbst‘, die nunmehr als chemische Operationen und Programmierungen seiner selbst erscheinen. Doch damit nicht genug: Durch die Festbeschreibung des Informationsbegriffs als zentraler Operator des Lebensdenkens gewinnt die Privilegierung vom präetablierten Code als inhärentes, aktives Formungsprinzip (morphe) des lebendigen Stoffes (hyle) den Status einer zweigeteilten Ontologie. In dieser Neuerfindung des Lebensbegriffs im Zeichen der Codeontologie lässt sich die *Zoë* nicht nur als eine sich ‚selbst aufbauende Maschine‘ im molekularen Maßstab intelligibel ‚machen‘ – und damit als ein Algorithmus ‚anschreiben‘. Im Zuge dieser Biokybernetisierung erfährt der Lebensbegriff zudem eine radikale Reduzierung und Bereinigung seiner Komplexität: Zum einen erscheint das Leben in seiner ‚Essenz‘ nun als eine durch einen linearen wie auch alphanumerischen Code gesteuerte, molekulare Maschinerie, die das Leben ‚selbst‘ herstellt. Zum anderen gelingt es dem zoëpolitischen Machtwissen mittels des universellen Lebensbegriffes auf ein Leben jenseits der menschlichen Gattung auszugreifen.

Im Zuge einer weiteren Eskalation der Zoëpolitik, die sich seit Beginn des 21. Jahrhunderts ereignet, werden die Prozesslogiken des Autogenerativen und das molekularbiologische Wissen des zweiten Paradigmas zu Elementen einer biotechnischen Ingenieurwissenschaft. Angewandte Wissenschaft und Zoëpolitik werden damit ununterscheidbar. Die ‚vollständige Durchsetzung des Lebens‘ und der Wille zum ‚Lebenmachen‘ bahnen sich ihre Wege außerhalb der Labore und versuchen nun – auf Basis des biokybernetischen Lebensbegriffs sowie im Medium von Synthese und Genomeditierung – auf das gesamte planetarische Leben zuzugreifen. Die synthetische Biologie wendet den besagten Hylemorphismus der ‚molekularen Revolution‘ ins Design-Strategische – zum Zwecke eines technowissenschaftlichen ‚Machens‘. Dieses spezifisch verfasste ‚Machen‘ folgt der Prozesslogik der Implementierung von menschlichen Entwürfen (Ideationen) und deren operativen Codes in die passiv(iert)e Materialität des Genoms. Auf diesem seit dem 19. Jahrhundert radikalisierten Schema – von der Herrschaft des ingenieurtechnischen Geistes bei gleichzeitiger Negierung des Eigensinns zoëtischer Materialität – basiert jene neue *große Erzählung von synthetischer Biologie* im Allgemeinen und CRISPR im Spezifischen. Deren hyperbolische Diskurselemente eines ‚Redesigns‘ sind zum einen die biotechnische Beherrschung der Natur im molekularen Maßstab und zum anderen die Biotechnologisierung, Kolonialisierung und Beherrschung gesellschaftlicher Zukünfte.

Die lebendige ‚Natur‘ – im Spektrum einzelner Genome, einer kompletten Spezies oder eines umfassenden environmentalen Zusammenhangs – ist durch die Ingenieurbiologie nunmehr zum Projekt geworden, das paradoxerweise im Zeitalter der gerade losbrechenden ökologischen Krise des Anthropozäns eine ‚totale Industrialisierung der Natur‘ auf planetarischer Ebene (Geo-Engineering) herbeiführen will. Zwar eignet der synthetischen Biologie eine *engineering-driven* Epistemologie auf der Ebene der Grundlagenforschung. Es wurde jedoch gezeigt, dass die synthetische Biologie sich seit der Erfindung der Genomeditierung *nicht mehr* auf den Fachdiskurs,

das Labor und den Modellorganismus begrenzen lässt. Ihre dritte Welle sucht sich den Weg in die Ökosysteme. Im Hinblick auf das Plant-Design und die Anwendung auf den Menschen hat die Ingenieurbiologie in atemberaubend kurzer Zeit eine geopolitische Tragweite entwickelt, die aktuell einem Rennen zwischen den USA und China um die Vormachstellung in der weiteren Entwicklung der CRISPR-Technologie Raum gibt. In der sich nun bahnbrechenden *Third Wave* der synthetischen Biologie sind auch das menschliche Genom und die Keimbahn als Gegenstand technischer Projektierungen erfasst worden. Besonders mittels CRISPR lassen sich ‚Bearbeitungen‘ der Keimzellen mit zuvor nicht möglicher Präzision vornehmen: In dem Ereignis der Keimbahnmanipulation, die den Einzelmenschen und die Gattung zugleich betrifft, scheint sich der ‚Traum‘ der modernen Biopolitik in aller Unmittelbarkeit zu erfüllen.

Insoweit lässt sich nun eine durchaus offene Frage an die zoöpolitische Theoriebildung formulieren: Was bedeutet es für die Geschichte der Regierungstechniken der menschlichen Bevölkerung und ihrer *Environments*, wenn die Macht ihren ‚Willen‘ der Keimbahn unmittelbar einzuflößen vermag? Jennifer Doudna versucht, die macht-historische Ereignishaftigkeit von CRISPR ins Bild einer allzu modernistischen Fortschrittsgeschichte einzupassen, in der Naturgeschichte plötzlich in Technikgeschichte umschlägt:

For the roughly one hundred thousand years of modern humans' existence, the *Homo sapiens* genome has been shaped by the twin forces of random mutation and natural selection. Now, for the first time ever, we possess the ability to edit not only the DNA of every living human but also the DNA of future generations – in essence, to direct the evolution of our own species. This is unprecedented in the history of life on earth. It is beyond our comprehension. And it forces us to confront an impossible but essential question: What will we, a fractious species whose members can't agree on much, choose to do with this awesome power?¹

Das, was als die Geschichte fortlaufender, strategischer Eskalation(en) der Zoöpolitik beschrieben wurde, erscheint gegenwärtig als der entscheidende, hegemoniale Diskurs des ‚Machens‘ im Anthropozän. Dies wird vor allem deutlich in der Genealogie und Gegenwartstheorie eines durchdringenden ‚Willens zum Design‘, der die menschliche und nicht menschliche *Zoë* im Medium der Keimbahn und im weiten Spektrum von ‚planetarischen Klimasystemen‘ bis in die Fragmente der DNA mit einem radikalen *Reengineering* mittels Genomeditierung beherrschen will.

Aus macht- und wissenschaftlicher Warte lässt sich resümieren, dass die Eskalationshistorie der Zoöpolitik keineswegs als eine Geschichte des Entstehens und Vergehens von aufeinanderfolgenden Paradigmen zu verstehen ist. Sie schreibt sich vielmehr als eine ruhelose Macht- und Wissenshistorie einer ungeheuren Intensivierung des taktischen Zugriffs und der technischen Durchdringung des Lebens. Zoöpolitik

1 Doudna/Sternberg, *A Crack in Creation*, S. xvi.

bringt dementsprechend immer neue Dispositive des ‚Lebenmachens‘ hervor, die sich in strategischer Weise miteinander verbinden. Es sind Macht- und Wissenstechniken der Kontrolle, der Lesbarkeit und der Automatisierbarkeit des Lebens; nicht zuletzt auch der Machbarkeit im Sinne des ingenieurtechnischen Designs. Das System der drei Ebenen (molekular, ‚popular‘, planetar) schließt sich im Zeichen der Krise des Anthropozäns, wodurch die Ursache des menschlichen Eingriffs auf das gesamte Leben des Planeten zugleich als deren einzige Rettung erklärt wird.

Vor dem Hintergrund, dass die scheinbar einzig mögliche Rettung zugleich die Vollendung der Krise bedeutet, möchte ich schließlich die ‚Möglichkeit anderer Synthesen‘ in den Blick nehmen. Dafür werde ich drei Denkfiguren und -bewegungen in Ansatz bringen. Diese verstehe ich gleichsam als spezifische Umkehrungen der hegemonialen Perspektive *innerhalb* der Ordnung der synthetischen Biologie.

(1) Es mag durchaus überraschen, dass das erste Moment in einer solchen Suche zurück in diese Diskurse führt. George Church, der in offensiver Weise in seiner Forschung und mit seinen CRISPR-Projekten für ein ‚radikales Redesign‘ eintritt und vielleicht wie kein zweiter einen Design-strategischen Hylemorphismus vorantreibt, hat die Möglichkeit eines anderen Synthesedenkens in Aussicht gestellt. Blickt man auf sein Theorem des Genoms als ‚universelle Herstellungstechnologie‘ zum Zwecke des ‚Lebenmachens‘, erkennt man eine deutliche Konzentration von transhumanistischen Naturbeherrschungskonzepten in der synthetischen Biologie (S. 176 f.). Jedoch hat Church am Ende der Monografie mit dem Titel *Regenesis* überraschenderweise einen alternierenden Begriff des Transhumanismus ausgelotet – wenn auch nur in einer skizzenhaften Form. Der zeitgenössische Transhumanismus im Feld der Biotechnologie, dem ich Church zurechne, steht nicht zu Unrecht in der Kritik einer verengten Perspektive. Denn hier wird ein technowissenschaftlicher Reduktionismus und ein geschichtstheoretischer Anthropomorphismus in Anschlag gebracht. Damit überspitzt der Transhumanismus die Rolle der Technologie und den Status der menschlichen *Agency*. Eine prometheische Perspektive also, die sich ganz deutlich auf die denkwürdige Figur der Überwindung einer passiven, vergänglichen Natur – durch eine mitunter ins Metaphysische übersteigerten Konzeption menschlicher Handlungsmacht – konzentriert.

Um Churchs theoretischen Einsatz eingehend zu kommentieren, möchte ich etwas weiter ausholen. Im transhumanistischen Diskurs firmiert der Begriff der Singularität als ein möglicher, zukünftiger Emergenz- und Konvergenzpunkt in der Geschichte des Menschen und der Technologie. Am deutlichsten hat dies der Leiter der technischen Abteilung von Google, Ray Kurzweil in seiner 2005 erschienenen Monografie *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology* ausformuliert. Hier beschreibt Kurzweil einen Moment der Disruption, in dem die künstliche Intelligenz die menschliche Intelligenz ganz plötzlich und in drastischer Weise übersteigen werde. Von diesem ominösen Ereignis erhoffen sich die Vertreter:innen des Transhumanismus eine geradezu ins Unendliche gesteigerte Akzeleration der technologischen Innovationen, welche die menschliche Disposition als biologisches, verletzliches und letztlich sterbliches Wesen

buchstäblich überwinden soll – „The Singularity will allow us to transcend these limitations of our biological bodies and brains.“ Diesbezüglich beteuert Kurzweil: „There will be no distinction [...] between human and machine or between physical and virtual reality.“²

Im gegenwärtigen Diskurs der synthetischen Biologie wird ebenjener technomythische Transhumanismus als eine Legitimation zur invasiven, biotechnischen Optimierung des *Anthropos* in der Jetztzeit ausgedeutet. Dieser durchaus para-religiösen, jedoch sehr diskursmächtigen Theorie der Singularität nach Kurzweil, stellen Church und Mitautor Regis eine begriffsstrategische ‚Umwendung‘ entgegen: „Yet another viewpoint emerges from a play on the word ‚singular‘.“³ Denn mithilfe der synthetischen Biologie sei eine biotechnologische Zukunft denkbar, in der die Lebensingenieurkünste nicht allein für die anthropomorphen Überwindungsfantasien des Lebenden zum Einsatz kommen werden („the ever accelerating exponential rate curve as championed in the singularity view“⁴), sondern auf genau das Gegenteil abzielen: nämlich die drastische Erhöhung von Komplexität durch biotechnisch induzierte Diversität im Feld des Lebenden. Das spekulative Versprechen einer solchen Zukunft ist so gesehen eine überbordende, *biologische Vielfalt* („to be replete with diversity“⁵). Hier wird also die Möglichkeit eines zukünftigen Diskurses angedeutet, der die Frage zum Inhalt hat: Werden Biotechnologien zum einförmigen Ziel der menschlichen Herrschaft über das Leben gebraucht oder für die strategische Multiplikation von biologischer Diversität gemäß dem Grundsatz „The counterpoint to singularity is multiarity“⁶? Als wollten Church und Regis das Leben nicht einhegen, sondern genau das beschleunigen, was das Leben als erprobte ‚Strategie‘ zur Proliferation und Überschreitung seiner selbst eingerichtet hat: Diese besteht bekanntlich darin, sich zu diversifizieren.

(2) Am Begriff des Design-strategischen Hylemorphismus in der synthetischen Biologie lässt sich das zweite Moment einer Möglichkeit anderer Synthesen aufzeigen. Dazu möchte ich das in den Blick nehmen, was den buchstäblichen Gegenstand der lebensingenieurtechnischen Dispositive bildet: die spezifische Materialität der *Zoë* selbst. In der synthetischen Biologie erscheint ebendiese Materialität als passiv. Gemäß der ‚hylemorphen Doktrin‘ ist die Materialität als passiver Grund und als Einschreibefläche von Codeoperationen einem aktiven Herstellungswillen unterworfen. Es wurde ausführlich gezeigt, dass der bisherige Mainstream der synthetischen Biologie auf eine vollständige ‚Technologisierung der Biologie‘ zielt, die *bis dato* am deutlichsten im Ansatz der Genomeditierung zum Ausdruck kommt. Wie kein anderes Verfahren bringt die CRISPR-Technologie eine „radikale Gegenüberstellung von Code und Material“⁷ in Anschlag,

2 Kurzweil, Ray: *The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology*, New York: Viking 2005, S. 25.

3 Church/Regis: *Regenesis*, S. 251.

4 Ebd., S. 252.

5 Ebd., S. 251.

6 Ebd.

7 Schäffner: „Active Matter“, S. 8.

nämlich als die Trennung von Form und Stoff, von anthropomorpher, symbolischer, codeförmiger Ordnung und passiver, isomorpher, empfangender Materialität. Daraus resultiert nicht zuletzt der hegemoniale Sprachgebrauch der Überformung einer digitalen Programmierung; ein Diskurs also, in dem das Genom letztlich als *Tabula rasa* und die menschliche Keimbahn nunmehr als *Palimpsest* firmieren. Genom und Keimbahn werden als geklärt Grund für etwaige Einprägungen, Implementierungen und Einflößungen eines biotechnischen ‚Geistes‘ vorausgesetzt. Mit Referenz auf Wolfgang Schäffners genealogisch-kritische Theorie eines *Aktiven Materialismus* lässt sich die synthetische Biologie als eine Radikalisierung jenes hylemorphen Technizitätsschemas der Moderne deuten. Mit einem Denken im Zeichen von *Active Matter* lässt sich jedoch ein Ausweg skizzieren, hin zu einer anderen Gestaltungs- und Synthesemöglichkeit.

Synthese und Synthetisieren können durchaus anders verstanden und damit neu konzeptualisiert werden. Dafür lässt sich die Idee des passiven Materials umkehren, um dieses gleichsam aus seiner Stillstellung zu befreien. Mit dieser epistemologischen Aktivierung des Materials werden dann auch alternierende Möglichkeiten sowie andere Ansätze des Engineerings und des Designs denkbar. Anders gewendet und als Fragestellung formuliert: Was würde es bedeuten, jene für die synthetische Biologie konstitutive Formel einer ‚Technologisierung der Biologie‘ umzuwenden, um das starre Denken eines passivierten Biomaterials aufzuheben und seine Rolle buchstäblich in Schwingung zu versetzen?

Eine denkbare Antwort: Die gegenläufige Möglichkeit einer ‚Biologisierung der Technik‘, welche die so wirkmächtige hylemorphe Trennung hinter sich ließe, setzt auf die (Eigen-)Aktivität des Materials – als neuen, doppelten Ausgangspunkt eines alternierenden Ansatzes des Lebensdenkens sowie des zoëpolitischen ‚Machens‘ mit dem Leben. Dieser gestalterische Ansatz unterminiert die Biokybernetisierung des Materials in konsequenter Weise. Im Fall des vorherrschenden Lebensbegriffs der Molekularbiologie wäre das die Konzentration auf die Desoxyribonukleinsäure im Dispositiv der digital-äquivalenten Codierung. Die DNA erscheint dann nicht mehr als digitalisiertes Substrat seiner selbst, sondern als analoges Material innerhalb eines größeren Wirkungszusammenhangs mit weiteren Materialien, Kräften und Prozessen – als Gegenstand eines viel weniger reduktionistischen Lebensbegriffs. Diese etwaige Aktivierung des Materials ermöglicht zudem einen anderen Gestaltungsansatz. In ihm liegt die Möglichkeit eines neuen Verständnisses von Synthese, ja eines anderen Begriffs von Biotechnologie, in der die Formen des Lebenden emergieren: Denn dabei „handelt es sich nicht mehr um Implementierung des Symbolischen ins Material, sondern das Material selbst wird in seiner symbolischen Struktur aktiv auf der Basis analoger Algorithmen“⁸.

Auf die Frage nach dem Anthropozän gewendet: Die ‚Aktivierung des Materials‘ ermöglicht eine postdigitale Vision einer bioinspirierten Technizität und eines nicht-hylemorphen Ansatzes des ‚Machens‘. Dies eröffnet wiederum ein Denk- und Experi-

8 Schäffner: „Active Matter“, S. 8.

mentalfeld jenseits des implementierungswütigen Ökomodernismus (S. 194). Dieser zielt bekanntlich darauf die planetarische ‚Natur‘ – im Maßstab ‚zwischen Atom und Atmosphäre‘ – in ihren durchaus turbulenten Eigendynamiken stillzustellen, um sie nach menschlichen Entwürfen umzuprägen. Eine solche Umwendung wäre dann auch die Rückkehr an den initialen Moment der ‚molekularen Revolution‘ kurz vor ihrer epistemischen Schließung in den 1950er Jahren. Erwin Schrödinger selbst hatte dort zu bedenken gegeben, das der Begriff des genetischen Codes nicht allzu buchstäblich ausgelegt werden darf, denn „[d]er Begriff ‚Code‘ ist selbstverständlich zu eng“⁹. – Die Möglichkeit eines anderen, *aktiven Materialbegriffs* innerhalb der synthetischen Biologie hätte dann auf der Ebene des Designs eine durchaus ‚weltmachende‘ Bedeutung.

(3) Die Frage nach einem anderen Modus des ‚Machens‘ respektive des ‚Lebenmachens‘ korrespondiert wiederum mit der Frage nach einem *anderen* Erzählen¹⁰ in Zeiten der ökologischen Katastrophe(n), welches genau diese gleichsam als ihre dringlichste Herausforderung begreift. Das dritte Moment zur Möglichkeit anderer Synthesen liegt in den Versuchen einer Renarrativierung der synthetischen Biologie. Diese Möglichkeit wurde im *Speculative Design* angedeutet, aber noch deutlicher von Donna Haraway im Medium der kollaborativen, spekulativen Fabulation artikuliert. Im Anthropozän brauche es dezidiert neue Geschichten, die von möglichen, ‚lebbar‘ planetarischen Zukünften erzählen und gleichsam den Begriff der Eigenverantwortung stark machen („learning how to be responsible in times of trouble“¹¹). Im Falle Haraways sind dies jedoch Erzählungen, die gerade nicht das Versprechen eines *Technoscientific Fix* der ökologischen Katastrophe(n) wiederholen. (Bio-)Technologie tritt darin keinesfalls als messianische auf.

Wie bereits erwähnt, Haraway hat sich in ihrem frühen *Œuvre* intensiv mit spezifischen Figurationen des biologischen und biotechnischen Wissens beschäftigt. Neben der Cyborg (aus dem Frühwerk) und Haraways Hündin (als Protagonistin in einem Nachdenken über das Verhältnis zwischen den Arten) hat *Camille* – unter der Prämisse ‚We need new stories!‘ – unlängst die Bühne des Wissens betreten. Für Haraway ist es an der Zeit, neue Geschichten als mögliche Auswege aus der anthropozänen Gegenwart zu finden; eine „Zeit, die Tod für Individuen und für ganze Arten im Überfluss bereithält, können schon fünf menschliche Generationen als unmöglich lang erscheinen, wenn es darum geht, sich das Gedeihen mit und für eine erneuerte Multispezies-Welt vorzustellen“¹². *Camille* ist dementsprechend die Protagonistin eines (post-)anthropozänen Epos, das in naher Zukunft beginnt und sich über die besagten fünf menschlichen Generationen hinweg entfaltet. Haraways andere Erzählungen sind also Geschichten für ein terrestrisches *Survival*, die sich gleichsam mit der ‚Unruhe‘ respektive ‚Trouble‘ eines

⁹ Schrödinger: *Was ist Leben?*, S. 41.

¹⁰ Vgl. Löffler: „Gaias Fortune“, S. 118 f.; Schneider, Birgit: *Der Anfang einer neuen Welt. Wie wir uns den Klimawandel erzählen, ohne zu verstummen*, Berlin: Matthes & Seitz 2023, S. 237–258.

¹¹ Kirksey: *The Mutant Project*, S. 249.

¹² Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 187.

möglichen Aussterbens affizieren, um eine aktive, verkörperte, situierte und beharrliche Verantwortung zu übernehmen.¹³ Camille ist demgemäß weder eine gängige Figur einer techno-heroischen Science-Fiction, noch eine Figuration der (öko-)modernen Überwindung und Beherrschung der ‚Natur‘, sondern eine Figuration der willentlichen Verantwortung für das Überleben möglichst vieler menschlicher und nicht menschlicher Lebewesen. Das Genre der *Camille Stories* ist dementsprechend die „symfiction“¹⁴, die hier am Ende meiner Arbeit in wenigen Sätzen erzählt sein will.

Camille ist die Hauptfigur eines Epos, das am Ende des 21. Jahrhundert auf einer ruinierten Erde mit über elf Milliarden Menschen einsetzt und fünf aufeinanderfolgende Lebensläufe von Camille umfasst. Entsprechend jener Denkfigur – einer durch die synthetische Biologie ermöglichten Symbiose – ist Camille ein Mensch, der auch Teile des Genoms der bedrohten Schmetterlingsart der Monarchfalter aufgenommen hat. „Die menschlich-tierlichen Symbionten halten die Weitergabe von sterblichem Leben am Laufen. Sie beerben und erfinden Praktiken der Rückgewinnung, des Überlebens und des Wachstums.“¹⁵ – Am Ende des Epos steht die Trauer, denn Camille gelingt es nicht, trotz aller Mühen, die Linie der Monarchfalter am Leben zu erhalten. Vor diesem Hintergrund ist Camille nicht den ökomodernistischen Forschungsfeldern der zeitgenössischen synthetischen Biologie zuzurechnen: „Rather than genetically modify endangered animals, changing them to live on a human-dominated planet, Haraway would like to see people embrace more experimental risks.“¹⁶

Die epische Erzählung ist also kein planetarisch-eschatologisches Erlösungsdrama, in dem der *Anthropos* als „eine einheitliche Handlungsmacht oder universales Gattungssubjekt“¹⁷ auftritt. Es handelt sich vielmehr um eine lokale, geerdete Geschichte, die sich zuerst in Kalifornien und später in Mexiko abspielt. Dort haben sich kleine Kollektive mit dem programmatisch-ironischen Namen *Children of Compost* zusammengefunden: „Die meisten jener Kompostistengemeinschaften, die mit Camilles Ansammlung eng verbunden waren, lebten an Orten, die durch den Abbau fossiler Brennstoffe oder durch den Abbau von Gold, Uranium oder anderer Metalle verwüstet waren.“¹⁸ Bei der Rückgewinnung, Reinigung und Heilung verwüsteter Areale und zerstörter Lebensräume handelt es sich nicht um ein generelles Rousseau'sches *Zurück zur Natur*, sondern um eine selbstorganisierte, zoöpolitische Sorge im lokalen Maßstab („taking care“¹⁹).

13 Zum Begriff der ‚response-ability‘: vgl. Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 143.

14 Ebd., S. 189; Siehe auch: Margulis, Lynn: *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*, New York: Basic Books 1998.

15 Ebd., S. 194.

16 Kirksey: *The Mutant Project*, S. 249.

17 Löffler: „Gaias Fortune“, S. 114.

18 Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 195.

19 Haraway, Donna und Drew Endy: „Tools for Multispecies Futures“, *Journal of Design and Science* (03.10.2019), <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-haraway-endy> (zugegriffen am 03.03.2023).

In den Praktiken der ökologischen Sorge ist der Begriff des Lebens wiederum von zentraler Bedeutung; dabei wird das Biotechnologische und Technowissenschaftliche nicht etwa abgelehnt, sondern auf existenzielle Weise in die Lebensvollzüge der Gemeinschaft inkludiert. Kurzum: Camilles Eltern lassen sich aus heutiger Perspektive durchaus als *Biohacker:innen* bezeichnen (S. 52), die mit der Idee der Blutverwandtschaft und der zweigeschlechtlichen Elternschaft gebrochen haben, und sich damit gegen das moderne Paradigma einer Biopolitik der Bevölkerung wenden. Jene neue, transgenerationelle Symbiose von menschlichem Genom und Schmetterlingsgenen, die Haraway implizit beschreibt, betrifft das, was ich am Ende meines fünften Kapitels als Modifikation der (menschlichen) Keimbahn ausgeführt habe. Keimbahnmodifikation erscheint schlichtweg als eine Kerntechnologie in den Praktiken der Kompostisten. Haraway erklärt:

Die Kinder der Kompostisten verstanden geteilte Verwandtschaft als Humus, nicht als human oder nichthuman. Die Erziehung jedes neuen Kindes besteht im Kern darin, die Symbiose mit seinem Tiersymbionten so zu leben, dass dieser unterstützt wird; und nicht nur der direkte Symbiont, sondern all die anderen Wesen, die er braucht, um fünf menschliche Generationen zu überdauern.²⁰

Camille selbst kann dementsprechend „ihren Körper weiter modifizieren; aus Gründen des Genusses, der Ästhetik oder der Arbeit, allerdings nur, wenn die Modifikationen dem Wohlbefinden beider Symbionten im Humus der Sympoiesis dienen“²¹. Terrestrisches (Über-)Leben wiederum kann nur zusammen im Modus einer strategisch-symbiotischen Existenzweise gelingen. Diese soll Universalismus, Okzidentalismus und Exzeptionalismus des *Anthropos* im Anthropozän unterminieren und dort nach den spezifischen Bedürfnissen prekärer, vom Aussterben bedrohter Spezies fragen. Diese ‚symfiktionale‘ Erzählung stiftet dementsprechend einen Rahmen für das nicht utilitaristische „Zusammentreffen der Irdischen [...] [a]uf und unter der Erde“²². – Auch wenn die Absage an eine biologische Elternschaft und der ‚Gebrauch‘ der Keimbahnmodifikation in ethischer Hinsicht mindestens als diskutabel erscheint, so weist Haraways Erzählung auf eine weitere Denkbewegung im Feld der gegenwärtigen Politik des Lebens, mit der ich die vorliegende Untersuchung beschließen möchte.

Die Geschichte und *Genealogie der Zoëpolitik*, die ich in diesem Buch entfaltet habe, hat ihren ‚Entstehungsherd‘ um 1800. Hier vollzog sich die von Foucault diagnostizierte fundamentale Umbestimmung des alten Lebens-Politik-Diskurses, der noch auf Aristoteles zurückging. Der ‚biopolitische Mensch‘ erscheint jenseits der Modernitätsschwelle nunmehr als ein Tier, dessen Überleben als Gattung auf dem Spiel steht. Hier rückt das menschliche Leben zum ersten Mal als rein biologisches, als *Zoë* in den Mittelpunkt

²⁰ Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 194.

²¹ Ebd., S. 195.

²² Ebd., S. 189.

der politischen Kalküle. Dort verdrängt es *Bios*, und damit die antike Frage nach dem guten Leben und Künsten seiner Erlangung. – Im Abgleich damit lässt Haraways *neue* Anthropozän Erzählung über Camillie eine weitere, tiefgreifende Transformation des Verhältnisses von *Zoë* und *Bios* erahnen: Gegenwärtig taucht eine neue Schwelle, eine gewaltige Gegenwartsherausforderung im Feld des Sicht- und Sagbaren auf. Es ist der Moment, in dem *Bios* zurückkehrt in das Herz einer – nunmehr planetarisch gewordenen – Politik des (bedrohten) Lebens. Angesichts dieser Schwellensituation gilt es, die Frage nach den Möglichkeitsbedingungen eines guten Lebens und eines gemeinsamen Überlebens hinsichtlich der *Eschatologie des Anthropozäns* zu diskutieren. Zentraler Inhalt dieser Diskussion sollten die folgenden Worte Camilles sein. Am Ende von Haraways Erzählung ist Camille in der fünften Generation ihres symbiopoetischen Lebens angekommen, wo sie ihre nunmehr vierhundertjährige Bio-Zoë-Grafie Revue passieren lässt: „Leben-mit war die einzige Art und Weise, gut zu leben“²³. – Diese Worte könnten zur Chiffre einer *anderen*, weniger prometheischen, weniger transhumanistischen Zoë-politik werden. Ob und welchen bescheidenen Anteil die synthetische Biologie und die weiteren Disziplinen vom Design des Lebenden dabei haben können (und wollen), wird sich bereits in den kommenden Jahren entscheiden. Als Frage in Richtung der ingenieurtechnischen Biologie gewendet: „How do you imagine the synthetic biologist can contribute to that?“²⁴

23 Haraway: *Unruhig bleiben*, S. 222.

24 Haraway/Endy: „Tools for Multispecies Futures“.

Danksagung

„Leben machen“ wäre nicht möglich gewesen ohne die Unterstützung und das Vertrauen von Wolfgang Schäffner, Petra Löffler, Hannelore Bublitz, Claudia Mareis und Léa Perraudin

Zahlreiche Gespräche, Gesten, Kritiken und Anregungen haben Eingang in dieses Buch gefunden. Sehr freundlich danken möchte ich dafür: Jamie Allen, Stefan Andriopoulos, Ulrike Auga, Olaf Avenati, Bernadette Bensaude-Vincent, Erich Berger, Samuel Bianchini, Gernot Böhme, Horst Bredekamp, Oliver Brock, Holger Brohm, Matthias Bruhn, Ulrike Brunotte, David Chidester, Iris Därmann, Anna Echterhölter, Jakob Eichler, Tobias Eichinger, Lukas Engelmann, Andreas Folkers, Noël El Fontroussi, Peter Fratzl, Kathrin Friedrich, Réka Gál, Andreas Gehrlach, Kerstin Germer, Sophia Gräfe, Gabriele Gramelsberger, Patrick Grube, Anke Gruendel, Wolfgang Hagen, Ursula Heise, Stefan Helmreich, Regine Hengge, Erich Hörl, Hideo Iwasaki, Timo Kaerlein, Nicole C. Karayyllis, Christian Kassung, Eben Kirksey, Eileen Klingner, Karin Krauthausen, Axel Kufus, Rebekka Ladewig, Britta Lange, Grit Lange, Antonio Lucci, Thomas Macho, Ramia Mazé, Christoph Neubert, Elisabeth Obermeier, Matías Pallás, Jussi Parikka, John Durham Peters, Claus Pias, Mónica Pujol, Emanuele Quinz, Jürgen Rabe, Christian Rauch, Ingeborg Reichle, Iva Rešetar, Patricia Ribault, Stefan Rieger, Sophia Roosth, Philipp Sarasin, Gabriele Schabacher, Jannik Schäfer, Angelika Seppi, Bernhard Siegert, Florian Sprenger, Philipp Staab, Bernard Stiegler, Marco Tamborini, Eugene Thacker, Viktoria Tkaczyk, Georg Toepfer, Samo Tomšič, Georg Tremmel, Aylin Yildirim Tschoepe, Christina Vagt, Sebastian Vehlken, Joseph Vogl, Brigitte Weingart, Kristin Werner, Clemens Winkler und Andreas Wolfsteiner.

Herzwarmer Dank gilt meiner Familie: Emilia Tikka, Ursula und Bernhard Müller, Michael und Alexandra Müller sowie Leena und Heikki Tikka. Sehr großer Dank gebührt Werner Lütkefend, Gregor Dietrich und Nils Cooper.

Literaturverzeichnis

- Adam, Barbara und Chris Groves: *Future Matters. Action, Knowledge, Ethics*, Boston, MA: Brill 2007.
- Agamben, Giorgio: *Homo sacer. Die souveräne Macht und das nackte Leben*, übers. von Hubert Thüring, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1995.
- Anders, Günther: *Die Antiquiertheit des Menschen*, Band I, Über die Seele im Zeitalter der zweiten industriellen Revolution, München: C. H. Beck 1961.
- Andrianantoandro, Ernesto u. a.: „Synthetic Biology: New Engineering Rules for An Emerging Discipline“, *Molecular Systems Biology*, Nr. 2 (16.05.2006). <https://www.embopress.org/doi/full/10.1038/msb4100073>.
- Bachelard, Gaston: *Der neue wissenschaftliche Geist*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1988.
- Bacon, Francis: *Neu-Atlantis*, Berlin: Akademie-Verlag 1986.
- Bada, Jeffrey L. und Antonio Lazcano: „Prebiotic Soup. Revisiting the Miller Experiment“, *Science* 300/5620 (02.05.2003), S. 745–746.
- Baudrillard, Jean: *Der symbolische Tausch und der Tod*, Berlin: Matthes & Seitz 1991.
- Bedau, Mark und Carol Cleland: „Introduction to the Ethics of Protocells“, in: Bedau, Mark und Carol Cleland (Hrsg.): *The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*, Cambridge: Cambridge University Press 2010.
- Belt, Henk van den: „Playing God in Frankenstein’s Footsteps: Synthetic Biology and the Meaning of Life“, *NanoEthics* 3/3 (12.2009), S. 257–268.
- Benner, Steven A. und A. Michael Sismour: „Synthetic Biology“, *Nature Reviews Genetics* 6/7 (07.2005), S. 533–543.
- Bensaude-Vincent, Bernadette u. a.: „Matters of Interest. The Objects of Research in Science and Technology“, *Journal for General Philosophy of Science* 42/2 (11.2011), S. 365–383.
- Bense, Max: „Kybernetik oder Die Metatechnik einer Maschine“, in: *Ausgewählte Schriften*, Bd. 2, Stuttgart: Metzler 1998.
- Bernard, Andreas: *Kinder machen. Neue Reproduktionstechnologien und die Ordnung der Familie: Samenspende, Leihmütter, Künstliche Befruchtung*, Frankfurt am Main: Fischer 2014.
- Blumenbach, Johann Friedrich: „Über den Bildungstrieb (Nisus formativus) und seinen Einfluß auf die Generation und Reproduction“, in: Lichtenberg, Georg Christoph und Georg Forster (Hrsg.): *Göttisches Magazin der Wissenschaften und Litteratur* 1/5, Göttingen 1780.
- : *Über den Bildungstrieb*, Göttingen: Dietrich 1789.
- Bohr, Niels: „Light and Life“, *Nature* 131/3309 (04.1933), S. 457–459.
- Borck, Cornelius, Volker Hess und Henning Schmidgen (Hrsg.): *Maß und Eigensinn: Studien im Anschluß an Georges Canguilhem*, München: Wilhelm Fink 2005.
- Bölker, Michael: „Revolution der Biologie? Ein Überblick über die Voraussetzungen, Ansätze und Ziele der Synthetischen Biologie“, in: Dabrock, Peter u. a. (Hrsg.): *Was ist Leben – Im Zeitalter seiner technischen Machbarkeit? Beiträge zur Ethik der Synthetischen Biologie*, Freiburg: Karl Alber 2011.
- Braidotti, Rosi: *Posthumanismus. Leben jenseits des Menschen*, übers. von Thomas Laugstien, Frankfurt am Main: Campus 2014.
- Bredenkamp, Horst: „Kulturtechniken zwischen Mutter und Stiefmutter Natur“, in: Krämer, Sybille und Horst Bredenkamp (Hrsg.): *Bild – Schrift – Zahl*, München: De Gruyter 2003, S. 117–142.
- : *Michelangelo*, Berlin: Wagenbach 2021.
- Brockman, John: *Third Culture. Beyond the Scientific Revolution*, London: Simon & Schuster 1996.
- : (Hrsg.): *The New Humanists. Science at the Edge*, New York: Barnes & Noble 2003.
- Bron, Nik, Brian Rappert und Andrew Webster: *Contested Futures. A Sociology of Prospective Techno-Science*, London: Routledge 2020.
- Browning, Heather: „Won’t Somebody Please Think of the Mammoths? De-Extinction and Animal Welfare“, *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 31/6 (12.2018), S. 785–803.

- Bublitz, Hannelore: *Diskurs*, Bielefeld: Transcript 2003.
- : „Täuschend natürlich. Zur Dynamik gesellschaftlicher Automatismen, ihrer Ereignishaftigkeit und strukturbildenden Kraft“, in: Bublitz, Hannelore u. a. (Hrsg.): *Automatismen*, Paderborn: Fink 2013.
- : *Das Archiv des Körpers. Konstruktionsapparate, Materialitäten und Phantasmen, Sozialtheorie*, Bielefeld: Transcript 2018.
- Budisa, Nediljko: „Chemisch-synthetische Biologie“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012.
- Butler, Judith: *Psyche der Macht, Das Subjekt der Unterwerfung*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2002.
- Bütschli, Otto: *Mechanismus und Vitalismus*, Leipzig: W. Engelmann, 1901.
- Campos, Luis: „That Was the Synthetic Biology That Was“, in: Schmidt, Markus u. a. (Hrsg.): *Synthetic Biology. The Technoscience and Its Societal Consequences*, Dordrecht: Springer 2009.
- Canguilhem, Georges: *La connaissance de la vie*, Paris: Librairie Hachette 1952.
- : *Die Erkenntnis des Lebens*, Berlin: August Verlag 2009.
- : *Regulation und Leben*, Berlin: August Verlag 2017.
- Canton, Barry, Anna Labno und Drew Endy: „Refinement and Standardization of Synthetic Biological Parts and Devices“, *Nature Biotechnology* 26/7 (07.2008), S. 787–793.
- Catts, Oron und Ionat Zurr: „Countering the Engineering Mindset. The Conflict of Art and Synthetic Biology“, in: Ginsberg, Alexandra Daisy u. a. (Hrsg.): *Synthetic Aesthetics. Investigating Synthetic Biology's Designs on Nature*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2017, S. 39–71.
- : „Life as a Raw Material. Illusions of Control“, *Somatechnics* 2/2 (09.2012), S. 250–262.
- Chadarevian, Soraya de: *Designs for Life. Molecular Biology after World War II*, Cambridge, UK: Cambridge University Press 2002.
- Christian, Stöcker: „Maschinen, die lebendige Wesen erschaffen“, *Spiegel Online*, 11.10.2020, <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/crispr-cas9-die-biotech-revolution-faengt-gerade-erst-an-kolumne-a-a8d175a9-a55b-4e2c-b670-db498d33e973>.
- Church, George M. und Walter Gilbert: „Genomic Sequencing“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 81/7 (01.04.1984), S. 1991–1995.
- Church, George M. und Edward Regis: *Regenesis. How Synthetic Biology Will Reinvent Nature and Ourselves*, New York: Perseus 2012.
- Clinton, Bill: „Human Genome Announcement at the White House“, Washington, D. C., 26.06.2000, <https://www.youtube.com/watch?v=sIRyGLmt3qc>.
- Cohen, Jon: „The Untold Story Of The ‘Circle Of Trust’ Behind The World’s First Gene-Edited Babies“, *Science* (01.08.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/untold-story-circle-trust-behind-world-s-first-gene-edited-babies>.
- : „To Feed its 1.4 billion, China Bets Big on Genome Editing of Crops“, *Science* (29.07.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/07/feed-its-14-billion-china-bets-big-genome-editing-crops>.
- : „With its CRISPR Revolution, China Becomes a World Leader in Genome Editing“, *Science* (02.08.2019), <https://www.sciencemag.org/news/2019/08/its-crispr-revolution-china-becomes-world-leader-genome-editing>.
- Collins, Francis S.: *The Language of God. A Scientist Presents Evidence for Belief*, New York: Free Press 2006.
- Cooper, Melinda: *Life as Surplus. Biotechnology and Capitalism in the Neoliberal Era*, Seattle: University of Washington Press 2008.
- : „Leben jenseits der Grenzen. Die Erfindung der Bioökonomie“, in: Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik: Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 468–524.
- Crick, Francis: „On Protein Synthesis“, *Symposia of the Society for Experimental Biology* 12 (1958), S. 138–163.
- Crutzen, Paul J.: „Geology of Mankind“, *Nature* 415/6867 (01.2002), S. 23–23.
- Crutzen, Paul J. und Christian Schwägerl: „Living in the Anthropocene: Toward a New Global Ethos“, Yale School of the Environment 24.01.2011, https://e360.yale.edu/features/living_in_the_anthropocene_toward_a_new_global_ethos.

- Cuntz, Michael: „Keine Synthese, kein Bauplan. Leben und (bio)technische Objekte“, in: Gramelsberger, Gabriele, Peter Bexte und Werner Kogge (Hrsg.): *Synthesis. zur Konjunktur eines philosophischen Begriffs in Wissenschaft und Technik*, Bielefeld: Transcript 2014, S. 147–169.
- Cyranoski, David: „CRISPR Gene-Editing Tested In A Person For The First Time“, *Nature* 539/7630 (11.2016), S. 479–479.
- Daston, Lorraine und Peter Galison: *Objektivität*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2017.
- Dath, Dietmar: *Die Abschaffung der Arten*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2010.
- Deleuze, Gilles: *Foucault*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1987.
- : *Unterhandlungen. 1972–1990*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1993.
- Der Tagesspiegel: „Peter Sloterdijk im Interview: ‚Ich glaube nicht an den Gott, der Hasenscharten schuf‘“, 07.03.2001, <https://www.tagesspiegel.de/politik/peter-sloterdijk-im-interview-ich-glaube-nicht-an-den-gott-der-hasenscharten-schuf/209014.html>.
- Deuber-Mankowsky, Astrid: „Diffraktion statt Reflexion. Zu Donna Haraways Konzept des situierten Wissens“, *Zeitschrift für Medienwissenschaften* 4, (2011), S. 83–91.
- Doudna, Jennifer A. und Samuel H. Sternberg: *A Crack in Creation. The New Power to Control Evolution*, London: Bodley Head 2017.
- Doudna, Jennifer A.: „Genome-Editing Revolution: My Whirlwind Year with CRISPR“, *Nature* 528/7583 (12.2015), S. 469–471
- Drexler, Eric: *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*, Oxford: Oxford University Press 1990.
- Dülmen, Richard van (Hrsg.): *Erfindung des Menschen. Schöpfungsträume und Körperbilder 1500–2000*, Wien: Böhlau 1998.
- Dziedziol, Alicja J. und Stephen Mann: „Designs for Life: protocell models in the laboratory“, *Chemical Society Reviews* 41/1 (2012), S. 79–85.
- Endy, Drew: „Foundations for Engineering Biology“, *Nature* 438/7067 (11.2005), S. 449–453.
- Engineering Biology Research Consortium, <https://ebrc.org/synberc/>.
- Erdur, Onur: *Die epistemologischen Jahre. Philosophie und Biologie in Frankreich, 1960–1980*, Zürich: Chronos 2018.
- Esposito, Roberto: *Immunitas: Schutz und Negation des Lebens*, Berlin: Diaphanes 2004.
- : *Bíos. Biopolitics and Philosophy*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2008.
- European Commission und Directorate General for Research: *Synthetic Biology: Applying Engineering to Biology: Report of a NEST High-Level Expert Group*, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities 2005.
- Fangerau, Heiner: „Zur Geschichte der Synthetischen Biologie“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012, S. 61–84.
- Feynman, Richard: „There’s Plenty of Room at the Bottom. An Invitation to Enter a New Field of Physics“, *Caltech Engineering and Science* Band 23/5 (1960), S. 22–36.
- Fischer, Emil: „Die Kaiser-Wilhelm-Institute und der Zusammenhang von organischer Chemie und Biologie“. In: *Gesammelte Werke: Untersuchungen aus verschiedenen Gebieten: Vorträge und Abhandlungen allgemeinen Inhalts*, in: ebd. (Hrsg.) Berlin: J. Springer 1915.
- Folkers, Andreas: „Was ist das Anthropozän und was wird es gewesen sein? Ein kritischer Überblick über neue Literatur zum kontemporären Erdzeitalter“, *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 28/4 (12.2020), S. 589–604.
- Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik. Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014.
- Forster, Anthony C. und George M. Church: „Synthetic Biology Projects in vitro“, *Genome Research* 17/1 (06.12.2006), S. 1–6.
- Foucault, Michel: *Der Wille zum Wissen. Sexualität und Wahrheit 1*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1983.
- : *Die Ordnung der Dinge. Eine Archäologie der Humanwissenschaften*, Suhrkamp, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1994.

- : *Überwachen und Strafen. Die Geburt des Gefängnisses*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1991.
- : *Botschaften der Macht*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 1999.
- : *In Verteidigung der Gesellschaft*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2001.
- : „Linguistik und Sozialwissenschaften“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 1: 1954–1969, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 1042–1068.
- : „Nietzsche, die Genealogie, die Historie“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 2: 1970–1975, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 166–191.
- : „Wachsen und vermehren“, in: *Schriften in vier Bänden. Dits et Ecrits*, Bd. 2: 1970–1975, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2003, S. 123–128.
- : *Die Geburt der Biopolitik. Geschichte der Gouvernamentalität II*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2004.
- : *Sicherheit, Territorium, Bevölkerung. Geschichte der Gouvernamentalität I*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2006.
- Frank, Daniel: *Der Topos der Information in den Lebenswissenschaften. Eine Studie am Beispiel der Biosemiotik und der Synthetischen Biologie*, Wiesbaden: Springer 2019.
- Franklin, Sarah und Celia Roberts: *Born and Made. An Ethnography of Preimplantation Genetic Diagnosis*, Princeton: Princeton University Press 2006.
- Freud, Sigmund: „18. Vorlesung: Die Fixierung an das Trauma, das Unbewusste“, in: ders.: *Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse*, Wien: H. Heller 1917.
- Friedrich, Kathrin und Gabriele Gramelsberger: „Techniken der Überschreitung. Fertigungsmechanismen ‚verlässlich lebensfähiger‘ biologischer Entitäten“, *Zeitschrift für Medienwissenschaften* 4 (2011), S. 15–21.
- Fuller, Richard Buckminster: *Bedienungsanleitung für das Raumschiff Erde und andere Schriften*, Hamburg: Philo Fine Arts 2010.
- Gál, Réka Patrícia und Petra Löffler (Hrsg.): *Earth and Beyond in Tumultuous Times. A Critical Atlas of the Anthropocene*, Lüneburg: Meson Press 2021.
- Gehring, Petra: „Bio-Politik/Bio-Macht“, in: Kammler, Clemens u. a. (Hrsg.): *Foucault-Handbuch*, Stuttgart: J. B. Metzler 2014, S. 230–232.
- : *Was ist Biomacht? Vom zweifelhaften Mehrwert des Lebens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2006.
- Gerhardt, Volker: „Biopolitik unter Generalverdacht“, *Die Welt*, 05.04.2002, <https://www.welt.de/print-welt/article382443/Biopolitik-unter-Generalverdacht.html>.
- Gibson, Daniel G. u. a.: „Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome“, *Science* 329/5987 (02.07.2010), S. 52–56.
- Ginsberg, Alexandra Daisy: „Designing for the Sixth Extinction“, <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction>.
- : „Resurrecting the Sublime“, 2019, <https://www.daisyginsberg.com/work/resurrecting-the-sublime>.
- Grote, Mathias: *Membranes to Molecular Machines. Active Matter and the Remaking of Life*, Chicago: University of Chicago Press 2019.
- Grove, Kevin: *Resilience*, London: Routledge 2018
- Habermas, Jürgen: *Die Zukunft der menschlichen Natur. Auf dem Weg zu einer liberalen Eugenik?*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2005.
- Haraway, Donna und Drew Endy: „Tools for Multispecies Futures“, *Journal of Design and Science* (03.10.2019), <https://jods.mitpress.mit.edu/pub/issue4-haraway-endy>.
- Haraway, Donna J.: *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt am Main: Campus 1995.
- : *Modest.Witness@Second.Millennium.FemaleMan.Meets.OncoMouse. Feminism and Technoscience*, New York: Routledge 1997.
- : *Unruhig bleiben. Die Verwandtschaft der Arten im Chthuluzän*, übers. von Karin Harrasser, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2018.

- Hegel, Georg Wilhelm Friedrich: *Vorlesungen über Naturrecht und Staatswissenschaft* (1817/18), Hamburg: Meiner 1983
- : *Vorlesungen über die Ästhetik II*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2016.
- Helmreich, Stefan: „What Was Life? Answers from Three Limit Biologies“, *Critical Inquiry* 37/4 (06.2011), S. 671–696.
- Hermann, Hans-Christian von: „Synthetische Natur“, in: Kiessling, Sonja und Heike Catherina Mertens (Hrsg.): *Evolution in Menschenhand: Synthetische Biologie aus Labor und Atelier*, Freiburg: Herder 2016, S. 69–76.
- Hesiod: *Theogonie*, München: Carl Hanser Verlag 2014.
- Hörl, Erich: „Das kybernetische Bild des Denkens“, in: Hagner, Michael und Erich Hörl (Hrsg.): *Die Transformation des Humanen: Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik*, Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, S. 163–195.
- : „Technisches Leben“: Simondons Denken des Lebendigen und die allgemeine Ökologie“, in: Muhle, Maria und Christiane Voss (Hrsg.): *Black Box Leben*, Berlin: August Verlag 2017, S. 239–266.
- Horn, Eva und Hannes Bergthaller: *Anthropozän zur Einführung*, Hamburg: Junius 2020.
- Horn, Eva: *Die Zukunft als Katastrophe*, Berlin: Fischer 2014.
- : „Akkumulation der Gegenwart“, in: Edlinger, Thomas (Hrsg.): *Endlose Gegenwart*, Wien: Donaufestival 2018.
- : „Apokalypse: Bilderrausch und Leere der letzten Welt“, in: Ellers, Iris und Andrea Kambartel (Hrsg.): *Der Fall der Sterne*, Mettingen: Draiflessen Collection 2018.
- Houellebecq, Michel: *Elementarteilchen*, Köln: DuMont 1999.
- Human Cell Atlas: <https://www.humancellatlas.org/>.
- Huxley, Aldous: *Schöne neue Welt. Ein Roman der Zukunft*, Frankfurt am Main: Fischer 2013.
- Ingold, Tim: „Toward an Ecology of Materials“, *Annual Review of Anthropology* 41/1 (21.10.2012), S. 427–442.
- International Human Genome Sequencing Consortium: „Working Draft“ of Human Genome“, 2000, <https://www.genome.gov/10001457/2000-release-working-draft-of-human-genome-sequence>.
- Ishii, Hiroshi u. a.: „Radical Atoms. Beyond Tangible Bits, Toward Transformable Materials“, *Interactions* 19/1 (01.2012), S. 38–51.
- Jacob, François: *Die Logik des Lebenden. Eine Geschichte der Vererbung*, Frankfurt am Main: Fischer 2002.
- Jinek, Martin u. a.: „A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity“, *Science* 337/6096 (17.08.2012), S. 816–821.
- Kantorowicz, Ernst: *Die zwei Körper des Königs. Eine Studie zur politischen Theologie des Mittelalters*, München: Deutscher Taschenbuch-Verlag 1990.
- Karafyllis, Nicole C.: „Bios und Zoe“, in: *Naturphilosophische Grundbegriffe*, ohne Datum, <http://www.naturphilosophie.org/bios-und-zoe/>.
- Kastenhofer, Karen und Astrid Schwarz: „Probing Technoscience“, *Poiesis & Praxis* 8/2–3 (12.2011), S. 61–65.
- Kay, Lily E.: *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?*, Berlin: Suhrkamp 2005.
- : *The Molecular Vision of Life. Caltech, the Rockefeller Foundation, and the Rise of the New Biology*, Oxford: Oxford University Press 1993.
- Keller, Evelyn Fox: „Physics and the Emergence of Molecular Biology. A History of Cognitive and Political Synergy“, *Journal of the History of Biology* 23/3 (1990), S. 389–409.
- : „Master Molecules“, in: Cranor, Carl F. (Hrsg.), *Are Genes Us? The Social Consequences of the New Genetics*, New Brunswick/New Jersey: Rutgers University Press 1994.
- : *Das Leben neu denken. Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert*, München: Kunstmann 1998.
- : *Das Jahrhundert des Gens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2001.
- : „What Does Synthetic Biology Have to Do with Biology?“, *BioSocieties* 4/2–3 (09.2009), S. 291–302.
- Kirksey, Eben: *The Mutant Project. Inside The Global Race To Genetically Modify Humans*, New York: St. Martin's Press 2020.

- Kittler, Friedrich A. (Hrsg.): *Austreibung des Geistes aus den Geisteswissenschaften. Programme des Poststrukturalismus*, Paderborn: Schöningh 1980.
- : „Geschichte der Kommunikationsmedien“, in: Huber, Jörg und Alois Martin Müller (Hrsg.): *Raum und Verfahren*, Basel: Stroemfeld/Roter 1993.
- : „Der Mensch, ein betrunkenere Dorfmusikant“, in: Lachmann, Renate und Stefan Rieger (Hrsg.): *Text und Wissen. Technologische und anthropologische Aspekte*, Tübingen: Gunter Narr 2003.
- : *Baggersee. Frühe Schriften aus dem Nachlass*, Paderborn: Wilhelm Fink 2015.
- Kjellén, Rudolf: *Der Staat als Lebensform*, Leipzig: S. Hirzel 1917.
- Knorr-Cetina, Karin: „Jenseits der Aufklärung. Die Entstehung der Kultur des Lebens“, in: Weiss, Martin G. (Hrsg.): *Bios und Zoë. Die menschliche Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- : „The Rise of a Culture of Life“ *Embo Reports* Nr. 6 (07.2005), S. 76–80.
- Köchy, Kristian: „Was ist Synthetische Biologie?“, in: Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012.
- Köchy, Kristian und Anja Hümpel (Hrsg.): *Synthetische Biologie. Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie?*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012.
- Kozubek, Jim: *Modern Prometheus. Editing the Human Genome with Crispr-Cas9*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press 2018.
- Kupferschmidt, Kai: „Wie Forscher den Bausatz des Lebens neu entwerfen“, *Zeit Online*, 17.02.2011, <https://www.zeit.de/wissen/2011-02/zellprogrammierer-synthetische-biologie/komplettansicht>.
- Kurzweil, Ray: *The Singularity is Near. When Humans Transcend Biology*, New York: Viking 2005.
- Kyrou, Kyros u. a.: „A CRISPR–Cas9 Gene Drive Targeting Doublesex causes Complete Population Suppression in Caged Anopheles Gambiae Mosquitoes“, *Nature Biotechnology* 36/11 (11.2018), S. 1062–1066.
- Lambert, Wilfred G. (Hrsg.): *Babylonian Creation Myths*, Winona Lake, Indiana: Eisenbrauns 2013.
- Landecker, Hannah: *Culturing Life. How Cells became Technologies*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press 2009.
- Langlitz, Nicolas: „Is there an Asian Biopolitics?“, *BioSocieties* 6/4 (12.2011), S. 487–500.
- Latour, Bruno und Steve Woolgar: *Laboratory Life. The Social Construction of Scientific Facts*, Beverly Hills: Sage Publications 1979.
- : „Ein vorsichtiger Prometheus? Einige Schritte hin zu einer Philosophie des Designs“, in: van Tuinen, Sjoerd u. a. (Hrsg.): *Die Vermessung des Ungeheuren. Philosophie nach Peter Sloterdijk*, München: Fink 2009.
- Ledford, Heidi: „CRISPR Babies: When Will The World Be Ready?“, *Nature* 570/7761 (06.2019), S. 293–296.
- Leduc, Stéphane: „La Biologie Synthétique“, in: *Études de Biophysique*, Paris: A. Pionat 1912.
- Lemke, Thomas: *Biopolitics. An Advanced Introduction*, New York: New York University Press 2011.
- : *Biopolitik zur Einführung*, Hamburg: Junius 2011.
- : *Die Natur in der Soziologie. Gesellschaftliche Voraussetzungen und Folgen biotechnologischen Wissens*, Frankfurt am Main: Campus Verlag 2013.
- : „Eine Analytik der Biopolitik. Überlegungen zu Geschichte und Gegenwart eines umstrittenen Begriffs“, *Behemoth. A Journal on Civilisation* 1/1 (01.2008), S. 72–89.
- Litterst, Leona: *Neues Leben aus dem Labor. Biowissenschaftliche und ethische Aspekte der Synthetischen Biologie*, Wiesbaden: Springer 2018.
- Löffler, Petra: *Verteilte Aufmerksamkeit. Eine Mediengeschichte der Zerstreuung*, Berlin: Diaphanes 2014.
- : „Gaias Fortune. Kosmopolitik und Ökologie der Praktiken bei Latour und Stengers“, in: Friedrich, Alexander, Petra Löffler, Niklas Schrape und Florian Sprenger.: *Ökologien der Erde. Zur Wissensgeschichte und Aktualität der Gaia-Hypothese*, Lüneburg: Meson press 2018.
- Lucci, Antonio: „Oikos und Zoë. Biopolitik, Zooökonomie, Askese“, in: Macho, Thomas (Hrsg.), unter Mitarbeit v. Valeska mann: *BONDS. Schuld, Schulden und andere Verbindlichkeiten*, München: Fink 2014.

- Macho, Thomas: „Prometheus. Eine Vor-Erzählung“, in: Leggewie, Claus, Ursula Renner und Peter Risthaus (Hrsg.): *Promethische Kultur. Wo kommen unsere Energien her?* Paderborn: Fink 2013.
- Malabou, Catherine: „Introduction to Biopolitics and Biopower“, 15.12.2012, <https://www.youtube.com/watch?v=vCm3UCIXkgE&t=867s>.
- Mareis, Claudia: *Design als Wissenskultur. Interferenzen zwischen Design- und Wissensdiskursen seit 1960*, Bielefeld: Transcript 2011.
- Marliere, Philippe: „The Farther, the Safer: A Manifesto for Securely Navigating Synthetic Species Away From the Old Living World“, *Systems and Synthetic Biology* 3/1–4 (12.2009), S. 77–84.
- Massel, Karen u. a.: „Hotter, Drier, CRISPR: The Latest Edit on Climate Change“, *Theoretical and Applied Genetics* (08.01.2021).
- Margulis, Lynn: *Symbiotic Planet. A New Look at Evolution*, New York: Basic Books 1998.
- Marx, Karl: *Das Kapital. Buch I: Der Produktionsprozess des Kapitals*, Hamburg 1867.
- Mbembe, Achille: „Nekropolitik“, in: Folkers, Andreas und Thomas Lemke (Hrsg.): *Biopolitik. Ein Reader*, Berlin: Suhrkamp 2014, S. 228–275.
- Meadows, Dennis L.: *Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit*, Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt 2000.
- Miller, Stanley L.: „A Production of Amino Acids Under Possible Primitive Earth Conditions“, *Science*, Band 117 (1953), S. 528–529.
- MIT White Paper on Convergence [Sharpe, Phillip A. u. a.]: *The Third Revolution. The Convergence of the Life Sciences, Physical Sciences, and Engineering*, Washington, D. C. 2011.
- Monod, Jacques: *Zufall und Notwendigkeit. Philosophische Fragen der modernen Biologie*, München: Piper 1983.
- Muhle, Maria: *Eine Genealogie der Biopolitik. Zum Begriff des Lebens bei Foucault und Canguilhem*, Paderborn: Wilhelm Fink 2013.
- Muhle, Maria und Katrin Thiele: „Konstellationen zwischen Politik und Leben“, in: Muhle, Maria und Katrin Thiele (Hrsg.): *Biopolitische Konstellationen*, Berlin: August Verlag 2011.
- Müller, Martin: „Zur Tiefengrammatik des ‚Lebendigen‘: Eine kritische Einführung zu Eugene Thackers Biomedien“, in: Barberi, Alessandro u. a. (Hrsg.): *Medienimpulse*, Wien: New Academic Press/Braumüller 2014, S. 98–106.
- : „Schattenkonten. Ordnungspraktiken des Trennens und der Reduzierung von Komplexität können zu unerwarteten Automatismen der Herausbildung heterogener Strukturen und zu Komplexitätssteigerungen führen“, in: Eke, Norbert Otto u. a. (Hrsg.): *Logiken strukturbildender Prozesse: Automatismen*, Paderborn: Fink 2014, S. 179–183.
- : „First Species Whose Parent Is a Computer – Synthetic Biology as Technoscience, Colonizing Futures, and the Problem of the Digital“, in: Hagen, Kristin, Margret Engelhard und Georg Toepfer (Hrsg.): *Ambivalences of Creating Life. Philosophical Dimensions of Synthetic Biology*, New York: Springer 2016, S. 101–113.
- : „Zoetechniken. Herstellungsverfahren von ‚Bio-Geschichte‘“, *Cogito*, Heft 10 (2017), S. 48–50.
- : „Plantas luminiscentes y máquinas vivas. Hacia una crítica de la biología sintética“, *Isegoría. Revista de Filosofía Moral y Política* 55 (28.12.2016), S. 465–483.
- : „Wir müssen dringend reden“, *Welt am Sonntag*, Nr. 22, 28.05.2017, S. 59.
- : „Zoë als Téchne. Zum Paradox möglicher Menschen in der synthetischen Biologie“, in: Lucci, Antonio und Thomas Skowronek (Hrsg.): *Potential regieren. Zur Genealogie des möglichen Menschen*, Paderborn: Fink 2018, S. 239–252.
- : „Nach dem metabolischen Bruch“, *Texte zur Kunst*, 28/110 (2018), S. 154–159.
- : „Universale Konstrukteure? Vom αὐτόζ des Lebendigen zur Affirmation der synthetischen Biologie als universale Ingenieurwissenschaft“, in: Müller, Martin und Christoph Neubert (Hrsg.): *Standardisierung und Naturalisierung*, Paderborn: Fink 2019.
- : „Neues aus dem Menschenpark“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Nr. 211, 11.09.2019, S. N4.

- : „Nach CRISPR. Zur dritten Proliferation der Biopolitik (1800/1943/2004)“, in: Ladewig, Rebekka und Angelika Seppi (Hrsg.): *Milieu Fragmente. Technologische und ästhetische Perspektiven*, Leipzig: Spector 2020.
- : „The Will to Engineer. Synthetic Biology and the Escalation of Zoöpolitics“, in: Ribault, Patricia (Hrsg.): *Design, Gestaltung, Formativität. Philosophies of Making*, Basel: Birkhäuser, 2022, S. 159–168.
- : „Kein Zurück zur Natur“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, Nr. 27, 01.02.2023, S. N4.
- Müller-Röber, Bernd und Marc-Denis Weitze: „Synthetische Biologie – auf dem Weg zu einer neuen Technologie“, in: Kehrt, Christian, Peter Schüssler und Marc-Denis Weitze (Hrsg.): *Neue Technologien in der Gesellschaft: Akteure, Erwartungen, Kontroversen und Konjunkturen*, Bielefeld: Transcript 2011.
- Müller-Wille, Staffan und Hans-Jörg Rheinberger: *Das Gen im Zeitalter der Postgenomik. Eine wissenschaftshistorische Bestandsaufnahme*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- Mullin, Emily: „Biohacking bis zum Tod“, *Heise Online*, 09.05.2018, <https://www.heise.de/hintergrund/Biohacking-bis-zum-Tod-4044740.html>.
- Nancy, Jean-Luc: *Die Erschaffung der Welt oder die Globalisierung*, Berlin: Diaphanes 2003.
- Nature: „Synthetic Biology. Beyond Divisions“, *Nature* 509/7499 (05.2014), S. 151.
- Nebula Genomics: <https://nebula.org/whole-genome-sequencing-dna-test/>.
- Neyrat, Frédéric: *The Unconstructable Earth. An Ecology of Separation*, New York: Fordham University Press 2019.
- Nirenberg, Marshall Warren und Johannes Heinrich Matthaei: „The Dependence of Cell-Free Protein Synthesis in E. Coli upon Naturally Occurring or Synthetic Polyribonucleotides“, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 47/10 (1961), S. 1588–1602.
- Nordmann, Alfred: „Collapse of Distance. Epistemic Strategies of Science and Technoscience“, *Danish Yearbook of Philosophy* 41/1 (02.08.2006), S. 7–34.
- : „Ein vermessener Prometheus – von der gemachten zur gestalteten Welt“, in: Buurman, Gerhard und Marc Rölli (Hrsg.) *Eigenlogik des Designs*, Zürich: niggli 2016.
- Nordmann, Alfred, Hans Radder und Gregor Schiemann (Hrsg.): *Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break*, Pittsburgh, Pennsylvania: University of Pittsburgh Press 2011.
- O'Malley, Maureen A.: „Making Knowledge in Synthetic Biology: Design Meets Kludge“, *Biological Theory* 4/4 (12.2009), S. 378–389.
- O'Malley, Maureen A. u. a.: „Knowledge-Making Distinctions in Synthetic Biology“, *BioEssays* 30/1 (01.2008), S. 57–65.
- Ovidius Naso, Publius: *Metamorphosen*, Ditzingen: Reclam 2018.
- Pennisi, Elizabeth: „Synthetic Genome Brings New Life to Bacterium“, *Science* 328/5981 (21.05.2010), S. 958–959.
- Petruschat, Jörg: „First There Is Form. Some Critical Remarks About the Belief That Form Follows Function“, in: Ribault, Patricia (Hrsg.): *Design, Gestaltung, Formativität. Philosophies of Making*. Basel: Birkhäuser, 2022, S. 79–88.
- Platon: *Sämtliche Werke*. Band 3, Berlin 1940.
- Policy and Global Affairs und National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine: *Second International Summit on Human Genome Editing. Continuing the Global Discussion*, in: Olson, Steve (Hrsg.), Washington, D. C.: National Academies Press 10.01.2019.
- Povinelli, Elizabeth A.: *Geontologies. A Requiem to Late Liberalism*, Durham: Duke University Press 2016.
- Preston, Christopher J.: „De-Extinction and Taking Control of Earth's ‚Metabolism‘“, *Hastings Center Report* 47 (07.2017), S. 37–42.
- : *The Synthetic Age. Out-Designing Evolution, Resurrecting Species, and Reengineering Our World*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2018.
- Purnick, Priscilla E. M. und Ron Weiss: „The Second Wave of Synthetic Biology: From Modules to Systems“, *Nature Reviews Molecular Cell Biology* 10/6 (06.2009), S. 410–422.
- Rabinow, Paul und Gaymon Bennett: *Designing Human Practices. An Experiment with Synthetic Biology*, Chicago: University of Chicago Press 2012.

- : „Auf dem Weg zum synthetischen Anthropos. Re-Mediatisierende Konzepte“, in: Weiss, Martin G. (Hrsg.): *Bios und Zoë. Die menschliche Natur im Zeitalter ihrer technischen Reproduzierbarkeit*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- Rabinow, Paul: *Making PCR. A Story of Biotechnology*, Chicago: University of Chicago Press 1997.
- Rancière, Jacques: „Biopolitik oder Politik?“, in: Muhle, Maria und Kathrin Thiele (Hrsg.): *Biopolitische Konstellationen*, Berlin: August Verlag 2011.
- Rawis, Rebecca L.: „Synthetic Biology“ Makes Its Debut. Nucleic Acids are One Focus of Approach Based on Nonnatural Molecules Designed to Function in Biological Systems“, *Chemical & Engineering News* 78/17 (2000), S. 49–53.
- Reichle, Ingeborg: *Kunst aus dem Labor. Zum Verhältnis von Kunst und Wissenschaft im Zeitalter der Technoscience*, Wien: Springer 2005.
- : „Bio-Art: Die Kunst für das 21. Jahrhundert“, *Kunstforum International* 258 (2018).
- Reiter, Hans: „Das Reichsgesundheitsamt 1933–1939. Sechs Jahre nationalsozialistische Führung“, in: ebd. (Hrsg.): *Unsere Biopolitik und das Auslandsdeutschum*, Berlin: Julius Springer Verlag 1939.
- Rheinberger, Hans-Jörg: *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2006.
- : „Nachwort“, in: Jacob, François: *Die Logik des Lebenden. Eine Geschichte der Vererbung*, Frankfurt am Main.: Fischer 2002.
- Rheinberger, Hans-Jörg und Horst Bredekamp: „Die neue Dimension des Unheimlichen“, in: Köchy, Kristian und Bernd Müller-Röber (Hrsg.): *Synthetische Biologie: Entwicklung einer neuen Ingenieurbiologie? Themenband der interdisziplinären Arbeitsgruppe Gentechnologiebericht*, Dornburg: Forum Wissenschaftsverlag 2012.
- Pias, Claus (Hrsg.): *Kybernetik – Cybernetics. The Macy-Conferences 1946–1953*, Band 1, Berlin: Diaphanes 2003.
- Roosth, Sophia: *Synthetic. How Life Got Made*, Chicago: The University of Chicago Press 2017.
- Rose, Nikolas: *Politics of Life Itself. Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century*, Princeton: Princeton University Press 2007.
- Ruf, Simon: „Über-Menschen. Elemente einer Genealogie des Cyborgs“, in: Keck, Annette und Nicolas Pethes (Hrsg.): *Mediale Anatomien: Menschenbilder als Medienprojektionen*, Bielefeld: Transcript 2001.
- Sagan, Carl: „The Planet Venus: Recent Observations Shed Light on the Atmosphere, Surface, and Possible Biology of the Nearest Planet“, *Science* 133/3456 (24.03.1961), S. 849–858.
- Sanger, Frederick u. a.: „Nucleotide Sequence of Bacteriophage ϕ X174 DNA“, *Nature* 265/5596 (02.1977), S. 687–695.
- Sarasin, Philipp: *Darwin und Foucault. Genealogie und Geschichte im Zeitalter der Biologie*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 2009.
- : „Mit Foucault die Pandemie verstehen?“, *Geschichte der Gegenwart*, 25.03.2020, <https://geschichtedergegenwart.ch/mit-foucault-die-pandemie-verstehen/>.
- : „Was ist Wissensgeschichte?“, *Internationales Archiv für Sozialgeschichte der deutschen Literatur* 36/1 (2011).
- Schäffner, Wolfgang und Joseph Vogl: „Nachwort“, in: Foucault, Michel und Herculine Barbin: *Über Hermaphroditismus*, (Hrsg.) nach Foucault und Barbin, Suhrkamp: Frankfurt am Main 1998, S. 215–246.
- : „Polizey-Sachen“, in: Hinderer, Walter, Alexander von Bormann und Andrea Breth (Hrsg.): *Friedrich Schiller und der Weg in die Moderne*, Würzburg: Königshausen & Neumann 2006, S. 47–65.
- Schäffner, Wolfgang: *Die Ordnung des Wahns. Zur Poetologie psychiatrischen Wissens bei Alfred Döblin*, München: Fink 1995.
- : „Nicht-Wissen um 1800. Buchführung und Statistik“, in: Vogl, Joseph (Hrsg.): *Poetologien des Wissens um 1800*, München: Fink 1999.

- : „The Design Turn. Eine wissenschaftliche Revolution im Geiste der Gestaltung“, in: Mareis, Claudia, Gesche Joost und Kora Kimpel (Hrsg.): *Entwerfen – Wissen – Produzieren. Designforschung im Anwendungskontext*, Bielefeld: Transcript 2010, S. 33–46.
- : „Bakterium“, in: Kassung, Christian, Jasmin Mersmann und Olaf B. Rader (Hrsg.): *Zoologicon. Ein kulturhistorisches Wörterbuch der Tiere*, München: Wilhelm Fink, 2012.
- : „Active Matter“, in: Lauschke, Marion und Pablo Schneider (Hrsg.): *23 Manifeste zu Bildakt und Verkörperung*, Berlin: De Gruyter 2018.
- : „Materie und Information“, in: Fratzl, Peter u. a. (Hrsg.): *Materialforschung. Impulsgeber Natur. Innovationspotenzial biologisch inspirierter Materialien und Werkstoffe*, München: utzverlag 2019.
- : „The Design Turn 2.0“, in: Ribault, Patricia (Hrsg.): *Design, Gestaltung, Formativität. Philosophies of Making*. Basel: Birkhäuser, 2022, S. 183–193.
- Schirmmacher, Frank: „J. C. Venter et al.“, *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 13.02.2001, S. 49.
- Schlick, Moritz: *Allgemeine Erkenntnislehre*, in: Wendel, Hans Jürgen u. a. (Hrsg.), Wien: Springer 2009.
- Schmidt, Markus: „Xenobiology: A New Form of Life as the Ultimate Biosafety Tool“, *BioEssays* 32/4 (09.03.2010), S. 322–331.
- Schrödinger, Erwin: *Mein Leben, meine Weltansicht. Die Autobiographie und das philosophische Testament*, München: Deutscher Taschenbuch-Verlag 2006.
- : *Was ist Leben? Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet*, München: Piper 1989.
- Schummer, Joachim: *Das Gotteshandwerk. Die künstliche Herstellung von Leben im Labor*, Berlin: Suhrkamp 2011.
- Schneider, Birgit: *Der Anfang einer neuen Welt. Wie wir uns den Klimawandel erzählen, ohne zu verstummen*, Berlin: Matthes & Seitz 2023.
- Science News Staff: „And Science’s 2015 Breakthrough of the Year is ...“, 17.12.2015, <https://www.sciencemag.org/news/2015/12/and-science-s-2015-breakthrough-year>.
- Seibel, Benjamin: *Cybernetic Government. Informationstechnologie und Regierungsrationale von 1943–1970*, Wiesbaden: Springer 2016.
- Shapiro, Beth: „Mammoth 2.0. Will Genome Engineering Resurrect Extinct Species?“, *Genome Biology* 16/1 (12.2015), S. 1–3.
- Shelley, Mary Wollstonecraft: *Frankenstein, or, The modern Prometheus*, London 1818.
- Shreeve, James: *The Genome War*, New York: Ballantine Books 2005.
- Simondon, Gilbert: *Die Existenzweise technischer Objekte*, Zürich: Diaphanes 2012.
- Sinsheimer, Robert L.: „The Santa Cruz Workshop – May 1985“, *Genomics* 5/4 (11.1989), S. 954–956.
- Sismour, A. Michael und Steven A. Benner: „Synthetic Biology“, *Genomics* 5/11 (11.2005), S. 1409–1414.
- Sloterdijk, Peter: *Nicht gerettet. Versuche nach Heidegger*, Frankfurt am Main: Suhrkamp 1999.
- Smith, Cory J. u. a.: „Enabling Large-Scale Genome Editing by Reducing DNA Nicking“, *bioRxiv* (04.04.2019).
- Smolke, Christina D.: „Building Outside of the Box: iGEM and the BioBricks Foundation“, *Nature Biotechnology* 27/12 (12.2009), S. 1099–1102.
- Sprenger, Florian: *Epistemologien des Umgebens. Zur Geschichte, Ökologie und Biopolitik künstlicher environments*, Bielefeld: Transcript 2019.
- : „Maschinen, die Maschinen hervorbringen. Georges Canguilhem und Friedrich Kittler über das Ende des Menschen“, *Jahrbuch für Technikgeschichte* 3 (2016), S. 229–255.
- Staden, Rodger: „A Strategy of DNA Sequencing Employing Computer Programs“, *Nucleic Acids Research* 6/7 (1979), S. 2601–2610.
- Steffen, Will, Paul J. Crutzen und John R. McNeill: „The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature?“, *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 36/8 (12.2007), S. 614–621.
- Stiegler, Bernard: *Technik und Zeit. Der Fehler des Epimetheus*, Zürich: Diaphanes 2009.
- Sunder Rajan, Kaushik: *Biocapital. The Constitution of Postgenomic Life*, Durham: Duke University Press 2006.

- Süssmilch, Johann Peter: *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts aus der Geburt, Tod und Fortpflanzung desselben*, Berlin: Spener 1741.
- Szybalski, Waclaw: „In Vivo and In Vitro Initiation of Transcription“, *Advances in Experimental Medicine and Biology* 44/1 (1974), S. 23–24.
- : „Nobel Prizes and Restriction Enzymes“, *Gene* 4/3 (1978), S. 181–182.
- Thacker, Eugene: *Biomedica*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2004.
- : *The Global Genome. Biotechnology, Politics, and Culture*, Cambridge, Mass.: MIT Press 2006.
- The Guardian: „Synthetic Life Breakthrough Could Be Worth Over a Trillion Dollars“, 20.05.2010, <https://www.theguardian.com/science/2010/may/20/craig-venter-synthetic-life-genome>.
- : „Wiping Out the Daughters. Burkina Faso's Controversial Mosquito Experiment“, 18.11.2019, <https://www.theguardian.com/global-development/2019/nov/18/wiping-out-the-daughters-burkina-fasos-controversial-mosquito-experiment#top>.
- : „Balloon Test Flight Plan Under Fire Over Solar Geoengineering Fears“, <https://www.theguardian.com/environment/2021/feb/08/solar-geoengineering-test-flight-plan-under-fire-over-environmental-concerns-aoe>.
- Thompson, D'Arcy Wentworth: *On Growth and Form*, Cambridge: Cambridge University Press 1917.
- Thüring, Hubert: *Das neue Leben. Studien zu Literatur und Biopolitik 1750–1938*, München: Wilhelm Fink 2012.
- Tirard, Stéphane: „Stephane Leduc (1853–1939). From Medicine to Synthetic Biology“, *Histoire Des Sciences Medicales* 43/1 (2009), S. 67–72.
- Toepfer, Georg: „Information“, in: ebd. (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Biologie*, Band 2, Stuttgart: Metzler 2011, S. 181–194.
- : „Molekularbiologie“, in: ebd. (Hrsg., 2011): *Historisches Wörterbuch der Biologie*, Band 2, Stuttgart: Metzler 2011, S. 611–623.
- Tsing, Anna Lowenhaupt (Hrsg.): *Arts of Living on a Damaged Planet*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2017.
- Türcke, Christoph: *Vom Kainszeichen zum genetischen Code. Kritische Theorie der Schrift*, München: C. H. Beck 2005.
- Turing, Alan M.: „The Chemical Basis of Morphogenesis“, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 237/641 (1952), S. 37–72.
- United Nations: „UN Report: Nature's Dangerous Decline ‚Unprecedented‘. Species Extinction Rates ‚Accelerating‘“, 2019, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/05/nature-decline-unprecedented-report/>.
- Venter, Craig J.: „Synthetic Life (Transkript der Pressekonferenz)“, 20.05.2010, https://www.ted.com/talks/craig_venter_unveils_synthetic_life/transcript?language=en#t-110175.
- : „A 21st Century Perspective. On the 70th Anniversary of Schroedinger's Lecture at Trinity College“, 07.12.2012, https://www.edge.org/conversation/j_craig_venter-what-is-life-a-21st-century-perspective.
- : *Life at The Speed of Light. From the Double Helix to The Dawn of Digital Life*, New York: Penguin 2014.
- Vogl, Joseph: „Staatsbegehren. Zur Epoche der Policy“, *Deutsche Vierteljahrsschrift für Literaturwissenschaft und Geistesgeschichte* 74/4 (12.2000), S. 600–626.
- : *Kalkül und Leidenschaft. Poetik des ökonomischen Menschen*, Zürich: Diaphanes 2002.
- : „Regierung und Regelkreis. Historisches Vorspiel“, in: Pias, Klaus (Hrsg.): *The Macy-Conferences 1946–1953*, Band 2, Berlin: Diaphanes 2004, S. 67–80.
- : „Poetik des ökonomischen Menschen“, *Zeitschrift für Germanistik* 17/3 (2007), S. 547–560.
- : „Genealogie“, in: Kammler, Clemens u. a. (Hrsg.): *Foucault-Handbuch*, Stuttgart: J. B. Metzler 2014, S. 255–258.
- Goethe, Johann Wolfgang von: *Faust. Der Tragödie zweyter Theil in fünf Acten*, in: *Vollständige Ausgabe letzter Hand* Band 41, Stuttgart: J. G. Cotta'sche Buchhandlung, 1832.

- Wark, McKenzie: *Molekulares Rot. Theorie für das Anthropozän*, übers. von Dirk Höfer, Berlin: Matthes & Seitz 2017.
- Watson, James D.: *The Double Helix. A Personal Account of the Discovery of the Structure of DNA*, New York: Atheneum 1968.
- Watson, James D. und Francis Crick: „Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid“, *Nature* 171/4361 (05.1953), S. 964–967.
- Weber, Jutta: *Umkämpfte Bedeutungen. Naturkonzepte im Zeitalter der Technoscience*, Frankfurt am Main: Campus 2003.
- : „Technoscience as Popular Culture. On Pleasure, Consumer Technologies & the Economy of Attention“, in: Nordmann, Alfred, Hans Radder und Gregor Schiemann (Hrsg.): *Science Transformed? Debating Claims of an Epochal Break*, Pittsburgh, Pa: University of Pittsburgh Press 2011, S. 159–176.
- Weidermann, Volker: „Betr.: Neues aus dem Kurzweil-Feuilleton“, *taz*, 21.02.2001, S. 12.
- Weigel, Sigrid: *Die „innere Spannung im alphanumerischen Code“ (Flusser). Buchstabe und Zahl in grammatologischer und wissenschaftsgeschichtlicher Perspektive*, International Flusser Lecture, Köln: Walther König 2006.
- Wohlsen, Marcus: *Biopunk. DIY Scientists Hack the Software of Life*, New York: Current 2011.
- Wray, Britt: *Rise of the Necrofauna. The Science, Ethics, and Risks of De-Extinction*, Vancouver: Greystone Books 2017.
- Yadav, Vikramaditya G. u. a.: „The Future of Metabolic Engineering and Synthetic Biology: Towards a Systematic Practice“, *Metabolic Engineering* 14/3 (05.2012), S. 233–241.
- Yusoff, Kathryn: *A Billion Black Anthropocenes or None*, Minneapolis: University of Minnesota Press 2018.
- Zhang, Yingxiao u. a.: „The Emerging and Uncultivated Potential of CRISPR Technology in Plant Science“, *Nature Plants* 5/8 (08.2019), S. 778–794.
- Žižek, Slavoj: „Der Mensch wird nicht mehr derselbe gewesen sein: Das ist die Lektion, die das Coronavirus für uns bereithält“, *Neue Zürcher Zeitung*, 13.03.2020, <https://www.nzz.ch/feuilleton/coronavirus-der-mensch-wird-nie-mehr-derselbe-gewesen-sein-ld.1546253>.
- Zürcher Bibel, Zürich: Theologischer Verlag 2007.

Alle Links der Internetquellen wurden zuletzt abgerufen am 03.03.2023.

Bildnachweise

Abb. 1 Wired Magazin Cover, August 2015. Coverfoto: Richard Mosse, *Myths of the Near Future*, Digital c-print, 40 × 50 in, (101.6 × 127 cm), Edition of 5, 2012. Link: <https://www.wired.com/2015/07/crispr-dna-editing-2/>; Abb. 2 Andrianantoandro, Ernesto; Basu, Subhayu; Karig, David K; Weiss, Ron: „Synthetic Biology: New Engineering Rules for An Emerging Discipline“, *Molecular Systems Biology*, Nr. 2 (16.05.2006). Link: <https://www.embopress.org/doi/full/10.1038/msb4100073>; Abb. 3 Doudna, Jennifer: „Genome-Editing Revolution. My Whirlwind Year with CRISPR“, *Nature* 528/7583 (12.2015), S. 469–471, hier S. 470; Abb. 4 Schmidt, Markus: „Xenobiology: A New Form of Life as the Ultimate Biosafety Tool“, *Bio-Essays* 32/4 (09.03.2010), S. 322–331, hier S. 327. Bildunterschrift: „After 4 billion years, a new tree will sprout in the ‚Garden of Eden‘. Non-DNA-based biological systems will be a safer place conduct SB experiments and applications (modified).“ Link: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2909387/>; Abb. 5 DIY Bacterial Gene Engineering CRISPR Kit. *The Odin* (Onlineshop). Link: <https://www.the-odin.com/diy-crispr-kit/>; Abb. 6 Matysik, Reiner Maria, in: Reichle, Ingeborg, „Bio-Art: Die Kunst für das 21. Jahrhundert“, VG Bild-Kunst, Bonn 2018, Kunstforum International, Ausgabe 258 (2018), S. 47; Abb. 7 Ginsberg, Daisy Alexandra: *Resurrecting the Sublime: Hibiscadelphus wilderianus* Rock (smell diffusion hood, lava boulder, documentary film), Februar 2019, Installation in der Ausstellung *La Fabrique du Vivant*, Centre Pompidou, Paris. Link: <https://www.resurrectingthesublime.com/exhibitions/>; Abb. 8 Cover von *The Economist*: „And man made life“, 20. März 2010, London, siehe auch S. 11–12, Bild von Alamy/SLP. Link: <https://www.economist.com/weeklyedition/2010-05-22>; Abb. 9 Duc, Isaac: *Vrolicke Uren des Doodts ofte der Wysen Vermaeck Jacobus Lydius*, 12, 79. Vers., Dordrecht 1662, Koninklijke Bibliotheek, Nationale bibliotheek van Nederland. Link: <https://archive.org/details/ned-kbn-all-00003453-001/page/n13/mode/1up>; Abb. 10 Goethe, Johann Wolfgang: *Faust – mit Bildern von F. Simm*, Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt 1899, S. 126. Link: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Homunculus_Simm_Faust.jpg; Abb. 11 Leduc, Stéphane: *The Mechanism of Life*, London, William Heinemann 1911. Link: <https://www.gutenberg.org/files/33862/33862-h/images/fig38.jpg>; Abb. 12 Süssmilch, Johann Peter: *Die göttliche Ordnung in den Veränderungen des menschlichen Geschlechts, aus der Geburt, dem Tode und der Fortpflanzung desselben*, Berlin 1761, Anhang mit Tabellen, S. 21. Link: <https://www.digitale-sammlungen.de/view/bsb11283119?page=49>; Abb. 13 Crick, Francis: *Ideas on Protein Synthesis (Oct. 1956)*, The Wellcome Library for the History and Understanding of Medicine, Francis Harry Compton Crick Papers. Link: <https://profiles.nlm.nih.gov/101584582X65>; Abb. 14 Logo Human Genome Project, Information Archive 1990–2003. Link: https://web.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/project/index.shtml, Logo entnommen: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Logo_HGP.jpg; Abb. 15 Cover des TIME-Magazine, 03.07.2000. Link: <http://content.time.com/time/covers/0,16641,20000703,00.html>; Abb. 16 Feynman, Richard P.: *Richard Feynman's Blackboard at Time of His Death*, Photograph Collection, 1988. Link: <http://archives-dc.library.caltech.edu/islandora/object/ct1%3A483> Bild entnommen: https://uploads-ssl.webflow.com/62f648a99570fe22aad69d23/63cb13cb83538442a04c6309_Feynman%20Blackboard.jpg; Abb. 17 „Colonies of the transformed *Mycoplasma mycoides* bacterium“, *J. Craig Venter Institute*. Link: <https://www.jcvi.org/research/first-self-replicating-synthetic-bacterial-cell/>; Abb. 18 Ginsberg, Daisy Alexandra: *Patent Drawings and Photographs*, 2013–2015, eight C-type prints, 41cm x 31cm and 31cm x 25cm, edition of 5 + 1 AP. Link: <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction> Bild und Beschreibung als Zitat in Bildunterschrift entnommen: <https://www.zeit.de/wissen/umwelt/2016-06/crispr-natur-alexandra-daisy-ginsberg>; Abb. 19 Ginsberg, Alexandra Daisy: *Antipathogenic serum reservoir*, 2013–2015, eight C-type prints, 41cm x 31cm and 31cm x 25cm, edition of 5 + 1 AP. Link: <https://www.daisyginsberg.com/work/designing-for-the-sixth-extinction> Bild entnommen: https://img.zeit.de/wissen/umwelt/2016-06/crispr-ginsberg-ordner/d46ex-membranepump-patent-1000-kopie-620x826.jpg/imagegroup/original_465x620_desktop_scale_2; Abb. 20 Links: siehe Abb. 17, Rechts: Brand, Stewart: *Whole Earth Catalog*, NASA-Aufnahme von 1971, hier in: *Das Internet war erst ein Katalog*, Manuel Müller, *Neue Züricher Zeitung*, 12.06.2018. Link: <https://www.nzz.ch/feuilleton/das-internet-vor-dem-internet-ld.1393491>; Abb. 21

Cover des *MIT Technology Review*, Heft 118, Mai/Juni 2015. Link: <https://wp.technologyreview.com/wp-content/uploads/2015/04/cover.smallx282-7.jpg?fit=848,1164>; Abb. 22 Schirrmacher; Frank: „J.C. Venter et al.“, Frankfurter Allgemeine Zeitung, 13.02.2001, S. 49. Foto: Helmut Fricke.

Alle Links der Internetquellen wurden zuletzt abgerufen am 03.03.2023.