

Bios und Zoë

**Die menschliche Natur
im Zeitalter ihrer
technischen Reproduzierbarkeit**

**Herausgegeben von
Martin G. Weiß**
**suhrkamp taschenbuch
wissenschaft**

suhrkamp taschenbuch
wissenschaft 1899

Mit dem Aufkommen der Biotechnologien ist die Natur des Menschen verfügbar geworden und die Frage nach dem Verhältnis von biologischem Leben und spezifisch menschlicher Lebensform ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt.

An der Diskussion über das Leben im Zeitalter der *Life Sciences* beteiligen sich heute nicht mehr nur Philosophen und Theologen, sondern auch Wissenschaftshistoriker und Politikwissenschaftler.

Der vorliegende interdisziplinäre Sammelband stellt den Überlegungen bekannter europäischer Autoren die Positionen namhafter Vertreter der angelsächsischen *Science and Technology Studies* gegenüber und bietet so einen aufschlussreichen Überblick über die aktuelle Auseinandersetzung der Geistes- und Sozialwissenschaften mit dem Phänomen der Lebenswissenschaften und ihren biotechnologischen Anwendungen.

Martin G. Weiß, geboren 1973, ist Mitglied der Forschungsplattform Life Science Governance der Universität Wien und Universitätsassistent am Philosophischen Institut der Universität Klagenfurt.

Bios und Zoë

*Die menschliche Natur
im Zeitalter ihrer
technischen Reproduzierbarkeit*

Herausgegeben von
Martin G. Weiß

Suhrkamp

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

suhrkamp taschenbuch wissenschaft 1899

© Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main 2009

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das der Übersetzung,
des öffentlichen Vortrags sowie der Übertragung
durch Rundfunk und Fernsehen, auch einzelner Teile.

Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form
(durch Fotografie, Mikrofilm oder andere Verfahren)
ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert
oder unter Verwendung elektronischer Systeme
verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Druck: Druckhaus Nomos, Sinzheim

Printed in Germany

Umschlag nach Entwürfen von
Willy Fleckhaus und Rolf Staudt

ISBN 978-3-518-29499-4

Inhalt

Einleitung	7
<i>Hans-Jörg Rheinberger/Staffan Müller-Wille</i> Technische Reproduzierbarkeit organischer Natur – aus der Perspektive einer Geschichte der Molekularbiologie	11
<i>Martin G. Weiß</i> Die Auflösung der menschlichen Natur	34
<i>Karin Knorr Cetina</i> Jenseits der Aufklärung. Die Entstehung der Kultur des Lebens	55
<i>Thomas Lemkel/Peter Wehling</i> Bürgerrechte durch Biologie? Kritische Anmerkungen zur Konjunktur des Begriffs »biologische Bürgerschaft«	72
<i>Rosi Braidotti</i> Zur Transposition des Lebens im Zeitalter des genetischen Biokapitalismus	108
<i>Stefan Helmreich</i> Menschliche Natur auf See	136
<i>Nikolas Rose</i> Was ist Leben? – Versuch einer Wiederbelebung	152
<i>Gianni Vattimo</i> Vom »naturalistischen Fehlschluss« zur Ethik der Endlichkeit	179
<i>Kurt Bayertz</i> Hat der Mensch eine »Natur«? Und ist sie wertvoll?	191

<i>Dieter Birnbacher</i>	
Wieweit lassen sich moralische Normen mit der »Natur des Menschen« begründen?	219
<i>Ulrich H. J. Körtner</i>	
Personen werden geboren. Zur Kritik der Vorstellung von der Person als <i>causa sui</i> und ihren Konsequenzen für die Ethik	240
<i>Anna Durnová/Herbert Gottweis</i>	
Politik zwischen Tod und Leben	273
<i>Charis Thompson</i>	
Die Farbe der Haut. Zur Persistenz des biologischen Rassebegriffs in der Reproduktionsmedizin ...	304
<i>Paul Rabinow/Gaymon Bennett</i>	
Auf dem Weg zum synthetischen Anthropos: Re-Mediatisierende Konzepte	330
<i>Bruno Latour</i>	
Faktur/Fraktur. Vom Netzwerk zur Bindung	359
Hinweise zu den Autorinnen und Autoren	386

Einleitung

Die hier veröffentlichten Beiträge kreisen alle um die zuletzt bei Giorgio Agamben, einschlägig aber bereits bei Hannah Arendt thematisierten Begriffe der *Zoë* und des *Bios*. Aufgrund der neuen Erkenntnisse der Lebenswissenschaften und der mit diesen einhergehenden beunruhigenden Manipulationsmöglichkeiten der Biotechnologien ist das Leben in seiner doppelten Bedeutung von »bloßem biologischen Leben« und »spezifisch menschlichem Leben« sowie die Beziehung dieser beiden Konzepte zueinander zunehmend ins Zentrum geistes- und gesellschaftswissenschaftlichen Interesses gerückt. In diesem Zusammenhang versteht sich vorliegender Band als Sammlung von Werkstattberichten zum gegenwärtigen Stand philosophisch-soziologischer Überlegungen zu den neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der *Life Sciences*. Ausgehend vom Untertitel des Sammelbandes wurden namhafte Vertreter der *Science and Technology Studies* in Europa und den USA ebenso wie Philosophen und Bioethiker gebeten, Einblick in ihre aktuellen Forschungsergebnisse zu gewähren.

Den Auftakt der Bandes bildet der Beitrag »Technische Reproduzierbarkeit organischer Natur – aus der Perspektive einer Geschichte der Molekularbiologie« von Hans-Jörg Rheinberger und Staffan Müller-Wille, der einen ersten Einblick in die Möglichkeiten und (postgenomischen) Grenzen zeitgenössischer Molekularbiologie bietet.

Während der Aufsatz des Herausgebers »Die Auflösung der menschlichen Natur« die biotechnologischen Träume der Selbsterstellung des Menschen in ihre philosophische Vorgeschichte einbettet und den Zusammenhang zwischen der »Auflösung der Natur des Menschen« in den Biotechnologien mit neuerdings verstärkt diskutierten kommunitaristischen Ansätze in der Bioethik behandelt, vertritt Karin Knorr Cetina in ihrem Text »Jenseits der Aufklärung. Die Entstehung der Kultur des Lebens« die These, dass wir uns aufgrund der neuesten Entwicklungen innerhalb der Lebenswissenschaften heute auf dem Weg in eine »postsoziale«, individualisierte Gesellschaft befinden, die vom Leitbegriff des individuellen Lebens bestimmt sei, der den »Menschen« und

»Bürger« früherer Zeiten zunehmend in den Hintergrund dränge. Dagegen versuchen Thomas Lemke und Peter Wehling in ihrem Beitrag »Bürgerrechte durch Biologie? Kritische Anmerkungen zur Konjunktur des Begriffs ›biologische Bürgerschaft« aufzuzeigen, dass die Praktiken genetischer Selbstregierung oft nur Manifestation biopolitischer Machtphänomene sind, die die althergebrachte Dichotomie von Individuum und Gesellschaft überhaupt unterlaufen. Anders bewertet Rosi Braidotti den durch die Biotechnologien induzierten Wandel im (ethischen) Verhältnis von Individuum und Gesellschaft. In ihrem Beitrag »Zur Transposition des Lebens im Zeitalter des genetischen Biokapitalismus« unternimmt sie eine posthumanistische Verteidigung der *Zoë* als vitalistisches Prinzip und möglichem Ausgangspunkt einer Ethik des Werdens. Aus kulturwissenschaftlicher Sicht greift dann Stefan Helmreich in seinem Text »Menschliche Natur auf See« das Motiv der Auflösung auf, indem er gegenwärtige Entwicklungen der Meeresmikrobiologie mit aus der Romantik stammenden Meeresmetaphern in Verbindung bringt.

Der Beitrag von Nikolas Rose »Was ist Leben? – Versuch einer Wiederbelebung« untersucht im Gefolge Georges Canguilhems, wie sich die Frage nach dem Leben, die zunächst eine wissenschaftlich-philosophische Frage nach dem »Was« des Lebens gewesen sei, im Zuge der zunehmenden Verunsicherung darüber, was (noch) lebendig und was (schon) tot ist, in eine Frage nach dem Wert des Lebens und damit in eine ethische Frage verwandelt habe. Ausdrücklich ethischen Aspekten der *Life Sciences* widmen sich dann auch die folgenden drei Aufsätze. Gianni Vattimos programmatischer Beitrag »Vom ›naturalistischen Fehlschluss‹ zur Ethik der Endlichkeit« zeigt dabei zunächst die aitiologischen Probleme einer objektivistischen Naturauffassung auf und unternimmt dann den Versuch, die Grundlinien einer nachmetaphysischen Ethik zu skizzieren. Einem normativen Naturbegriff stehen auch Kurt Bayertz und Dieter Birnbacher kritisch gegenüber, die in ihren Texten, »Hat der Mensch eine ›Natur‹? Und ist sie wertvoll?« und »Wieweit lassen sich moralische Normen mit der ›Natur des Menschen‹ begründen?«, die prinzipiellen Probleme beleuchten, die eine normative Ausrichtung am Begriff der »menschlichen Natur« aufwirft. Aus philosophisch-theologischer Sicht widmet sich Ulrich Körtner in seinem Aufsatz »Personen werden geboren. Zur Kritik der Vor-

stellung von der Person als *causa sui* und ihren Konsequenzen für die Ethik« schließlich der Relevanz der Bestimmung des Anfangs personalen Lebens. Dass der Begriff des menschlichen Lebens aufgrund der ungeahnten Möglichkeiten moderner Biotechnologie und Medizin an seinen (zeitlichen) Rändern gleichsam ausfranst und eine Zone theoretischer wie praktischer Unbestimmtheit eröffnet, zeigen Herbert Gottweis und Anna Durnova am Beispiel der politischen Auseinandersetzung um Embryonenforschung und Sterbehilfe in ihrem Text »Politik zwischen Tod und Leben«. Um einen Grenzbereich zwischen *Bios* und *Zoë* geht es auch im Beitrag »Die Farbe der Haut« von Charis Thompson, die anhand der Praxis der Eizellenspende in den USA die wichtige Rolle hervorhebt, die der traditionelle Rassebegriff im Kontext reproduktionsmedizinischer Praktiken spielt.

Ganz konkret berichten Paul Rabinow und Gaymon Benett dann in ihrem Text, »Auf dem Weg zum synthetischen Anthropos. Re-Mediatisierende Aspekte«, über einen (gescheiterten) Versuch ein Post-ELSI-Projekt zu realisieren, also die Analyse der ethischen, rechtlichen und gesellschaftlichen Aspekte biologischer Forschung nicht mehr nur wie bisher als nachgeordnete Begleitforschung zu betreiben, sondern als integrales und gleichberechtigtes Moment eines umfassenden Forschungsprojektes.

Den Abschluss des Bandes bildet Bruno Latours Essay, »Faktur/Fraktur. Vom Netzwerk zur Bindung«, in dem der Autor das überkommene dichotomische Verständnis von Subjektivität und Objektivität, das nicht zuletzt durch die Ergebnisse der modernen Biologie ins Wanken geraten ist, durch das Konzept des »Faitiche« zu überwinden sucht.

Die hier versammelten Texte bieten zwar keine einheitliche Deutung der *Life Sciences* und ihrer Möglichkeiten, weisen aber durchaus konvergierende Fragestellungen auf: Aus der Perspektive der Wissenschaftsforschung wird wiederholt die Frage nach einer Krise der Biologie gestellt, die sich einer verbreiteten Lesart zufolge im Übergang vom klassischen Paradigma der Genetik (das das Genom informationstheoretisch als ablesbares statisches Programm begriff) zum organizistischen Modell der »Postgenomics« äußert. Die Frage danach, was dieser Paradigmenwechsel innerhalb der Leitwissenschaft der Spätmoderne für das ethische Selbstverständnis des Menschen bedeutet, hängt dann ebenso mit der normativen

Krise der menschlichen Natur als auch mit der wiederkehrenden Diskussion des Verhältnisses von Individuum und Gesellschaft im Zeitalter der genetischen Präventivmedizin zusammen. Dabei wird deutlich, dass auch das Verhältnis der *Life Sciences* zur »Kultur« das einer wechselseitigen Beeinflussung ist, also von sich gegenseitig produzierenden Wahrheitdiskursen.

Zuletzt ein kurzes Wort des Dankes. Die Idee zu diesem Buch geht auf Gespräche zurück, die ich im Rahmen eines vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF) finanzierten Projektes während eines Forschungsaufenthaltes an der UC Berkeley mit Charis Thompson und Paul Rabinow führte, denen daher mein besonderer Dank gilt. Danken möchte ich sodann allen Autoren, meinem Mitarbeiter Michael Blamauer, dem Wissenschaftslektorat des Suhrkamp Verlages, den Freunden Barbara Prainsack, Matthias Wieser und Wolfgang Fasching sowie meiner Frau Constanze Drumm für die wertvolle Hilfe und die anregenden Gespräche während der Redaktionsarbeit. Danken möchte ich auch dem FWF, der Forschungsplattform Life Science Governance sowie den Universitäten Wien, Berkeley und Klagenfurt, die meine Arbeit stets unterstützend begleitet haben.

Martin G. Weiß
Klagenfurt, im März 2009

Hans-Jörg Rheinberger/Staffan Müller-Wille
Technische Reproduzierbarkeit organischer Natur
– aus der Perspektive einer Geschichte
der Molekularbiologie

In den letzten drei Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts hat sich die um die Jahrhundertmitte entstandene Molekularbiologie und mit ihr die Art und Weise, wie man molekulare Genetik betreiben und in die Reproduktion der Organismen, einschließlich der Reproduktion des Menschen, eingreifen konnte, grundlegend verändert. Damit einhergegangen sind Rekonfigurationen im Verhältnis von akademischer Forschung, industrieller Biotechnologie und öffentlicher Partizipation, die inzwischen zum Gegenstand soziologischer und anthropologischer Begleitforschung geworden sind. Die Veränderungen sind allerdings durchaus ambivalent und vor allem nach wie vor im Fluss. Hier soll versucht werden, einige Facetten dieses Wandels nachzuzeichnen, ohne die sich daraus ergebenden Änderungen in der Wahrnehmung der Natur des Menschen gleich wieder zu reifizieren. Ein solcher Versuch kann heute nur aus dem Fluss der Dinge heraus unternommen werden, die sich unter unseren Augen abspielen und deren weitere Wendungen vorerst nicht abzusehen sind.

Ein technologischer Gestaltwandel

Mit Gaston Bachelard könnte man den beobachtbaren Gestaltwandel auch als einen »phänomenotechnischen« bezeichnen.¹ In dessen Verlauf wurde vor allem das Vererbungsgeschehen, bis dahin ein stochastisch prognostizierbarer, aber doch im Grunde komplex-organischer Prozess, zu einem technisch manipulierbaren Kopiervorgang. Die Basis für diesen *epistemischen* Wandel wurde im Jahrzehnt zwischen 1970 und 1980 gelegt. Vorbereitet wurde er durch die Reindarstellung jener Enzyme, die in der Zelle die

1 Hans-Jörg Rheinberger, *Epistemologie des Konkreten. Studien zur Geschichte der modernen Biologie*, Frankfurt/M. 2006, Kapitel 2, »Gaston Bachelard und der Begriff der ›Phänomenotechnik‹«.

molekulargenetischen Vorgänge der Verdoppelung des Erbmateri- als sowie seiner Transkription und Translation steuern und die in der Lage sind, Nukleinsäuren zu manipulieren. Durch sie wird die genetische Information getrimmt und in Zellstrukturen und -funktionen umgesetzt. Zu diesen Enzymen und Enzymkomplexen gehören die Nukleinsäure-Polymerasen. Die DNA-Polymerasen dienen der Verdopplung des genetischen Materials. Ihre Darstellung geht auf Arthur Kornberg zurück. Die RNA-Polymerasen benutzen DNA-Matrizen, um die für die Zelle wichtigen Ribonukleinsäuremoleküle herzustellen. Einige dieser Enzyme wurden bereits in den späten 1950er und frühen 1960er Jahren identifiziert. Ihre Reinigung in aktiver Form erwies sich jedoch als ein über viele Jahre sich hinziehendes enzymologisches Unterfangen. 1970 überraschten Howard Temin und David Baltimore mit der Beschreibung einer Virus-Polymerase, die RNA in DNA umschreibt und die unter dem Namen »reverse Transkriptase« bekannt wurde. Die Charakterisierung der ersten sogenannten Restriktionsenzyme, einer Klasse von bakteriellen Enzymen, die definierte DNA-Doppelstrangsequenzen erkennen und spezifisch schneiden, gelang Ende der 60er Jahre Daniel Nathans sowie Werner Arber. Parallel dazu fanden sich Enzyme in Bakterienzellen, die Bruchstücke von Nukleinsäuren miteinander verbanden, die sogenannten DNA-Ligasen.

Mit diesen Molekülen als Werkzeugen eröffnete sich grundsätzlich die Möglichkeit, DNA-Stücke unterschiedlicher Herkunft miteinander zu verbinden, d. h., hybride oder, wie man sie auch nannte, rekombinante Nukleinsäuremoleküle herzustellen. Als Transportvehikel oder »Vektoren« erwiesen sich Plasmide besonders geeignet; kleine, ringförmige DNA-Moleküle, manchmal auch Nebenchromosomen genannt, die man aus Bakterienzellen isolieren konnte.² Die genannten Enzyme bildeten die Grundlage für die Möglichkeit einer Manipulation des Erbmateri als im Reagenzglas. Das manipulierte Erbmaterial konnte anschließend mit Hilfe der Vektoren in die Zelle, zunächst in Bakterienzellen, dann auch in Zellen von höheren Organismen eingebracht werden. So wurde eine *Gentechnologie* im engeren Sinne möglich. Das Charakteristikum dieser Technologie besteht darin, dass ihre zentralen Instrumente – Polymerasen, Restriktionsenzyme, Ligasen, Plasmide – alle selbst

2 Mathias Grote, *An Experimental and a Conceptual Quest: The Transition from Episomes to Plasmids (1961-1969)*, Manuscript 2008.

Einheiten von molekularer Ordnung sind. Aus der Perspektive der Geschichte der Molekularbiologie stellen sie eine Technologie der zweiten Generation dar. Diese Technologie beruht nicht mehr auf schwerem analytischen Gerät, das nach physikalischen Prinzipien aufgebaut ist. Die Matrizen, mit denen Gene kopiert werden, die Scheren und die Nadeln, mit denen man sie schneidet und spleißt, und die Vektoren, in die sie eingebaut werden und mit denen man sie transportiert, sind selbst von der Größenordnung von Makromolekülen. Sie sind eine Art ›weicher‹ oder ›nasser‹ Technologie, ein molekularer Werkzeugkasten, mit dem man einerseits Makromoleküle maschinell herstellen, mit dessen Produkten man aber andererseits auch Organismen transformieren kann.

In beide Richtungen – molekulare Verfahren in Maschinen zu implementieren und in-vitro-rekombinierte Nukleinsäuren in Organismen zu verpflanzen – ist die Gentechnologie der 1970er Jahre aufgebrochen. 1972 gelang es Paul Berg erstmals, ein hybrides DNA-Molekül aus zwei Viren – dem Phagen lambda und dem infektiösen Affenvirus SV40 – herzustellen. Ein Jahr später fanden Stanley Cohen und Herbert Boyer einen Weg, ihre Arbeit an Plasmiden und Restriktionsenzymen zu verbinden und im Reagenzglas ein Stück Virus-DNA in ein kleines, ringförmiges Plasmid eines Bakteriums einzubauen, es in Bakterienzellen zurückzuschleusen und es sozusagen auf natürlichem Wege von den Bakterien vermehren zu lassen. Diese Experimente bildeten die Grundlage für das Klonieren von ganzen Genen und den eigentlichen Startpunkt der Gentechnologie. Sie lösten eine heftige Debatte über mögliche Risiken und die Regulierung der Gentechnologie aus und bildeten zugleich den Auftakt für deren Industrialisierung. Mit der Möglichkeit, die genetische Reproduktionsmaschinerie der Zelle für die Vermehrung eigens konstruierter Nukleinsäure-Matrizen zu verwenden, verlässt der Molekularbiologe – als Gentechnologe bzw. Geningenieur – das Arbeitsparadigma des klassischen Biophysikers, Biochemikers und Genetikers. Er konstruiert nicht länger Reagenzglasbedingungen, unter denen die Moleküle des Organismus und ihre Reaktionsfolgen den Status wissenschaftlicher Untersuchungsobjekte annehmen. Er hat den Spieß umgedreht: Der Molekulartechnologe konstruiert informationstragende Moleküle, die nicht länger bereits im Organismus existieren müssen, um der Untersuchung zugeführt werden zu können. Er benutzt

das Milieu der Zelle als angemessene technische Einbettung, um seine Moleküle zu reproduzieren, sie zu exprimieren und die Wirkungen ihrer Produkte zu testen. Der Organismus selbst wird damit in ein Labor, einen *locus technicus* verwandelt. Nun geht es nicht länger um die extrazelluläre Repräsentation intrazellulärer Strukturen und Prozesse, sondern umgekehrt um die intrazelluläre Repräsentation eines extrazellulären Projekts. Wie Waclaw Szybalski, ein zeitgenössischer Beobachter der im Entstehen begriffenen Gentechnik und Krebsforscher, bereits 1978 anlässlich der Verleihung des Nobelpreises an Werner Arber, Hamilton Smith und Daniel Nathans konstatierte: »Die Arbeit mit Restriktions-Nukleasen erlaubt es uns nicht nur, auf einfachem Wege rekombinante DNA-Moleküle zu konstruieren und einzelne Gene zu analysieren; sie hat uns auch in die neue Ära einer ›synthetischen Biologie‹ geführt, die nicht mehr nur existierende Gene beschreibt und analysiert, sondern neue Gen-Anordnungen konstruiert und evaluiert.«³ Sheila Jasanoff hat dies kürzlich wie folgt formuliert: Die Biotechnologie »setzt neue Entitäten in die Welt und verändert dadurch unseren Sinn dafür, was recht ist und was nicht in Natur und Gesellschaft«.⁴

Insbesondere für die gentechnologische Herstellung von Proteinen höherer Organismen einschließlich des Menschen erwies sich die erwähnte reverse Transkriptase als Schlüsselenzym. Im Zuge der Versuche zur Expression von Genen höherer Organismen fanden Philip Allen Sharp und Richard Roberts in den späten 1970er Jahren zur größten Überraschung der ganzen Gemeinschaft der Molekularbiologen, dass die DNA von Eukaryonten in der Regel aus codierenden (Exons) und nicht-codierenden (Introns) Elementen zusammengesetzt ist und im Zuge der Überführung in eine übersetzbare Boten-RNA zerstückelt und gespleißt wird. Da den Bakterien dieses Vermögen fehlte, bot die reverse Transkriptase die Möglichkeit, nicht von der Gesamtsequenz auszugehen, sondern die gespleißte Boten-RNA zu isolieren und sie in eine bakterienkompatible doppelsträngige DNA (cDNA) umzusetzen, um sie dann in Plasmide einzubauen und in Bakterien als den Reaktoren der mo-

3 Waclaw Szybalski, Ann Skalka, »Editorial: Nobel Prizes and Restriction Enzymes«, in: *Gene* 4 (1978), S. 181-182, hier: S. 181.

4 Sheila Jasanoff, »Biotechnology and Empire: The Global Power of Seeds and Science«, in: *Osiris* 21 (2006), S. 273-292, hier: S. 284.

lekularen Biotechnologie zu vermehren. Auf diese Weise ließen sich ganze cDNA-Banken mit Eukaryonten-Genen anlegen.

Nur einige wenige enzymatisch getriebene molekulare Verfahrenstechniken der späten 1970er und frühen 1980er Jahre seien hier zusätzlich exemplarisch genannt. 1977 berichtete Fred Sanger über ein Verfahren zur Sequenzierung von DNA, das auf der Verwendung von DNA-Polymerase beruhte. Nun war das rasche Sequenzieren von Genfragmenten, von Genen und von Genkomplexen in den Bereich des Möglichen gerückt und gehörte bald zur Routine molekulargenetischer Laboratorien. Ebenso war die Möglichkeit eröffnet, durch eine Kombination von Restriktionsfragmentierung, Einbau von DNA-Fragmenten in Plasmide oder andere DNA-Vektoren und Sequenzanalyse physikalische Karten von Chromosomen anzulegen. 1978 führte David Botstein Restriktionsenzyme zur Charakterisierung menschlicher DNA mittels des sogenannten Restriktionsfragment-Längenpolymorphismus (RFLP) ein. Schließlich entwickelte in den frühen 1980er Jahren Kary Mullis, ein Wissenschaftler der Cetus Corporation, die Polymerase-Kettenreaktionstechnologie (PCR).⁵ Mit ihr ließen sich kleinste Mengen von DNA *in vitro* mittels einer wärmebeständigen DNA-Polymerase zyklisch in beliebigen Mengen vermehren. Cetus, die 1971 in Berkeley gegründete Biotechfirma *avant la lettre*, patentierte das als Emblem der molekularbiologischen Technologisierung der 1980er Jahre empfundene PCR-Verfahren – und verkaufte das Patent 1991 für 300 Millionen Dollar an Hoffmann-La Roche.

Zu diesen dergestalt selbst in Techniken verwandelten Enzymen und Genvektoren gesellten sich den späten 1970er und den 1980er Jahren zudem Verfahren zur gezielten Genmutation, zur Herstellung großer molekularer Vektoren sowie zusätzlich neue und elegante analytische Verfahren zur Synthese von Nukleinsäuren. Zusammengenommen begannen diese Techniken gewissermaßen die Informations-, Schrift- und Textmetaphern zu verkörpern, die den Aufstieg der Molekularbiologie begleitet hatten: Lesen als DNA-Analyse; Schreiben als DNA-Synthese; Kopieren als Polymerase-Kettenreaktion; Editieren als Veränderung von Gensequenzen durch Schneiden, Spleißen und punktgenaue Mutationen. Kaushik Sunder Rajan hat dazu treffend bemerkt: »Der Unterschied ist nun, dass die Genomik es der *Metapher* des Lebens-als-Information er-

⁵ Paul Rabinow, *Making PCR. A Story of Biotechnology*, Chicago 1996.

laubt, eine *materielle* Wirklichkeit zu werden, die geeignet ist, die Form von Waren anzunehmen.«⁶

Es dauerte kein halbes Jahrzehnt, bis Mitte der 1980er Jahre alle diese Verfahren in automatisierte Maschinen mündeten. Im Juni 1986 berichteten Leroy Hood und Lloyd Smith vom California Institute of Technology über eine erste automatisierte DNA-Sequenziermaschine. Solche Maschinen, in deren Kern nun Enzyme am Werk waren, bevölkerten bald die molekularbiologischen und biomedizinischen Laboratorien, zusammen mit den handlichen Packungen von gentechnologisch relevanten Enzymen und dazugehörigen Reagenzien, deren Produktion rasch von der biochemischen Industrie aufgegriffen wurde und die bald in standardisierter Form als »Kits« auf dem Markt waren. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen wurde in den späten 1980er Jahren das Projekt der Sequenzierung des gesamten Humangenoms auf den Weg – und innerhalb eines guten Jahrzehnts zum Abschluss gebracht.

David Jackson, einer aus der neuen Generation von Industriegentechnologen bei DuPont Merck, brachte anlässlich des 40. Jahrestages der Strukturaufklärung der DNA-Doppelhelix die Situation Mitte der 1990er Jahre wie folgt auf den Punkt: »Ich möchte behaupten, dass die Fähigkeit, die DNA zu lesen, zu schreiben und zu redigieren, etwas in der bisherigen Geschichte der Menschheit nicht Dagewesenes darstellt. Alles, was wir vorher zu tun in der Lage waren, ist, zwischen verschiedenen Genkombinationen zu wählen, welche uns die Mechanismen der Genetik zuspielten. Und obwohl wir [in der Vergangenheit] leistungsfähige und ausgeklügelte Selektionsverfahren entwickelt haben, ist doch die Auswahl zwischen einer Gruppe von Alternativen, über die man so gut wie keine Kontrolle hat, ganz und gar nicht zu vergleichen mit der Fähigkeit, seinen eigenen Text zu schreiben und zu bearbeiten« – und zu vervielfältigen, möchte man hinzufügen. Und er fuhr fort: »Die Fähigkeit, DNA zu schreiben und zu editieren, ist die Grundlage für synthetische und kreative Möglichkeiten in der Biologie, die bisher nicht existiert haben.«⁷ Ein langes Jahrhundert einer In-vit-

6 Kaushik Sunder Rajan, *Biocapitalism. The Constitution of Postgenomic Life*, Durham/London 2006, S. 16.

7 David A. Jackson, »DNA: Template for an Economic Revolution«, in: Donald A. Chambers (Hg.), *DNA: The Double Helix, Perspective and Prospective at Forty Years*, New York 1995, S. 356-365, hier: S. 364.

ro-Forschungskultur schuf somit die Voraussetzungen dafür, dass die Biologie nunmehr den Weg zurück in die Zelle und den Organismus antreten konnte. Unter dem neuen Regime stülpt sie das Innere nicht mehr nach außen; jetzt wird umgekehrt das Außen, synthetisch und konstruktiv, der Zelle einverleibt und dort vermehrt. Der Vererbungsmechanismus wird einerseits umgemünzt in einen biotechnologischen Kopiervorgang, mit dessen Hilfe sich ökonomisch und medizinisch relevante Produkte herstellen lassen; andererseits können gezielte Eingriffe in den Genbestand eines Organismus nun dazu verwendet werden, nicht nur diesen selbst umzuprogrammieren, sondern ihn auch dauerhaft für die kommenden Generationen zu verändern.

Kontexte

Bereits 1976 gründete Herbert Boyer zusammen mit dem Risikokapitalanleger Robert Swanson mit Genentech Inc. die erste Gentechnologiefirma im engeren Sinne. Damit setzte, zunächst in den USA, eine stürmische Entwicklung ein. Bereits ein Jahr nach ihrer Gründung berichtete Genentech von der erfolgreichen Klonierung des ersten Humanproteins, Somatostatin. 1978 verkündete die Firma, das menschliche Gen für Insulin erstmals in Bakterien exprimiert zu haben, fünf Jahre später war gentechnisch hergestelltes Humaninsulin auf dem Markt. 1980 ging Genentech an die Börse. Der Bayh-Dole Act in den USA brachte wesentliche Erleichterungen für den Transfer von Technologien zwischen akademischen Forschungsstätten und der Industrie. Im gleichen Jahr erlaubte der U.S. Supreme Court dem Biochemiker Ananda Chakrabarty von der General Electric Company, einen ölvertilgenden Mikroorganismus aus der Gruppe der *Pseudomonas*-Bakterien zu patentieren.⁸ Damit war ein Tabu gebrochen, das bisher in Amerika auf der Patentierung von Lebewesen gelegen hatte. 1983, nach weiteren drei Jahren, beantragte die Stanford University ein Patent für einen stabilen und zu multiplen Klonierungszwecken verwendbaren, für das Bakterium *E. coli* geeigneten Expressionsvektor. Nun stiegen auch

8 Zur Geschichte der Patentierung von Lebewesen in den USA vgl. Daniel J. Kevles, *A History of Patenting Life in the United States. With Comparative Attention to Europe and Canada. Report to the European Group on Ethics*, Brussels 2002.

die amerikanischen Universitäten, allen voran die kalifornischen, in das gentechnologische Patentgeschäft ein. Noch im gleichen Jahr wurden auch die ersten US-Patente für gentechnisch veränderte Pflanzen ausgegeben. Ein Jahr später, 1984, erhielt Stanford ein erstes *Produkt*patent für prokaryotische DNA. Wieder war ein Schritt über die klassische Patentpraxis hinaus getan, die an der Patentierung von *Verfahren* orientiert war. 1985 kam es zu den ersten Freilandversuchen mit transgenen Pflanzen, in die man artfremde Gene mit Resistenzen gegen Insekten, Viren und Bakterien eingeschleust hatte. Zehn Jahre nach der Gründung von Genentech war die Zahl der neuen *start-up* Biotechnologiefirmen in den USA auf die Zahl von etwa 400 Unternehmen gestiegen. 1988 erhielten die Harvard-Wissenschaftler Philip Leder und Timothy Stewart das erste Patent für ein genetisch verändertes Säugetier, eine Krebsmaus. 1990 hatten die Stanford University und die University of California in San Francisco bereits hundert rekombinante DNA-Patente deponiert, und mit Beginn des neuen Jahrzehnts begannen sie, ein substantielles Einkommen aus ihren Lizenzen zu beziehen.

Bei der Herstellung genetisch modifizierter Organismen wurde ein horizontaler Austausch von Vererbungsmaterial über Artgrenzen hinweg – vom Bakterium bis zum Säugetier – erkundet und zunehmend praktisch relevant. Er war der klassischen Genetik verschlossen geblieben, die sich in ihrer Experimentalpraxis ausschließlich auf die sexuelle Reproduktion und die damit verbundene Vermischung und Selektion von artverwandten Erbmerkmalen stützen konnte. Zwar begann die Vererbung bereits mit Darwin immer weniger als eine vertikale Beziehung von Generationenfolgen und immer mehr als eine horizontale Beziehung zwischen Individuen in einer Population gedacht zu werden.⁹ Die transgenen molekularen Techniken mit ihren Genfähren und Vektoren haben diesen Zug des Vererbungsdenkens ins Horizontale aber noch einmal entschieden radikalisiert. Sie haben die Zirkulation von Erbmaterial, wenn man so will, von eng umschriebenen, sexuell reproduzierenden Populationen auf die Welt der Lebewesen insgesamt ausgeweitet und globalisiert und dabei nicht nur Artgrenzen, sondern auch die

9 Staffan Müller-Wille, »Konstellation, Serie, Formation. Genealogische Denkfikturen bei Harvey, Linnaeus und Darwin«, in: Sigrid Weigel/Ohad Parnes u. a. (Hg.), *Generation. Zur Genealogie des Konzepts – Konzepte von Genealogie*, München 2005, S. 215-233.

Reiche von Pflanzen, Tieren und Mikroben durchlässig gemacht. Damit sind aber auch organische Grenzen zur Disposition gestellt, die im 18. Jahrhundert weitgehend als fix und im 19. Jahrhundert als nur in evolutionären Zeiträumen veränderbar angesehen wurden. Der evolutionär entstandene Genpool des Lebens insgesamt wird so zu einem universalen Werkzeugkasten, und an der Weiterentwicklung jedes dieser Werkzeuge kann mit molekulargenetischen Mitteln fortgebastelt werden. Die Konturen der mit den Ausdrücken »rekombinant«, »transgen« und »chimärisch« lediglich angedeuteten Grenzüberschreitungen sind in ihren Auswirkungen für die weitere, vom Menschen induzierte biologische Evolution heute noch schwer abzuschätzen und in ihren Dimensionen zu begreifen.

Im Verlauf der 1980er Jahre wurde die frühe Auseinandersetzung um die möglichen Risiken einer außer Kontrolle geratenen Proliferation genetisch modifizierter Organismen dann auch abgelöst durch eine viel weiter gehende Diskussion über die ethischen, juristischen, ökonomischen, sozialen und kulturellen Perspektiven und Konsequenzen dieser Umwälzung in den Technologien des Umgangs mit lebensrelevanten Molekülen und mit Lebewesen selbst einschließlich des Menschen. Nun ging es um die Aussicht auf eine molekularisierte und an der genetischen Ausstattung des Individuums orientierte Humanmedizin; die am Horizont erscheinende Möglichkeit somatischer und zukünftiger Keimbahn-Gentherapien; die Diagnostik einer rasch wachsenden Zahl genetisch bedingter oder genetisch beeinflusster Krankheiten; Veränderungen im Reproduktionsverhalten auf der Grundlage neuer reproduktiver Technologien wie dem Klonieren einschließlich der Gewinnung von Stammzellen zu therapeutischen und reproduktiven Zwecken; schließlich die Kontroversen um gentechnisch veränderte Lebensmittel und nachwachsende Rohstoffe einschließlich der mit deren Anbau und deren Konsum verbundenen ökologischen und gesundheitlichen Risiken. Diese Auseinandersetzung befindet sich seither in ständigem Fluss und wird in Gang gehalten durch eine komplexe Kombination von ökonomischen und kulturellen, technischen und wissenschaftlichen Faktoren, die ihrerseits keineswegs mit einer ein für alle Mal festgelegten Bedeutung auf den Plan treten, sondern sich in einem permanenten Prozess der Artikulation und Verknüpfung befinden – einer »Mikropolitik der Grenzziehung«, wie Her-