

6 2015

Kulturelle Faktoren  
der Vererbung: Epigenetik –  
Transgenerationalität – Öffentlichkeit

VANESSA LUX

JÖRG THOMAS RICHTER

(HG.)

Interjekte

Herausgegeben vom Zentrum für Literatur- und Kulturforschung Berlin

INTERJEKTE ist die thematisch offene Online-Publikationsreihe des Zentrums für Literatur- und Kulturforschung (ZfL). Sie versammelt in loser Folge Ergebnisse aus den Forschungen des ZfL und dient einer beschleunigten Zirkulation dieses Wissens. Informationen über neue Interjekte sowie aktuelle Programmhinweise erhalten Sie über unseren Email-Newsletter. Bitte senden Sie eine E-Mail mit Betreff »Mailing-Liste« an [zimmermann@zfl-berlin.org](mailto:zimmermann@zfl-berlin.org).

*Bisher in dieser Reihe erschienen:*

- Interjekte 1** SIGRID WEIGEL: »Embodied Simulation and the Coding-Problem of Simulation Theory. Interventions from Cultural Sciences« (2011)
- Interjekte 2** Z. ANDRONIKASHVILI, S. FRANK, G. MAISURADZE, F. THUN-HOHENSTEIN, S. WILLER: »Freundschaft: Konzepte und Praktiken in der Sowjetunion und im kulturellen Vergleich« (2011)
- Interjekte 3** VANESSA LUX, JÖRG THOMAS RICHTER (HG.): »Kulturelle Faktoren der Vererbung« (2012)
- Interjekte 4** MONA KÖRTE, JUDITH ELISABETH WEISS (HG.): »Gesichtsaufösungen« (2013)
- Interjekte 5** FRAUKE FITZNER (HG.): »Tempo! Zeit- und Beschleunigungswahrnehmung in der Moderne« (2014)

#### **Impressum**

Hrsg. vom Zentrum für Literatur- und Kulturforschung Berlin (ZfL)  
[www.zfl-berlin.org](http://www.zfl-berlin.org)

Direktorin Prof. Dr. Dr. h.c. Sigrid Weigel

© 2015 · Das Copyright und sämtliche Nutzungsrechte liegen ausschließlich bei den Autoren, ein Nachdruck der Texte auch in Auszügen ist nur mit deren ausdrücklicher Genehmigung gestattet.

Redaktion Dr. Christine Kutschbach

Gestaltung Carolyn Steinbeck · Gestaltung

Layout / Satz Jana Sherpa

gesetzt in der ITC Charter

# Inhalt

4 **Vorwort**

Vanessa Lux, Jörg Thomas Richter

7 **Molekulare Vergemeinschaftung? Ein Zeitbericht zur epigenetischen Fügung von Kultur jenseits des Labors**

Jörg Thomas Richter

18 **Transgenerationalität modellieren**

Vanessa Lux

29 **Was ist epigenetische Vererbung? Ein wissenschaftshistorischer Einwurf**

Ohad Parnes

# Vorwort

Vanessa Lux, Jörg Thomas Richter

Dass es bei der Herausbildung genealogisch prägender Merkmale nur auf die Vererbung ankommt, sei ein Vorurteil, das man den Menschen nicht austreiben könne, meinte der amerikanische Philosoph und Literat Ralph Waldo Emerson in einem Vortrag von 1848.<sup>1</sup> In Emersons Äußerung über seine Zeitgenossen bezieht sich Vererbung noch nicht ausschließlich auf genetische Übertragung, wie es uns heute geläufig ist. Die Vererbung, der hier das Vorurteil gilt, meint zusätzlich zur biologischen Abstammung auch das symbolische und materielle Erbe, das in Erbdynastien stets zusammen übertragen wurde. Emerson macht sich im zitierten Vortrag für die Schaffung einer »natürlichen« Aristokratie jenseits von Erbdynastien stark, für die neben der Vererbung im biologischen Sinne auch Bildung und Erziehung wesentlich seien. Darin klingt bereits die spätere Trennung biologischer und kultureller Übertragungsweisen an, die unter anderem die Anlage-Umwelt-Debatte erst hervorbrachte. Doch auch nach der Trennung von Vererbung, Erbschaft, Bildung, Erziehung und kultureller Übertragung, nach Darwinscher Evolutionstheorie und einer im 20. Jahrhundert triumphalen Genetik blieb das Vorurteil zugunsten der Vererbung bestehen.

Epigenetik ist gewiss kein genuin transzendentalistisches Projekt<sup>2</sup>, noch sind durch sie die genetischen Befunde gänzlich widerlegt oder gar die Genetik als Disziplin obsolet geworden. Im Gegenteil: Ihre gegenwärtige Variante ist in der molekularbiologischen Genetik beheimatet, deren Techniken und Methoden sie zur Voraussetzung hat. Doch seit mindestens zwei Dekaden zerrt sie beharrlich an dem Vorurteil, dass »harte« genetische Vererbung das Maß bilde, an dem biologische Übertragungsprozesse bemessen werden müssen. Das Interesse, mit dem die Forschung zu epigenetischen Mechanismen betrieben und in der Öffentlichkeit verfolgt wird, gründet wesentlich in diesem Aufbegehren gegen das »Dogma« Francis Cricks, das die Genetik seit Mitte des 20. Jahrhunderts geprägt hat. Es besagt, dass die DNA die RNA und diese wiederum die Proteine kodiere. Vom Protein, und damit auch vom Phänotyp, führt demnach kein Weg zurück zur DNA. In den Zellen wirksame, molekulare Mechanismen wie die Methylierung von DNA-Bestandteilen, die Modifikation von Histonen oder Interferenzen zwischen verschiedenen RNAs haben diese Aussage aufgeweicht. Aber ist damit notwendig auch von einer Revolution in der Biologie der Vererbung zu sprechen?

---

1 Vgl. Ralph Waldo Emerson, »Aristocracy«, *The Works of Ralph Waldo Emerson, in 12 vols. Fireside Edition* (Boston and New York, 1909), vol. 10, 33–67, hier: 37. »I observe the inextinguishable prejudice men have in favor of a hereditary transmission of qualities.«

2 Obwohl man für diese These durchaus Fürsprecher gewinnen könnte, wenn man der Einschätzung von Dietmar Schulz [*Emerson and Thoreau or Steps Beyond Ourselves: Studies in Transcendentalism* (Heidelberg: Mattes Verlag, 2012)] folgt, dass der amerikanische Transzendentalismus nach Emerson und Henry David Thoreau einen systemischen Blick auf Natur nicht nur zulässt, sondern einfordert.

Zumindest machen dies oftmals die öffentliche Rezeption der Epigenetik, aber auch die Darstellung der Forschungsbefunde selbst glauben. Vorsicht, so geht das Sprichwort, ist die Mutter der Porzellankeise. In der Biologie wird intensiv zu den verschiedenen Ebenen geforscht, auf denen bestimmte Merkmale von einer Generation auf die nächste übertragen werden. Dazu zählt Vererbung als Weitergabe von DNA in der Keimbahn, aber etwa auch Verhaltensprägungen oder der Einfluss von Umwelt während der Entwicklung der Organismen, die Konstruktion von robusten Nischen, die stetig die darin wachsenden Phänotypen prägen u.a.m. All dies als Vererbung zu begreifen, strapaziert den Begriff, weil sich unterschiedliche Konzepte überschneiden. Zusätzlich entspringt die Hinwendung zu epigenetischen und damit potenziell sozialen und kulturellen Faktoren in der biologischen Vererbungsforschung womöglich nicht allein einer empirisch-experimentellen Grenze der Genetik und damit dem Erkenntniszuwachs der Genomforschung, sondern geht auch auf eine gegenwärtige Tendenz zur Ausweitung biowissenschaftlicher Erklärungsweisen auf alle Bereiche des Humanen und damit auch des Kulturellen zurück. Dies kann einerseits als Prozess der Übernahme und Dominanz des Biologischen und andererseits als Öffnungs- und Suchprozess verlaufen.

Die zwei folgenden Vortragsskripte sowie die Transkripte von Kommentar und Diskussion entstammen einem Workshop, auf dem die »Verfahren« der Epigenetik im Fokus der Diskussion standen. Darin wurden die Technologien der Epigenetik innerhalb der Forschung und an ihren Schnittstellen mit anderen Disziplinen und der Öffentlichkeit beobachtet. Leitend war die Frage, *wie* das Wissen um epigenetische Prozesse in Forschungslabor und Öffentlichkeit zwischen *techné* und *logos* greifbar wird, wie es dargestellt, modelliert, angewendet wird. Das schließt ausdrücklich sowohl die geschichtliche Herkunft dieser Verfahren ein, als auch die Art und Weise, wie Epigenetik als Wissenschaft und wie ihre Befunde kulturell verankert und zur Darstellung gebracht werden. Die hier aus diesem Diskussionszusammenhang ausgekoppelten Beiträge werfen einen Blick auf die Konstruktionen von Übertragungsphänomenen in Forschung und Öffentlichkeit. Der Beitrag von Jörg Thomas Richter unternimmt eine kurze Medienschau, die skizziert, welche Relevanz den Befunden dieser Forschung in der breiteren Publizistik beigemessen wird. Vanessa Lux eruiert die konzeptionellen Interferenzen, auf die die Forschung trifft, wenn sie transgenerationale Übertragung als Vererbung modelliert. Ohad Parnes geht in seinem Kommentar sowohl auf historische als auch systematische Probleme des Vererbungsbegriffs ein, wie er aus der Genetik in die Epigenetik übertragen wird. Dem beigeordnet sind Auszüge aus der Abschlussdiskussion. Sie belegen ihrerseits das faszinierende Schillern, das die Epigenetik umgibt, aber sie suchen darüber hinaus die Spiegel und Splitter zu orten, von denen es möglicherweise ausgeht.

Emerson führt seinen Satz über die Vorurteile für die erbliche Übertragung von Eigenschaften so fort: »Es ist vergeblich, sie [die Leute] an die Launenhaftigkeit der Natur zu erinnern. Einige Eigenschaften legt sie sorgfältig fest und vererbt sie, andere hingegen, und dies sind die feineren, haucht sie mit dem Atem der Individuen aus, als ob es zu kostspielig sei, sie fortzuführen. Aber ich konnte auch beobachten, dass sie in jeder beliebigen Population fixiert werden können, indem sie auf jedes Individuum aufgemalt und immer wieder nachgemalt werden, bis schließlich die Natur sie übernimmt und in ihr Porzellan hineinbrennt.«<sup>3</sup> Vielleicht geht es, wie Emerson in seinem Bild insinuiert, mehr darum, den weichen Ton zu erkunden, als das gebrannte Porzellan – dasjenige eben, was zu kostspielig ist, um es zu verewigen. Demnach zählt weniger die Frage, ob es die »weichen« oder die »harten« Vererbungsfaktoren sind, die letztlich Vererbung bestimmen, sondern worin das »Kostbare« dieser der Verewigung entzogenen Zwischenwelt der Vererbung besteht.

Wir danken allen Diskutanten für ihr hohes Engagement und die Erlaubnis, ihre informellen Redebei-

3 Eigene Übersetzung von Emerson, »Aristocracy«, 37: »It is in vain to remind them that Nature appears capricious. Some qualities she carefully fixes and transmits, but some, and those the finer, she exhales with the breath of the individual, as too costly to perpetuate. But I notice also that they may become fixed and permanent in any stock, by painting and repainting them on every individual, until at last Nature adopts them and bakes them into her porcelain.«

träge zu veröffentlichen. Der Dank gilt Ohad Parnes (Wissenschaftsgeschichte, Berlin), Astrid Mach-Aigner (Biotechnologie, TU Wien), Regine Kollek (Bioethik und Technikfolgenabschätzung, Universität Hamburg), Jörg Niewöhner (Ethnologie, HU Berlin), Sebastian Schuol (Bioethik, Universität Tübingen). Zur weiterführenden Diskussion siehe den Band *Kulturen der Epigenetik* (Berlin: de Gruyter, 2014), der systematisch die Resultate der Workshopreihe »Kulturelle Faktoren der Vererbung« (ZfL, 2011–2012) versammelt.

# Molekulare Vergemeinschaftung? Ein Zeitbericht zur epigenetischen Fügung von Kultur jenseits des Labors<sup>1</sup>

Jörg Thomas Richter

Die Interaktionen von DNA mit Umwelt, die Kopplungen zwischen biologischen Prozessen und mentaler Erfahrung, deren mögliche Vererbbarkeit sowie das Aufzeigen der potentiellen Reversibilität von »krankhaften« Entwicklungen innerhalb solcher Wechselspiele bilden Faszinationen, die jenseits der molekularbiologischen Labore das öffentliche Interesse entzündet haben. Diese Faszinationen sollen hier im Mittelpunkt stehen. Denn fast unvermeidlich verfallen die Forschungsbefunde einem Deutungsanspruch auf Humankultur, auf einen Bereich, der zunächst einmal jenseits der konkreten Forschung liegt und weit über diesen hinaus zeigt. Die folgende Mischung aus Glosse und Essay zur epigenetischen Weltbildproduktion – höher kann der Anspruch angesichts einer unabgeschlossenen, derzeit noch emergierenden Publizistik nicht sein – hat mehrere Teile. Die beiden ersten sind dem Auftritt der Epigenetik in der Öffentlichkeit gewidmet: Zuerst in einer impressionistischen Bestandsaufnahme der diesbezüglichen Publizistik, danach, um einen prominenten Bildbereich festzuhalten, wie er sich in der öffentlichen Diskussion der Epigenetik sedimentiert hat. Die darauf folgenden Teile widmen sich dem Emporkommen einer molekularen Vergemeinschaftungsrhetorik. Abschließend soll kurz die soteriologische Hoffnung erörtert werden, mit welcher der epigenetischen Forschung zumindest in ausgewählten theologischen Diskursen begegnet wird.

## *Epigenetik im Print*

Epigenetische Forschung unterliegt der allgegenwärtigen Medialisierung der Wissenschaften. Neben der wissenschaftlichen Publizistik bewegt sie sich im gesamten medialen Spektrum. In Tagespresse und Journalen werden neueste Befunde kolportiert, Fernsehdokumentationen erklären die Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit, Labore und Forschungskonsortien pflegen ihren Auftritt in elektronischen Plattformen, zum Thema wird gebloggt und getwittert. Verschiedene Labore führen eigene Blogs, sind

---

<sup>1</sup> Der Text ist die geringfügig bearbeitete Zusammenfassung zweier Vortragsskripte, zuerst erstellt für den Workshop »Kulturelle Faktoren der Vererbung III: Verfahren« (ZfL Berlin) und weiter geschrieben für das Kolloquium des DFG-Graduiertenkollegs »Generationengeschichte« an der Universität Göttingen.

präsent in öffentlichen Netzwerken, wo sie informell aus ihrer Forschung berichten oder auf neue Forschungstrends eingehen.<sup>2</sup> Daneben arbeiten Wissenschaftsjournalisten blitzschnell jüngste Forschungsergebnisse für die Diskussion auf<sup>3</sup>, eine Vielzahl von Bloggern kommentiert wiederum das Material und ordnet es in je interessierende alltagspraktische, weltbildliche Zusammenhänge ein. Ähnliches gilt für die Printmedien: Man spricht von Epigenetik in *The New York Times* unter Schlagzeilen wie »Why Fathers Really Matter« (Shulevitz 2012) oder »A Pregnant Mother's Diet May Turn the Genes Around« (Blakeslee 2013). Die Londoner *Times* schreibt in der Sonntagsausgabe vom 13. Mai 2007 zur Epigenetik:

*This sounds like crazy myth, not cutting-edge science: your asthma is your grandmother's fault – for smoking. Your weight issue is because Great-Grandpa Harry was raised in poverty and taught to grab any crumb he could. Your depression is the result of a long-dead relative's fears. You inherited their problems long before you were conceived, but that doesn't get you off the hook. How you live will affect your children's children. Your own unhealthy lifestyle is putting future generations at risk.*

Noch früher berichtet Sharon Begley im *Wallstreet Journal* vom 15.08. 2003: »Lab Mice Take After Mom's Diet.«<sup>4</sup>

Neben vielzähligen kleineren Reportagen liegen mittlerweile auch einige populärwissenschaftliche Bücher vor. Genannt seien für den englischsprachigen Raum Richard Francis' *Epigenetics: How the Environment Shapes your Genes* und Nessa Careys *The Epigenetics Revolution* (Francis 2011a; Carey 2011); im deutschsprachigen Raum wissen Johannes Hubers Buch *Liebe lässt sich vererben*, Peter Kegels *Epigenetik: Wie Erfahrungen vererbt werden* und Peter Sporks *Der zweite Code: Epigenetik, oder wie wir unser Erbgut steuern können* von den praktischen Konsequenzen dieser Forschung (Huber 2011; Spork 2010; Kegel 2009). Der Clou der Titel – soweit sie sich auf einen Nenner bringen lassen – besteht in der These, dass man sich der genetisch regulierten Vererbung durch mehr oder minder gezielte Interventionen bemächtigen kann, bzw. dass genetische Vererbungsmechanismen wenigstens für individuelle Lebensumstände empfänglich sind.

Vor diesem Hintergrund wirken epigenetische Befunde auch in das Genre der Memoiren hinein. Doreen Carvajal, suchend nach den Ursachen merkwürdig empfundener Verhaltensformen in ihrer Familie, schreibt unter dem Titel »In Andalusia, on the trail of inherited memories« (Carvajal 2012):

*There are scientific studies exploring whether the history of our ancestors is somehow a part of us, inherited in unexpected ways through a vast chemical network in our cells that controls genes, switching them on and off. At the heart of the field, known as epigenetics, is the notion that genes have memory and that the lives of our grandparents — what they breathed, saw and ate — can directly affect us decades later.*

Man möchte einer Auswertung dieser flüchtigen und breit streuenden Literatur mindestens eine statistische Analyse vorschalten, um überhaupt einzelne Beispiele als repräsentativ herauspräparieren zu

2 Stellvertretend seien hier die Netzauftritte des Epigenom-Netzwerks der EU genannt, unter <http://www.epigenome.eu/de> bzw. des Human Epigenome Projects unter <http://www.epigenome.org/>.

3 Vgl. hierzu den seit 2010 von dem Wissenschaftsjournalisten Peter Spork herausgegebenen Epigenetik-Newsletter, aufzurufen unter <http://www.peter-spork.de/86-0-Newsletter-Epigenetik.html>.

4 Ähnliche Schlagzeilen sind in der deutschen Presse zu finden, in der *Frankfurter Allgemeinen Zeitung*, in *Die Zeit*, im *Spiegel* und noch in *Brigitte*. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit vgl. folgende Auswahl: [lub/ddp] 2009; Elmer 2013; Stohn 2014; Karberg 2009; Müller-Jung 2010.

können.<sup>5</sup> In ihrer populärwissenschaftlichen Fassung gibt sich Epigenetik einerseits als ein Bereich, in dem es Individuen möglich wird, ihr genetisches »Schicksal« zu manipulieren. Gegenüber diesem emanzipativen Potential zeigt sich andererseits aber auch die tiefe Verstrickung der Individuen mit Umwelt, Lebensstil sowie Lebenswelten und -erfahrungen früherer Generationen, die sich auf physiologischer Ebene mit den Erfahrungen der Gegenwärtigen überlappen. Angesichts der hier nur angerissenen Vielfalt von epigenetischen Themen in der breiten Publizistik ist also nur bedingt vor etwaigen Missständen in der Wissenschaftsrezeption und –kommunikation zu warnen. Statt dessen muss man hervorheben, dass in diesen teils legitimen, teils illegitimen Anwendungen auch der Gestus der Bemächtigung eine Rolle spielt. Statt Forschung demütig zu rezipieren, wird diese in den Dienst individueller Lebensbedürfnisse gestellt. Die entfremdende mediale Indienstnahme unterläuft die Ziele und Befunde der Forschung, indem sie so komplizierte Dinge wie DNA-Methylierung, Histonmodifikationen, microRNA usw. weltbildlichen Imaginations- und Identitätstechniken verfügbar zu machen sucht.

Denn Epigenetik, so machen die Publikationen verschiedentlich glauben, spielt neben den häufig angerissenen Bereichen von Ernährung, Schwangerschaft, Diabetes und Krebs auch hinein in den der Weltbildkonstruktion, in welcher aus der epigenetischen Entzauberung der Genetik die Wiederverzauberung der biologischen Konstitution des menschlichen Gemeinwesens eingeflochten ist. *Liebe lässt sich vererben* versucht beispielsweise wie viele der oben genannten Publikationen den unmittelbaren Brückenschlag der Grundlagenforschung in die Lebensstilpraxis. In anschaulicher Sprache erläutert das Buch für Laien die Forschungslage und leitet daraus etliche Handlungsempfehlungen für den Alltag, vor allem für Eltern und Schwangere ab. Vorgeführt werden die Effekte von »Erziehungsfehlern«, aus der »Epigenetik des Streichelns« folgt nicht nur die notwendige Stärkung von Mutter-Kind-Beziehungen. Implizit darin ist ein Plädoyer für Monogamie und die Betonung der »seelischen Komponente beim Sex« in der sexuellen Aufklärung von Jugendlichen, eine Kritik an Videospiele, an der Ausbildung von Erzieherinnen u.a.m. Der Ausgriff in den Bereich der privaten Lebensstilfragen macht hier die Praktikabilität einer Forschung geltend, die sich allerdings in ihren Befunden weitaus moderater gibt. Die Forschung bildet weiterführende Arbeitshypothesen, wie etwa zur Reversibilität genetischer Prägungen oder zu transgenerationellen Übertragungen, in der Publizistik aber entstehen Suggestionen, in denen die epigenetische Forschung bereits Praxismacht entfaltet.<sup>6</sup> Ist dies ein Erwartungsdruck, den zu bedienen die Forschung nicht umgehen kann?

## Epigenetische Gespenster

Die Provokation und Effektivität der epigenetischen Forschungen gegenüber genetischer Vererbung widerspiegelt ein Bild, mit dem die außerhalb der DNA aktiven, molekular nachweisbaren Regularien seit einigen Jahren bedacht werden. *The Ghost in Your Genes*, dirigiert und produziert von Nigel Paterson, war der Titel einer Fernsehdokumentation der BBC aus dem Jahr 2006 über die Epigenetik.<sup>7</sup> In die geno-

5 Hierzu ist nach Stand von Dezember 2013 die Forschung am Laufen, die Anthropologin Deborah Heath arbeitet aktuell zu »The Emerging Epigenetic Mystique«. Vgl. <http://college.lclark.edu/live/profiles/109-deborah-heath/>. Mill und Heijmans beispielsweise warnen in ihrem Artikel zu weiteren Entwicklungschancen der Epigenetik mittlerweile: »Epigenetics must be careful to avoid some of the hype that surrounded the early days of genetic epidemiology, and it is important for the community to manage expectations« (Mill und Heijmans 2013).

6 Sehr schön ist diese Hypostasierung von Befunden zu Handlungsanleitungen in dem Kurzbericht über Forschung zu epigenetischen Einflüssen von Vätern zu sehen, »Lebensstil der Väter hat Folgen«, FAZ 5. März 2014, N 2. Nach Skizze der Befunde heißt es: »Es müsse daran angeknüpft werden, um herauszufinden, wann und wie man in das Verhalten der Väter eingreifen kann, um den Schaden für ihren Nachwuchs zu minimieren«. In der entsprechenden Studie geht es weniger allgemein um »Lebensstil«, noch umfassend um Verhalten: Sie trifft am Rattenmodell untersuchte Aussagen über die Folgen fettreicher Diät.

7 Bezeichnenderweise schreibt der Titel eine Metapher fort, die Gilbert Ryle in seiner Auseinandersetzung mit der Genetik und dem Behaviourismus geprägt hat. Sie wurde popularisiert in dem gegen den Geist-Körper-Dualismus gerichteten Buch Arthur Koesters, *The Ghost in the Machine* von 1967.

zentrische Rationalisierung der Vererbung drängen darin Schemen, die zwar punktuell nachweisbar – und somit relevant – aber noch unverstanden sind. Der Titel war schlaue gewählt. Er streute breit. Buchpublikationen unterschiedlichsten Niveaus zeugen davon – von dem esoterischen und New Age-affinen Ratgeber *The Genie in Your Genes* (Church 2007) über seriösen Wissenschaftsjournalismus *Epigenetics: The Ultimate Mystery of Inheritance* (Francis 2011b), oder, wie oben bereits genannt, im Spiel mit dem verwandten Bild des zweiten Gesichts, *Der zweite Code*, bis hinein in die bioethische Forschungsliteratur – »The Ghost in Our Genes« titelt eine Studie (Rothstein, Cai, und Marchant 2009). Immer scheint Epigenetik wenigstens ein wenig realitätsfern – *Beyond Mechanism* (Henning and Scarfe, 2013) – aber dafür umso wirkmächtiger.

Das Leitthema von *The Ghost in Your Genes* sind die durch die Epigenetik neu gestrickten, leiblichen Bindungen zwischen den Generationen. Marcus Pembrey und Lars Olov Bygren, die eine einflussreiche Studie zu den epigenetischen Auswirkungen von Ernährung verfasst haben, werden neben einigen weiteren Forschern (u.a. Wolf Reik und Rachel Yehuda) darin als Protagonisten der Epigenetik gezeigt, als »Auserwählte einer kleinen Gruppe von Wissenschaftlern« (»the select of a band of scientists«), die es wagen, eine Orthodoxie herauszufordern (»daring to challenge an orthodoxy«). Wenig Hellhörigkeit ist nötig, um den Abenteuerplot zu erlauschen, der die neue Forschung umgibt. Die Wortwahl stützt überdies ein quasi-protestantisches Reformationsphantasma. Die biologische Vererbung wird aus den Fängen einer dogmatischen Genetik herausgelöst und zur individuellen Verantwortungsebene deklariert.

In der Dokumentation wird die neue Disziplin effektiv inszeniert. Beginnend mit einem Spaziergang auf dem Friedhof des nordschwedischen Dorfes Överkalix, dessen Bevölkerungsdaten Pembrey und Bygren für ihre Studie ausgewertet hatten, entspinnen die Bildfolgen eine weit reichende Dramaturgie. Immer wieder im Wechsel mit Experteninterviews und schematischen Darstellungen epigenetischer Prozesse blendet die Dokumentation Fotodokumente von historischem Landleben, von Patienten mit Erb leiden, von Kriegsgeschehen, aber auch klassische Malerei ein. Auf Bilder des Holocausts folgen flugs Bilder vom 11. September 2001, die den Hintergrund für die Untersuchung transgenerationell weiter gegebener Traumatisierungen darstellen. Am Ende versprühen Agrarflugzeuge Pestizide, was die alltäglichen Konsequenzen der Epigenetik im Alltag der modernen Ernährung illustriert, bevor Pembrey dann im Schlusswort hervorhebt, dass man durch seine individuelle Lebensführung das Erbmateriale zukünftiger Generationen beeinflusse und diesen gegenüber somit stärker verantwortlich sei, als es eine »pure« genetische Vererbung einst glauben machte.

Wovon nicht gesprochen wird: Welche individuelle Handlungsmacht besaß die Bevölkerung von Överkalix über die Missernten? Welche Möglichkeiten hatten die Schwangeren, sich und ihren Fötus in den im II. Weltkrieg in den Niederlanden von den Nationalsozialisten ausgehungerten Städten zu ernähren? In den neu entstandenen Grauzonen zwischen Tradierung, Weitergabe und Vererbung wird eine Vielzahl historischer, sozialer und kultureller Erfahrungen in mehr oder minder physiologische Spuren übersetzt. Im Einzugsbereich dieser Korrelationen tritt die Epigenetik als eine Disziplin auf, die Kausalitäten verifiziert und gewissermaßen Letztbegründungen verspricht.

## *Angstgemeinschaft*

Aber nicht nur Liebe zwischen den epigenetisch verbandelten Generationen lässt sich vererben. Weitaus maßgeblicher sind negative Emotionen. Auf der Festversammlung der Max-Planck-Gesellschaft in Berlin am 09. Juni 2011 mutmaßte deren Präsident Peter Gruss, dass die sprichwörtliche deutsche Angst eine

aus den unaufgearbeiteten Traumata des II. Weltkrieges ererbte Erscheinung sein könne (Gruss 2011a). Über epigenetische Prozesse seien die Kriegserfahrungen in das nationale Erbgut eingefleischt. Gruss wirbt brillant für die Gesellschaft, die er vertritt, und damit auch für die darin durchgeführte epigenetische Forschung. Klar ist ja allemal: Forschung benötigt Förderung. Neben der prekären Ökonomie von Grundlagenforschung spricht die Rede auch gesellschaftliche Vorbehalte gegenüber der Forschung an, wie sie Forschungsvorhaben zu Energiewende, Klimawandel u.a.m. beeinträchtigen.

In diesem forschungspolitisch komplizierten Kontext bildete die Epigenetik das Eingangsbeispiel. Im obligaten Ringen gerade um die kulturelle Bedeutung von »Grundlagenforschung an den Grenzen des Wissens«, und damit auch: im Heischen um die Finanzierung des Unterfangens, steht sie an prominenter Stelle. Denn Epigenetik, so führt der Forscher aus, könne möglicherweise »die molekularbiologischen Grundlagen für das Phänomen ›German Angst‹«, also für ein kollektives Bewusstseinsphänomen liefern. Er weist – mit Blick auf Untersuchungen Florian Holsboers und Thomas Jenuweins – darauf hin, dass hierzu erste Indizien aus der Forschung zu epigenetischer Traumavererbung vorliegen. Die gegen den inszenierten Hintergrund der *German angst* angeführte Erkundung des Epigenoms versprache, dass man die durch die Umwelt eingebrachten »Fehlregulationen« rückgängig machen könne (vgl. Gruss 2011a).<sup>8</sup> So weit diese bemerkenswerte Passage aus der Rede.

Warum, so ist zu fragen, wird darin statt des konkreten Forschungsthemas Trauma (wie bei Holsboer und Jenuwein konfiguriert) hier die generelle Angst abgerufen? Jenseits der in der Tagespresse kaum monierten politischen Inkorrektheit der Rede, eine Nationalcharakteristik in somatische Übertragungszusammenhänge zu verschieben, muss nach der eigentümlichen Vertauschung gefragt werden, welche die Grundlagen der Angst statt in einem vorgängigen historischen Geschehen nun auf molekularbiologischer Ebene verortet. Womöglich meint der Redner nur die behavioristische Engführung auf ein Reiz-Reaktions-Schema vor dem Hintergrund eines in der epigenetischen Forschung ubiquitären Stress-Modells. Aber Angst ist ein breites Thema, wenigstens seit Kierkegard. Statt der möglichen Heilung einzelner Angstpatienten wird die Heilung eines kollektiven Syndroms suggeriert, wobei die kollektive Angst ebenso wie die mögliche Heilung einer solchen Angst auf kollektiver Ebene vage Unterstellungen bleiben. Man trifft sich in der Suggestion, dass die richtigen Methylierungen die entsprechenden Gene – und damit fehlgegangene Bewusstseinsinformationen – berichtigen könnten. Epigenetik ist dieser Suggestion nach nicht nur von gesundheitlicher, sie ist auch von gesellschaftlicher und kulturhistorischer Bedeutung.

### *Einverleibung der Gemeinschaft*

Benedict Anderson sprach vor einigen Dekaden von den *Imagined Communities*, die dann entstehen, wenn Individuen, wiewohl sie voneinander getrennt leben, dennoch einen durch Medien vermittelten Gemeinschaftsgeist entwickeln. Anderson wollte den Zusammenhang zwischen Presse und Nationalgeist erklären – durch gemeinsame Lektüre überregionaler Schriften (1983, zit. nach Anderson 1991). Älter ist die These des Soziologen Karl Mannheim, der statt solcher Lektüregemeinschaften 1928 das Entstehen von Erfahrungsgemeinschaften hervorhob, die er unter den Titel der ›Generation‹ stellte. Max Weber wiederum schreibt: »›Vergemeinschaftung‹ soll eine soziale Beziehung heißen, wenn und soweit die Einstellung des sozialen Handelns – im Einzelfall oder im Durchschnitt oder im reinen Typus – auf

8 Peter Spork schreibt mit ähnlicher Tendenz, allerdings mit Bezug auf die Kriegsversehrten des Afghanistan-Konflikts, für die *Frankfurter Rundschau* den Artikel: »Traumatisiert bis in die Gene« (09. August 2011; online. <<http://www.fr-online.de/wissenschaft/epigenetik-traumatisiert-bis-in-die-gene,1472788,8788360.html>>; zuletzt: 17. November 2012).

subjektiv *gefühlter* (affektuellem oder traditionaler) *Zusammengehörigkeit* der Beteiligten beruht.«  
 Wie ließe sich die gegenwärtige Forschung zu Angst und Traumata im Zusammenhang mit diesen Thesen über die Hervorbringung von gesellschaftlichen Identitäten verstehen? In der Publizistik zur Epigenetik verschmelzen mediale Gemeinschaft, historische Erfahrung und physiologische Spuren der Erfahrung zu einem Gemenge, das sich auf molekularer Ebene materialisiert und dort veritable Evidenzen zeitigt. Die Assoziation von molekularer Feinstdynamik mit kollektiviert vorgestellten Affektstrukturen behauptet soziologische Signifikanz. Folgen traumatischer Erlebnisse hinterlassen physiologische Spuren; Forschung an Ratten und Mäusen hat – wie derzeit (noch) einige wenige Studien belegen – gezeigt, dass offenbar physiologische Mechanismen existieren, die diese Spuren auch transgenerationell übertragen. Eine historische Erfahrungsgemeinschaft, wie sie Mannheim zum Gegenstand soziohistorischer Forschung erhob – so etwas wie z.B. die Kriegskindergeneration – wird auf psychophysiologischer Ebene erschlossen.

Aus dieser molekularen Vergemeinschaftung, so schlüssig sie auf Molekülebene auch beschrieben werden kann, bleibt allerdings gerade die historische Erfahrung ausgeschlossen. Zwar wird offenbar akzeptiert, dass Erfahrung – und insbesondere Angst – Gemeinschaften stiften kann. Demgegenüber erweist sich schon die konkretere Frage, ob und, wenn ja, seit wann es beispielsweise die deutsche Angst gibt, als ernstes Problem der historischen Interpretation. Sie ist nicht leichthin mit dem Zweiten Weltkrieg zu beantworten. Zeitgeschichte lässt sich nicht konfliktlos in Massentraumatisierung auflösen (vgl. Schildt 2004). Manche Historiker verweisen diesbezüglich gern auf den dreißigjährigen Krieg und die weitläufigen Brandschatzungen und Gemetzel im deutschsprachigen Terrain. En passant weisen sie auf die Reformation hin, auf die neue Einsamkeit des Menschen mit Gott durch die protestantische Zurückweisung von Vermittlern wie etwa der Kirche (Dorn und Wagner 2012).

Man darf zweifeln, ob kulturhistorische Phänomenbereiche wie eine Mentalität der Angst irgendwie seriös epigenetisch geklärt werden könnten. Man darf auch zweifeln, ob solche langen historischen Distanzen überhaupt eine Rolle spielen, wenn es darum geht, ein generelles, unspezifisches Angstphänomen unklarer historischer Bestimmung experimentell zu untersuchen, selbst wenn es eventuell nachweisbare somatische Wirkung gezeigt haben mag. Vielmehr produziert die Rede von einer physiologisch eingeschriebenen Kollektivangst einen gezielten semantischen Überschuss, der verdeckt, dass hier nicht eine epigenetische Moleküldynamik, sondern ein hochkomplexes historisches Geschehen grundlegend ist. Im Horizont des Soma fällt die Deutungshoheit des historischen Diskurses quasi aus.

In einem die Rede im *Tagesspiegel* zusammenfassenden Artikel definiert Gruss die deutsche Angst als »kollektive panische Reaktion auf potenzielle Bedrohungen« – wobei in diesem Artikel wiederum nicht von den epigenetischen Ursachen der Angst gesprochen wird (Gruss 2011b). Der Verdacht, der sich aufdrängt, ist, dass mit der Anspielung auf die Angst und nicht etwa auf das Trauma eine erhabener, nicht-medizinische Dimension aufgerufen wird. Anstelle neue und interessante Befunde zur Pathologie des Traumas vorzustellen, wird ein diffuses Kollektivbewusstseinsphänomen pathologisiert. Eine vermeintlich defizitäre, kollektive Identität wird molekular eingehaust und für medizinische Heilung verfügbar gemacht.

Mit diesem zumindest rhetorischem Überschuss steht Peter Gruss nicht allein. Weitere Beispiele sind ja unter anderem, unter Mitwirkung z.B. von Florian Holsboer, dem, sagen wir, Angst-Gen der zukünftigen Amerikaner gewidmet: die Untersuchung um die Vererbung von PTSD durch die Schwangeren, die vom 11. September 2001 traumatisiert worden waren. Rachel Yehuda und Linda Bierer konnten belegen, dass diese Ereignisse Spuren im Erbgut der nachher geborenen Kinder hinterließen (Yehuda und Bierer, 2008).

In weniger bissiger Interpretation kann dieses Fragen nach Molekulargemeinschaften, wie es an den publizistischen Rändern der Forschung entsteht, durchaus nur als eine fruchtbare Arbeitshypothe-

se verstanden werden, deren Überbewertung tunlichst zu vermeiden, deren gespanntes Verhältnis zu kulturhistorischen Phänomenbereichen aber wenigstens zu notieren ist. So oder so verschieben sich innerhalb dieser »reduktionistischen Metaphysik«, um ein Wort von Julian Nida-Rümelin zu borgen, einige kulturelle Vorannahmen, die zuvor gerade molekularbiologischen Hypothesen zu kultureller Vergemeinschaftung angelastet wurden. Genetische und epigenetische Vergemeinschaftung unterscheiden sich in dieser Hinsicht markant auf ideologischer Ebene. Die immer wieder vorfindliche Behauptung von biologischer Gemeinschaftskonstitution durch Genetik war von Vorbehalten gegenüber latent rassischer Klassifizierung begleitet. Implizit in der epigenetischen Wendung ist dagegen weniger die biologische, als vielmehr die soziokulturelle und historische Spezifität von Menschengruppen, gerade aufgrund ihrer molekularen Spur. Klasse statt Rasse also.<sup>9</sup> Wie diese Transformation der molekularbiologischen Optik auf humane Diversität bei Vermeidung einer reduktionistischen Perspektive weiter konzipiert werden könnte, ist eine Frage, der man sich in den Geisteswissenschaften stellen muss, ohne neurobiologischen Fehlschlüssen und Reduktionen zu verfallen.

### *Epigenetik und Erbsünde*

Dass Angst rhetorisch im Sinne eines Vergemeinschaftungs- und Emanzipationselements überzeugt, hat neben der naturwissenschaftlichen Reduktion auch mit einer anderen diskursiven Formation zu tun, welche durch sie hindurch scheint. »In der Welt habt ihr Angst, aber seid getrost, ich habe die Welt überwunden«, heißt es bei Johannes 16, 33 in einem der grundlegenden Texte für die Rationalisierungen von Angst in der Philosophie und vor allem Theologie seit dem Mittelalter (vgl. Häfner 1971). Das In-der-Welt-Sein, die Determiniertheit durch weltliche, natürliche Zustände bildet einen Kern der abendländisch-christlichen Erbsündenthematik.

Die Assoziation von Genetik mit Erbsünde und von Epigenetik mit Erlösung von Erbsünde ist den Imaginationspotentialen der biologischen Publizistik nicht fremd. Zu nennen wäre unbedingt das Buch des belgischen Biochemikers Christian de Duve von 2009, in deutscher Übersetzung, *Die Genetik der Ursünde: Die Auswirkung der natürlichen Selektion auf die Zukunft der Menschheit*, erschienen 2011. Nach de Duve, Nobelpreisträger von 1974 für seine Arbeiten zu Zellstruktur und -funktion, hat die Selektion den Menschen auf unmittelbaren Vorteil getrimmt, und damit einen »angeborenen« Ballast geschaffen, der uns daran hindert, die gegenwärtigen, vor allem ökologischen, aber auch sozialen und politischen Bedingungen zu bewältigen. Regulative, die eine solche Weitsicht bewerkstelligen könnten, bieten, neben Erziehung u.a.m. die Religionen, die, so de Duve, »ideale Voraussetzungen [bieten] um für unser genetisches Erbe jene epigenetischen Korrekturen zu verbreiten, die dringend notwendig sind, damit die Welt vor irreparablen, von Menschen verursachten Schäden bewahrt wird« (Duve 2011, 201).

Dies ist eine zumindest unter katholischen Theologen nicht unbekannte Denkfigur. Entscheidend für die Affinität zwischen Erbsünde und Vererbung / Übertragung ist, wie bereits das Konzil von Trient Mitte des 16. Jahrhunderts festschrieb, dass, so Raymund Schwager, »Erbsünde durch Fortpflanzung (*propagatione*) und nicht durch Nachahmung (*imitatione*) weitergegeben« wird (Schwager 1997). Die quasi amtliche Erlaubnis zur Öffnung der Erbsünde für die moderne Biologie erfolgte auf dem Zweiten Vatikanischen Konzil in den 1960er Jahren, das festschrieb, dass Evolution mehr sei als eine Hypothese – eine Aussage, die seither von konservativer Seite unter Kritik steht. Diese naturwissenschaftlich informierte Theologie

<sup>9</sup> Diese Debatte ist insbesondere in den USA produktiv. Vgl. Smith 2013.

akzeptiert einerseits die Weitergabe älterer Bestimmungen durch den genetischen Code (Schwager 1997, 59). Daraus folgt dann andererseits auch die heilsgeschichtliche Aufgabe, diesen zu modifizieren. In diesem Sinn ist die Erbsünde das »Schuldhaftes Bleiben des Menschen in seiner ›Natürlichkeit‹, die gerade dadurch unnatürlich wird, dass sie sich nicht, wie es in ihrer Anlage liegt, transzendiert« (Spaemann zit. in Schwager 1997, 62). Es geht um die »Menschwerdung durch aktive Selbsttranszendenz«, so fasst der Biologe und katholische Theologe Oliver Putz die Diskussion zusammen. Die Genetik übermittelt nach diesem Verständnis die – gefallene – Natur des Menschen, Epigenetik hingegen fungiert als Bereich, in dem Interventionen möglich sind. Man kann der genetischen Erbsünde epigenetisch entkommen (Putz 2012).

Dabei geht es, dies sei abschließend wenigstens erwähnt, durchaus nicht nur um Grundsatzaussagen zum Heil der Menschheit. Die Forschung zu epigenetischen Mechanismen befruchtet auch und gerade einen theologischen Diskurs, der alltägliche Fragen tangiert. Matthias Beck, sowohl Biologe als auch Theologe und ordinierter Priester, betrachtet, um nur ein Beispiel zu nennen, die Sensitivität des Epigenoms gegenüber psychischen Prozessen als Linie, welche das Innenleben, die Religiosität eines Menschen in dessen Pathologie hinein verlängert.<sup>10</sup> Epigenetik ist hier das, was einmal die Wunderheilung war: Das Gebet mutiert zum stillen epigenetischen Bewusstseinsfaktor: qua Epigenetik wird es im profanen Sinn nützlich.

## Fazit

Das hier Gesagte ist nicht mehr als ein Zwischenbericht aus einer sich gegenwärtig noch ausbreitenden Diskussionslandschaft. Festhalten ließen sich bestenfalls Tendenzen, nicht Befunde. Es bleibt angesichts einer zum Zeitpunkt un abgeschlossenen Entwicklung sowohl in der Forschung als auch in der öffentlichen Rezeption abzuwarten, inwiefern die Verflechtung von epigenetischen Forschungen mit Deutungen von transgenerationell übermittelter Schuld und historischer Erfahrung hier und therapeutischer Erlösung da wirksam bleiben und Geltung beanspruchen wird. Problematisch an dieser Zusammenfügung wird freilich bleiben, so meine Vermutung, dass das epigenetische Selbstermächtigungsnarrativ den Verlust von Erfahrungskomplexität, wie er durch deren Subsumption unter Molekülveränderungen implizit ist, stillschweigend hinnimmt. Außerdem wird man sich fragen müssen, inwiefern das Aufkommen dieser biologischen Erzählung nicht die Kompensation anderweitig abhanden gekommener Vergemeinschaftungsmodelle bedeutet. Was ich oben, als ich mir das Wort »Vergemeinschaftung« von Max Weber borgte, unterschlagen habe, ist ja die grundsätzliche Beschränkung des Begriffs:

*Keineswegs jede Gemeinsamkeit der Qualitäten, der Situation oder des Verhaltens ist eine Vergemeinschaftung. Z.B. bedeutet die Gemeinsamkeit von solchem biologischen Erbgut, welches als »Rassen«-Merkmal angesehen wird, an sich natürlich noch keinerlei Vergemeinschaftung der dadurch Ausgezeichneten. Durch Beschränkung des commercium und connubium seitens der Umwelt können sie in eine gleichartige – dieser Umwelt gegenüber isolierte – Situation geraten. Aber auch wenn sie auf diese Situation gleichartig reagieren, so ist dies noch keine Vergemeinschaftung, und auch das bloße »Gefühl« für die gemeinsame Lage und deren Folgen erzeugt sie noch nicht. Erst wenn sie auf Grund dieses Gefühls ihr Verhalten irgendwie an einander orientieren, entsteht eine soziale Beziehung zwi-*

<sup>10</sup> Noch mit Blick auf Gen-Umwelt-Interaktion schreibt Beck 2007: »Apart from emotional links to other people, man's religious life constitutes a decisive element of his internal world, influencing states of mind such as peace, joyfulness, harmony or disharmony, fear, and desperation. It becomes easy to understand that man's religiousness has an impact on matter, including the matter of genes, as well as on their respective interaction« (Beck 2007). Später rückt die Epigenetik nach, vgl. Beck 2013.

*schen ihnen – nicht nur: jedes von ihnen zur Umwelt – und erst, soweit diese eine gefühlte Zusammengehörigkeit dokumentiert, »Gemeinschaft.« (Weber 1922, 22)*

Epigenetische Forschung weist in diesem Sinne eben gerade nicht auf die Vergemeinschaftung von Individuen entlang geteilter Molekülveränderungen hin. Sie vergemeinschaftet vielmehr durch die weltbildlichen Zusammenhänge, die sie in Interaktion mit Erwartungen und Phantasmen der Öffentlichkeit erzeugt.

Am wichtigsten aber scheint schlussendlich Folgendes: Es existiert ein hoher Bedarf an Skepsis gegenüber den narrativen Überschüssen, die zu Gemeinplätzen zu werden drohen. Anders als in der naturwissenschaftlichen Forschung selbst ist diese Skepsis in der breiteren Publizistik seltener zu finden. Aus Anlass des Nobelpreises von 2012 für John Gurdon und Shinya Yamanaka, die bahnbrechend in der epigenetischen Forschung zur Zellreprogrammierung wirkten, schien mir Matt Ridley recht allein, als er im *Wall Street Journal* vom 12. Oktober 2012 konsterniert in den Titel schrieb: »No, Your Child Won't Inherit Your Acquired Traits« (Ridley 2012).

## Literatur

- [daeu]. 2014. »Lebensstil der Väter hat Folgen.« *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 5. März: N 2.
- [lub/ddp]. 2009. »Epigenetik: Mütter können Erfahrungen vererben.« *Spiegel Online*, Februar 4. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/epigenetik-muetter-koennen-erfahrungen-vererben-a-605447.html>.
- Anderson, Benedict. 1991. *Imagined Communities: Reflections on the Origin and Spread of Nationalism*. London; New York: Verso.
- Beck, Matthias. 2007. »Illness, Disease and Sin: The Connection between Genetics and Spirituality.« *Christian Bioethics* 13: 67–89.
- Beck, Matthias. 2013. »Zur Beziehung von Geist, Genetik und Epigenetik.« *Imago Hominis* 20 (3): 205–215.
- Blakeslee, Sandra. 2013. »A Pregnant Mother's Diet May Turn the Genes Around.« *New York Times*. Zugegriffen Dezember 17. <http://www.nytimes.com/2003/10/07/science/a-pregnant-mother-s-diet-may-turn-the-genes-around.html?pagewanted=all&src=pm>.
- Carey, Nessa. 2011. *The Epigenetics Revolution: How Modern Biology Is Rewriting Our Understanding of Genetics, Disease and Inheritance*. London: Icon Books.
- Carvajal, Doreen. 2012. »In Andalusia, on the Trail of Inherited Memories.« *The New York Times*, August 17, Abschn. Science. <http://www.nytimes.com/2012/08/21/science/in-andalusia-searching-for-inherited-memories.html>.
- Church, Dawson. 2007. *The Genie in Your Genes: Epigenetic Medicine and the New Biology of Intention*. Santa Rosa, CA: Energy Psychology Press.
- Dorn, Thea, und Richard Wagner. 2012. *Die deutsche Seele*. München: Knaus.
- Elmer, Christina. 2013. »Epigenetik: Mäuse vererben schlechte Erinnerungen.« *Spiegel Online*, Dezember 2. <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/epigenetik-maeuse-vererben-schlechte-erinnerungen-a-936692.html>.
- Francis, Richard C. 2011a. *Epigenetics: How Environment Shapes Our Genes*. New York: Norton [Paperback-Ausgabe von Francis 2011b].
- Francis, Richard C. 2011b. *Epigenetics: The Ultimate Mystery of Inheritance*. New York: Norton.

- Gruss, Peter. 2011a. »Rede des Präsidenten, Prof. Peter Gruss zur Festversammlung der Max-Planck-Gesellschaft am 9. Juni 2011 in Berlin«. [www.mpg.de](http://www.mpg.de), <<http://www.mpg.de/4339503/hv2011Gruss.pdf>>.
- Gruss, Peter. 2011b. »Die Zukunft ist nicht ohne Risiko zu haben«. *Der Tagesspiegel Online*, Juni 9. <http://www.tagesspiegel.de/wissen/gastbeitrag-die-zukunft-ist-nicht-ohne-risiko-zu-haben/4270744.html>.
- Häfner, H. 1971. »Angst, Furcht«. *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Basel: Schwabe. 310–314.
- Jørgenson, Theodor. 2004. »Der Mensch vor Gott in der Genesisvorlesung Luthers«. *Lutherjahrbuch* 71: 131–158.
- Karberg, Sascha. 2009. »Ein Schalter für die Gene«. *Die Zeit*, Februar 24. [http://www.zeit.de/zeit-wissen/2005/04/Epigenetik\\_KT.xml](http://www.zeit.de/zeit-wissen/2005/04/Epigenetik_KT.xml).
- Kegel, Bernhard. 2009. *Epigenetik: wie Erfahrungen vererbt werden*. Köln: DuMont.
- Koestler, Arthur. 1967. *The Ghost in the Machine*. London: Arkana.
- Lüke, Ulrich. 2012. »Der Mensch – planlos zufällig oder zufallsreich geplant? Anthropologie jenseits von Evolutionismus und Kreationismus«. *Wie gewiss ist unser Wissen? Alles nur eine Mode der Zeit?* Helmut A. Müller / Hans Jörg Fahr. Berlin: Frank & Timme: 93–123.
- Mannheim, Karl. 1928. »Das Problem der Generationen«. *Kölner Vierteljahrshefte für Soziologie* 7.2: 157–185, 309–330.
- Mill, Jonathan, und Bastiaan T. Heijmans. 2013. »From Promises to Practical Strategies in Epigenetic Epidemiology«. *Nature Reviews Genetics* 14 (8) (August): 585–594.
- Müller-Jung, Joachim. 2010. »Epigenetik Fremde Mächte im Gehirn und Genom«. *FAZ.NET*, Juni 23, Abschn. Wissen. <http://www.faz.net/aktuell/wissen/mensch-gene/epigenetik-fremde-maechte-im-gehirn-und-genom-1578859.html>.
- Nida-Rümelin, Julian. 2005. *Über menschliche Freiheit*. Stuttgart: Reclam.
- P.J. »Technik«. 1980. *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Stuttgart: Metzler.
- Paterson, Nigel. 2006. *The ghost in your genes*. Dokumentarfilm. Paterson, N. (Regie und Produktion). Für die BBC von NOVA & HORIZON.
- Putz, Oliver. 2012. »Evolutionary Biology in a Catholic Framework«. In *Teaching the Tradition: Catholic Themes in Academic Disciplines*, herausgegeben von John J. Piderit und Melanie M. Morey, 307–329. New York: Oxford University Press. [http://www.academia.edu/455711/Evolutionary\\_Biology\\_in\\_a\\_Catholic\\_Framework](http://www.academia.edu/455711/Evolutionary_Biology_in_a_Catholic_Framework).
- Ridley, Matt. 2012. »No, Your Child Won't Inherit Your Acquired Traits«. *Wall Street Journal*, Oktober 12. <http://online.wsj.com/news/articles/SB10000872396390443294904578048381149899900>.
- Rothstein, Mark A., Yu Cai, und Gary E. Marchant. 2009. »The Ghost in Our Genes: Legal and Ethical Implications of Epigenetics«. *Health matrix* 19 (1): 1–62.
- Schildt, Axel. 2004. »German Angst«: Überlegungen zur Mentalitätsgeschichte der Bundesrepublik«. Münkler, Daniela; Schwarzkopf, Jutta (Hgg.) *Geschichte als Experiment. Studien zu Politik, Kultur und Alltag im 19. und 20. Jahrhundert. Festschrift für Adelheid von Saldern*. Frankfurt a.M.: Campus: 87–97.
- Schwager, Raymund. 1997. *Erbsünde und Heilsdrama: im Kontext von Evolution, Gentechnologie und Apokalyptik*. Münster: LIT.
- Shulevitz, Judith. 2012. »Why Fathers Really Matter«. *The New York Times*, September 8, Abschn. Opinion / Sunday Review. <http://www.nytimes.com/2012/09/09/opinion/sunday/why-fathers-really-matter.html>.

- Smith, Darron T. 2013. »The Epigenetics of Being Black and Feeling Blue: Understanding African-American Vulnerability to Disease«. *Huffington Post: The Blog – Black Voices*. 14.10. 2013. Online. <[http://www.huffingtonpost.com/darron-t-smith-phd/the-epigenetics-of-being-\\_b\\_4094226.html](http://www.huffingtonpost.com/darron-t-smith-phd/the-epigenetics-of-being-_b_4094226.html)>.
- Spork, Peter. 2010. *Der zweite Code: EPIGENETIK oder: Wie wir unser Erbgut steuern können*. Hamburg: Rowohlt.
- Stohn, Daniela. 2014. »Genforschung: Ist unsere Gesundheit vererbbar? (Interview mit Evelyn Gasser)«. *BRIGITTE.de*. Zugegriffen Januar 3. <http://www.brigitte.de/gesund/gesundheit/genforschung-gesundheit-1180118/>.
- Stöhr, Johannes. 2005. »Eucharistie als *medicina corporis et animae*.« *Katholische Monatsschrift* 35.7/8 (Juli/August): 458–468.
- Weber, Max. 1922. *Wirtschaft und Gesellschaft*. Tübingen: Mohr.
- Yehuda, Rachel und Linda M. Bierer. 2008. »Transgenerational Transmission of Cortisol and PTSD-Risk.« *Progress in Brain Research* 167: 121–135.

# Transgenerationalität modellieren<sup>1</sup>

Vanessa Lux

Für die stabile Weitergabe von phänotypischen Merkmalen an nachfolgende Generationen über die Keimbahn ist in der Biologie der Begriff der Vererbung reserviert. In diesem ist die Transgenerationalität immer schon mitgemeint, sie muss nicht gesondert angezeigt werden. Dies ist anders im Forschungsfeld der »Epigenetik«. Hier werden seit einigen Jahren molekularbiologische Übertragungsprozesse mit dem Wort »transgenerationell« bezeichnet. Das Wort wird sowohl im Zusammenhang mit Übertragung (»transmission«)<sup>2</sup> als auch mit Vererbung (»inheritance«)<sup>3</sup> verwendet. »Transgenerational epigenetic inheritance« bezeichnet dabei die Weitergabe von epigenetischen Modifikationen von einer Organismengeneration auf nachfolgende Generationen. Die Bezeichnung wird in Abgrenzung zur Weitergabe epigenetischer Modifikationen von einer Zelle an eine andere Zelle innerhalb somatischer Zellteilung (*cell-cell inheritance*) verwendet. Transgenerationelle epigenetische Vererbung meint also letztlich die über mehrere Generationen stabile Weitergabe epigenetischer Modifikationen in mehrzelligen Organismen.

Dass der biologische Vererbungsbegriff im Zusammenklang mit »epigenetisch« den Zusatz »transgenerationell« benötigt, ist klärungsbedürftig. Hierin zeigt sich, so die These dieses Beitrags, dass der angenommene Übertragungsprozess instabil oder dessen Nachweis prekär ist. Im Folgenden werde ich zunächst drei historische Einschnitte skizzieren, die für diese Konnotation transgenerationaler Vererbung als »prekäre« Übertragung prägend waren: 1. die Verengung des biologischen Vererbungsbegriffs auf die Weitergabe über die Keimbahn und die Theorie der Konstanz des Keimplasmas von August Weismann; 2. die Unterscheidung zwischen Vererbung und kultureller oder psychosozialer Übertragung von Phänotypen in der frühen Entwicklungspsychologie; und 3. die familiäre Übertragung psychischer Traumata von Holocaust-Überlebenden. Abschließend werde ich darstellen, wie in epigenetischer Forschung Transgenerationalität modelliert wird, und hieran die Prekarität der Übertragungsannahme diskutieren.

---

1 Vortrag gehalten auf dem Workshop »Kulturelle Faktoren der Vererbung III: Verfahren«, 30.11.–1.12.2012, ZfL Berlin.

2 Yehuda, R.; Bierer, L. M. (2008): Transgenerational transmission of cortisol and PTSD risk. *Progress in brain research*, 167, S. 121–135.

3 Daxinger, L.; Whitelaw, E. (2010): Transgenerational epigenetic inheritance: more questions than answers. *Genome research*, 20(12), S. 1623–1628.

## I.

1885 veröffentlicht August Weismann sein Buch *Die Continuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung*. Hierin führt er eigenen Angaben zufolge die schon vorher von ihm entwickelte Vorstellung aus, dass das Keimplasma der eigentliche Träger der biologischen Vererbung ist. Ausgehend von der Beobachtung, dass sich bei sexueller Fortpflanzung der neue Organismus aus den Keimzellen der Eltern-Organismen entwickelt, formuliert Weismann:

*entweder die Substanz der elterlichen Keimzellen besitzt die Fähigkeit, einen Kreislauf von Veränderungen durchzumachen, welche durch den Aufbau des neuen Individuums hindurch wieder zu identischen Keimzellen führt, oder die Keimzellen entstehen in ihrer wesentlichen und bestimmenden Substanz überhaupt nicht aus dem Körper des Individuums, sondern direct aus der elterlichen Keimzelle. Ich halte die letztere Ansicht für die Richtige.*<sup>4</sup>

Er begründet dies unter anderem mit Beobachtungen an Hydroiden, bei denen nur bestimmte embryonale Zellen die Fähigkeit haben, einen ganzen neuen Organismus hervorzubringen, was gegen die Kreislauftheorie und insbesondere gegen die Möglichkeit einer Rückbildung des Kernplasmas somatischer Zellen zu Keimplasma spräche.<sup>5</sup>

Weismanns Theorie der »Continuität des Keimplasmas«<sup>6</sup> umfasst also zwei zentrale Annahmen: 1. dass »Vererbung dadurch zu Stande kommt, dass ein Stoff von bestimmter chemischer und besonders molekularer Beschaffenheit von einer Generation auf die andere sich überträgt« – das Keimplasma – und 2. dass »bei jeder Ontogenese ein Theil des specifischen »Keimplasmas«, welches die elterliche Eizelle enthält, nicht verbraucht wird beim Aufbau des kindlichen Organismus, sondern *unverändert* reserviert bleibt für die Bildung der Keimzellen der folgenden Generation«<sup>7</sup>.

In seiner Theorie von der Kontinuität des Keimplasmas verbindet Weismann also die Bestimmung der Vererbungssubstanz – das Keimplasma – mit der Annahme von dessen absoluter Konstanz: der unveränderten Weitergabe. Auf der Grundlage dieser Konstanz-Annahme weist er dann auch die zu seiner Zeit verbreitete Pangenesis-Theorie zurück und setzt seine Keimplasma-Theorie in Opposition zur Annahme der Vererbung erworbener Eigenschaften.<sup>8</sup> Nach der Pangenesis-Theorie würden die ausgebildeten phänotypischen Merkmale der Elterngeneration darüber an die nachfolgende Generation weitergegeben, dass winzige Moleküle aus den Somazellen, die Pangene, über den Blutkreislauf die von ihnen gemachten Erfahrungen an die Keimzellen zurück übertragen. Hiermit ist auch die Vererbung erworbener Eigenschaften erklärt worden.

Nach Weismanns Konstanzannahme wird das Keimplasma jedoch gerade nicht durch die Umwelt des Organismus oder die von ihm gemachte Erfahrung beeinflusst. Vielmehr entstehe alle phänotypische Varianz aus der Vermischung von väterlichem und mütterlichem Keimplasma sowie unterschiedlichen hierzu hinzutretenden Entwicklungsbedingungen des Keims bzw. Organismus, wie insbesondere der Ernährung.<sup>9</sup>

4 Weismann, A. (1885): *Die Continuität des Keimplasmas als Grundlage einer Theorie der Vererbung*. Jena: Verlag von Gustav Fischer, S. 4f. (Herv. i. O.).

5 Vgl. Weismann, 1885, S. 52.

6 Weismann, 1885, S. 5.

7 Weismann, 1885, S. 5 (Herv. V.L.).

8 Weismann, 1885, S. 6 ff. sowie Weismann, A. (1889): *Über die Hypothese einer Vererbung von Verletzungen*. Vortrag gehalten am 20. September 1888 auf der Naturforscher-Versammlung zu Köln. Jena: Verlag von Gustav Fischer.

9 Vgl. Weismann, 1885, 8f.

Weismanns Keimplasmatheorie bildete den Ausgangspunkt für die molekularbiologische Suche nach den materialen Trägern der Vererbung im Keimplasma. Sie führte zur Beschreibung der Chromosomen und der DNA und zugleich zur Beschränkung des Vererbungsbegriffs auf Gene bzw. DNA-Sequenzabschnitte. Dass in der Epigenetik nun die transgenerationale Weitergabe von anderen Molekülstrukturen untersucht wird, rüttelt an dieser Gleichsetzung von biologischer mit genetischer bzw. DNA-basierter Vererbung.

## II.

Weismanns Keimplasmatheorie war zugleich auch der Ausgangspunkt für die moderne Variante der Anlage-Umwelt-Debatte, wie sie insbesondere für die Entwicklungspsychologie bis heute bestimmend ist. Denn für alles das, was seit Weismann nicht mehr biologisch vererbt, da nicht über das Keimplasma weitergegeben wurde – wie individuelle Erfahrungen, kulturelle Verhaltensmuster, Sprache – mussten andere Übertragungswege beschrieben werden. Der Entwicklungspsychologe Karl Groos war Ende des 19. Jahrhunderts einer der ersten, der Weismann folgend die Vererbung erworbener Eigenschaften durch das Wechselspiel von ererbten Anlagen, die sich in Reflexen und Instinkten äußerten, und erworbener oder modifizierter Anpassung ersetzte:

*Für unsere Zwecke kommt nun vor allem die zweite Auffassung in Betracht, denn bei dem Menschen ist offenbar die Lockerung der festen Instinkte zu loseren plastischeren Anlagen und ihre partielle Ersetzung durch erworbene Anpassung das allgemeinere Ergebnis der phylogenetischen Entwicklung gewesen, und hierbei ist die Nachahmung von ausserordentlicher Wichtigkeit.<sup>10</sup>*

Unter Nachahmung versteht Groos eine Form des sozialen Lernens, die in der Ethologie ähnlich auch als Tradierung gefasst ist.

Groos' Arbeiten beeinflussten Karl Bühler, dessen Werk *Die geistige Entwicklung des Kindes* von 1918 als zentrale Gründungsschrift der Entwicklungspsychologie gilt. Bühler übernimmt hierin die Differenzierung in Instinkthandlungen (starre Anlagen) und Gewohnheitshandlungen (plastische Anlagen) von Groos und konzipiert die Ontogenese des Psychischen im frühen Kindesalter als das Ergebnis der Wechselwirkung angeborener Reflexe und Instinkte mit erworbenen, durch Sinneseindrücke und Üben beeinflussten neuronalen Verschaltungen – eine Vorstellung, die die Entwicklungspsychologie bis heute prägt.

An Groos lässt sich beobachten, wie mit der Trennung von biologischer Vererbung und erworbener Anpassung phänotypische Veränderungen, die durch letztere hervorgebracht werden, potenziell als instabil wahrgenommen werden. Dies sei beim Menschen sogar besonders der Fall. Denn bei diesem sei die Instinktmodifikation durch Nachahmung nur eine phylogenetische und ontogenetische Vorstufe zur Aneignung von Kultur vermittelt sozialen Lernens. Durch die größere Freiheit von der Außenwelt, durch die die Entwicklung von Kultur überhaupt erst möglich wird, wird jedoch auch deren Weitergabe über mehr als eine Generation hinweg potenziell prekär:

*Von allen unseren Kulturerrungenschaften scheint sich so gut wie nichts physisch zu vererben. Hier sehen wir die Nachahmung nicht mehr bloss ergänzend eingreifen, sodass sie zu dem ›noch nicht‹ oder ›nicht mehr‹ genügenden Instinkt die nöthige Vervollständigung liefert, sondern auf ihr beruht einzig*

<sup>10</sup> Groos, K. (1899): *Die Spiele der Menschen*. Jena: Verlag von Gustav Fischer, S. 364.

*und allein die nicht mehr physische, bloss noch »sociale« Vererbung der Kultur von Geschlecht zu Geschlecht. Der Nachahmungstrieb, ohne den es kein Erlernen, keine Ueberlieferung gäbe, ist der unentbehrliche Träger einer kontinuierlichen und damit die nothwendige Voraussetzung einer sich steigenden, nicht immer wieder ab ovo beginnenden Kultur der Menschheit.<sup>11</sup>*

Mit der eindeutigen Trennung biologischer Vererbung von kulturellen und psychosozialen Übertragungsmechanismen werden diese potenziell fragil gegenüber der Biologie. Ihre Weitergabe ist nicht physisch (molekular-materiell) abgesichert oder durch einen festgelegten biologischen Mechanismus geregelt. Damit wird aber auch die transgenerationale Übertragung, die Transgenerationalität von Kultur überhaupt, prekär, wenn Kultur und psychosoziale Aspekte von Entwicklung erst von jeder Generation wieder mühsam individuell angeeignet werden müssen. Erst aufgrund dieser tendenziellen Prekarität der Übertragung entsteht also wissenschaftshistorisch das Problem, Transgenerationalität wissenschaftlich bestimmen zu müssen.

### III.

Virulent wird die Frage nach der transgenerationalen Übertragung kultureller Erfahrung schließlich in den 1970er Jahren, als bei Kindern von Holocaust-Überlebenden eine auffallende Trauma-Symptomatik beobachtet wurde. Es schien, als ob die psychischen Folgen der Traumatisierung transgenerational übertragen wurden.

Wie Ohad Parnes, Ulrike Vedder und Stefan Willer anhand der Entwicklung erster Formen der Familientherapie, etwa durch den Psychoanalytiker und Kindertherapeuten Nathan Ackermann, aufzeigen, ist die Vorstellung von einer innerfamiliären, behavioralen oder psychischen Verursachung und schließlich auch Übertragung psychischer Störungen in den 1950er und 1960er Jahren durchaus verbreitet.<sup>12</sup> Allerdings wurde der Übertragungsmechanismus in den Beziehungen zwischen den Mitgliedern der Kernfamilie und besonders in der Beziehung zwischen Mutter und Kind gesehen. Die Übertragung wurde also als interpersonell konzeptualisiert, und die Therapie habe entsprechend inter- oder mehrgenerationell zu sein, um die Beziehungen und damit Übertragungswege mit einbeziehen und an ihnen ansetzen zu können. Die Mehrgenerationalität war aber kein eigenständiges Charakteristikum der Störung.

Dies ändert sich Ende der 1960er und in den 1970er Jahren, als in der Zweiten Generation der Holocaust-Überlebenden Symptome sekundärer Traumatisierung beobachtet werden. Hier schien es so, als ob die psychosoziale Übertragung von den Eltern auf die Kinder selbst Folge und damit Charakteristikum des Traumas sei. Aus der vom Einzelfall abhängigen Inter- und Mehrgenerationalität der Familientherapie wird die Transgenerationalität des Traumas. Dabei war die Annahme einer transgenerationalen Übertragung der Traumata aus Holocaust und Krieg von Anfang an auch mit Fragen von Verantwortung und Entschädigung verknüpft.<sup>13</sup> Erstmals stellte sich damit die Frage, wie eine solche Transgenerationalität eigentlich wissenschaftlich zu bestimmen ist. In einer Metaanalyse der verschiedenen Studien zur Transgenerationalität des Traumas von 2001 zeichnet der Psychologe Nathan Kellermann, der selbst einschlägige Studien und Überblicksarbeiten vorgelegt hat, vier Phasen nach, in denen sich die transge-

<sup>11</sup> Groos, 1899, S. 364.

<sup>12</sup> Parnes, O., Vedder, U. & Willer, S. (2008): *Das Konzept der Generation. Eine Wissenschafts- und Kulturgeschichte*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp, S. 291 ff.

<sup>13</sup> Vgl. Kellermann, N. P. F. (2001): Psychopathology in Children of Holocaust Survivors: A Review of the Research Literature. *Israel Journal of Psychiatry & Related Sciences*, 38(1), S. 36–46, hier S. 36.

nerationelle Übertragung des psychischen Traumas in Holocaust-Survivor-Familien als wissenschaftliche Fragestellung herausgebildet hat<sup>14</sup>:

Phase 1: *Ab Mitte/Ende der 1960er Jahre berichteten vereinzelte klinische Fallstudien an jugendlichen Kindern von Holocaust-Überlebenden von psychischen Störungen, die sich in der Symptomatik von psychischen Störungen Gleichaltriger unterschieden.*

Phase 2: *In den 1970er Jahren werden weitere deskriptive Fallstudien veröffentlicht und erste klinische Studien durchgeführt. Die klinischen Studien wurden jedoch später wegen methodischer Mängel, etwa dem fehlenden Vergleich mit nicht-klinischen Gruppen, kritisiert.*

Phase 3: *In den 1980er Jahren wird eine Vielzahl empirischer Studien veröffentlicht und es werden erstmals empirische Vergleichsstudien, die nicht-klinische Gruppen mit einbeziehen, systematisch durchgeführt. Sie kommen zu widersprüchlichen Ergebnissen hinsichtlich der transgenerationalen Wirkung der Traumaerfahrung.*

Phase 4: *Seit den 1990er Jahren wird versucht, die Divergenzen aufzuklären und die Ergebnisse in ein Modell zu integrieren.*

An dieser letzten Phase ist Kellermann selbst wesentlich beteiligt. Die von ihm ausgewerteten Studien zeigen, dass sich einerseits spezifische Symptomaten in der Zweiten Generation der Holocaust-Überlebenden zeigten, diese jedoch im Vergleich zur Normalbevölkerung keine generell erhöhte Prävalenz für psychische Störungen aufweise. Kellermann erklärt dieses scheinbar widersprüchliche Ergebnis damit, dass klinische und nicht-klinische Studien vermischt worden wären. Wenn man diese unterscheidet, dann ließen sich die Ergebnisse als Beleg für die Übertragung einer »Vulnerabilität« für eine spezifische Traumasymptomatik interpretieren:

*although the second generation in general does not differ from others in psychopathology, after additional stress their latent vulnerability will become more manifest. Thus it seems that offspring seem to experience a contradictory mixture of vulnerabilities and resilience, very similar to their Holocaust survivor parents. Excellent occupational, social and emotional functioning in ordinary circumstances may be interrupted by periods of anxiety and depression, that has a distinct »Holocaust flavor«, in times of crisis.<sup>15</sup>*

Nicht das Trauma wird transgenerational übertrugen, sondern die Symptomatik oder auch das spezifische Verhaltensmuster, auf Stresssituationen zu reagieren. Kellermann zufolge werden vier mögliche Übertragungswege in der Literatur diskutiert:<sup>16</sup> 1. psychodynamisch (über die Eltern-Kind-Beziehung), 2. soziokulturell (über die Sozialisation, Rollenvorstellungen, Erziehungsstile), 3. systemisch (über die Kommunikation/Nicht-Kommunikation des Erlebten im Familiensystem), 4. biologisch (über eine genetische Vulnerabilität für PTBS oder Angststörungen). Er selbst geht zunächst noch von einer Kombination der verschiedenen Übertragungswege inklusive der genetischen Faktoren aus.

Ab 2011 diskutiert Kellermann dann erstmals auch Forschung zur epigenetischen Übertragung von Traumata und grenzt sich zugleich von einer genetischen Ursache deutlicher ab.<sup>17</sup> Kellermann bezieht

<sup>14</sup> Vgl. Kellermann, 2001, S. 37.

<sup>15</sup> Kellermann, 2001, S. 43.

<sup>16</sup> Vgl. Kellermann, N. P. F. (2000): Transmission of Holocaust Trauma. <http://www1.yadvashem.org/yv/en/education/languages/dutch/pdf/kellermann.pdf> (07.09.2011).

<sup>17</sup> Vgl. Kellermann, N. P. F. (2011): Epigenetic transmission of Holocaust Trauma: Can nightmares be inherited? [http://peterfelix.tripod.com/home//Epigenetic\\_TTT.pdf](http://peterfelix.tripod.com/home//Epigenetic_TTT.pdf) (07.09.2011).

sich auf die Epigenetik, weil mit ihr die psychodynamische und soziale transgenerationale Übertragung des Traumas biologisch fundiert werden könne, ohne eine genetische und damit vom Trauma unabhängige Vulnerabilität zu konstituieren. Die Epigenetik ermögliche es also, eine externe Verursachung und dennoch molekularbiologische Übertragung der psychischen Traumafolgen anzunehmen.

*Epigenetics is typically defined as the study of heritable changes in gene expression that are not due to changes in the underlying DNA sequence. Such heritable changes in gene expression often occur as a result of environmental stress or major emotional trauma and would then leave certain marks on the chemical coating, or methylation, of the chromosomes [...] The coating becomes a sort of ›memory‹ of the cell and since all cells in our body carry this kind of memory, it becomes a constant physical reminder of past events; our own and those of our parents, grandparents and beyond.*

*[...] Because of their neurobiological susceptibility to stress, children of Holocaust survivors may thus easily imagine the physical suffering of their parents and almost ›remember‹ the hunger, the frozen limbs, the smell of burned bodies and the sounds that made them scared. This kind of epigenetic cell memory can possibly explain how ›elements of experience may be carried across generations‹.<sup>18</sup>*

Kellermanns Interpretation ist ein Beispiel für die Wahrnehmung, dass die transgenerationale Übertragung molekularbiologisch-epigenetischer Modifikationen Weismanns eindeutige Trennung von Keimzellen und Somazellen relativiert. Der Nachweis einer solchen, durch das psychisch Erlebte verursachten, letztlich molekularbiologisch sich niederschlagenden Traumatisierung und ihre transgenerationale Übertragbarkeit steht allerdings noch aus. Zusätzlich zur Traumaübertragung bei Holocaust-Überlebenden<sup>19</sup> wird mittlerweile auch zur Traumaübertragung bei den Überlebenden von 9/11,<sup>20</sup> der deutschen Kriegskindergeneration,<sup>21</sup> bei Überlebenden des Genozids in Ruanda oder in bosnischen Flüchtlingsfamilien<sup>22</sup> geforscht. Diese klinischen und teilweise auch epidemiologischen Studien spielen dabei eine konstitutive Rolle für die molekularbiologisch-epigenetische Forschung zu Traumafolgen: Durch den bislang fehlenden Nachweis einer direkten molekularbiologischen Übertragung dienen sie der Absicherung der Annahme der Transgenerationalität des Traumas.<sup>23</sup>

18 Kellermann, 2011, S. 5.

19 Yehuda, R.; Bierer, L. M. (2008): Transgenerational transmission of cortisol and PTSD risk. *Progress in brain research*, 167, S. 121–135; Yehuda, R.; Bell, A.; Bierer, L. M.; Schmeidler, J. (2008): Maternal, not paternal, PTSD is related to increased risk for PTSD in offspring of Holocaust survivors. *Journal of psychiatric research*, 42 (13), S. 1104–1111.

20 Z. B. Yehuda, R., Bierer, L. M., Sarapas, C., Makotkine, I., Andrew, R., Seckl, J. R. (2009): Cortisol metabolic predictors of response to psychotherapy for symptoms of PTSD in survivors of the World Trade Center attacks on September 11, 2001. *Psychoneuroendocrinology*, 34(9), S. 1304–1313.

21 Z. B. Bohleber, Werner (2008): Wege und Inhalte transgenerationaler Weitergabe. Psychoanalytische Perspektiven. In: Radebold, Hartmut; Bohleber, Werner; Zinnecker Jürgen (Hg.): *Transgenerationale Weitergabe kriegsbelasteter Kindheiten. Interdisziplinäre Studien zur Nachhaltigkeit historischer Erfahrungen über vier Generationen*. Weinheim: Juventa, S. 107–118; Radebold, Hartmut (2008): Kriegsbedingte Kindheiten und Jugendzeit. Teil 1: Zeitgeschichtliche Erfahrungen, Folgen und transgenerationale Auswirkungen. In: ebd., S. 45–55.

22 Z. B. Roth, M. (2011): *Generationsübergreifende Folgen Posttraumatischer Belastungsstörung*. Dissertation, Universität Konstanz. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-142578> (12.09.2011).

23 Vgl. z. B. Schmidt, U.; Holsboer, F.; Rein, T. (2011): Epigenetic aspects of posttraumatic stress disorder. *Disease markers*, 30(2-3), S. 77–87; Yehuda, R.; Cai, G.; Golier, J. A.; Sarapas, C.; Galea, S.; Ising, M. et al. (2009): Gene expression patterns associated with posttraumatic stress disorder following exposure to the World Trade Center attacks. *Biological psychiatry*, 66(7), S. 708–711.

## IV.

Wie eingangs erwähnt, wird unter Transgenerationalität in der Epigenetik die Übertragung oder Vererbung molekularbiologischer epigenetischer Modifikationen von einem mehrzelligen Organismus auf einen anderen verstanden. Transgenerationalität wird dabei auf mindestens vier verschiedene Weisen modelliert: 1. statistisch-epidemiologisch, 2. als Weitergabe über die Keimbahn, 3. als Weitergabe über die Verhaltensebene, und 4. als Weitergabe einer molekularen Eigenschaft.

### 1. Statistisch-epidemiologische Transgenerationalität

Ein oft zitiertes Beispiel für eine Kohortenstudie zu transgenerationaler epigenetischer Übertragung sind die Studien zum niederländischen Hungerwinter 1944/45. Aufgrund der Besatzungspolitik Nazi-Deutschlands erhielt die niederländische Bevölkerung damals durchschnittlich nur 1000 Kalorien am Tag. In den Niederlanden wird eine systematische Kohortenstudie zu den gesundheitlichen Folgen geführt. Im Rahmen dieser Kohortenstudie wurden die Kinder von Frauen untersucht, deren Mütter während des Hungerwinters mit ihnen schwanger waren. Vorherige Studien hatten gezeigt, dass epigenetische Unterschiede zwischen Kindern, die perinatalem Nährstoffmangel ausgesetzt waren, und ihren später oder früher geborenen Geschwister nachweisbar waren: Beispielsweise war eine 5,2%ig verringerte Methylierung am Gen-Ort des Insulin-like growth factor II (IGF2), eines zentralen Wachstumshormons, gefunden worden.<sup>24</sup>

In der Studie zu Transgenerationalität wurde nun untersucht, ob bestimmte Erkrankungen, die in der Gruppe der Hungerwinterkinder (F1-Generation) auftraten, auch bei deren Kindern (F2-Generation) zu beobachten waren. Dafür wurden bei der F1-Generation die medizinischen Daten aus den Geburtsregistern verwendet sowie weitere physiologische Untersuchungen durchgeführt. Es wurden etwa Gewicht und Größe gemessen, ein Glukosetoleranztest durchgeführt und die Blutfettwerte bestimmt. Die Vergleichsdaten der F2-Generation wurden dagegen über die Befragung der F1-Generation ermittelt und statistisch ausgewertet. Als Vergleichsgruppe wurden Frauen untersucht und befragt, die kurz vor oder kurz nach dem Hungerwinter geboren wurden, deren Mütter also während der Schwangerschaft nicht in dieser extremen Weise hungern mussten. Als Ergebnis geben die Autoren abschließend an:

*We found that grandmaternal exposure to famine for a brief period during gestation did not affect birthweight nor rates of cardiovascular or metabolic disease. It was, however, associated with increased neonatal adiposity and poorer health among offspring of women who themselves had been exposed to famine in utero. These findings constitute the first direct evidence in humans that the detrimental effects of poor maternal nutrition during gestation on health in later life pass down to subsequent generations.*<sup>25</sup>

Aus ihren Ergebnissen schließen sie also auf eine transgenerationale Übertragung bzw. »transgenera-

<sup>24</sup> Heijmans, B. T.; Tobi, E. W.; Stein, A. D.; Putter, H.; Blauw, G. J.; Susser, E. S. et al. (2008): Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105(44), S. 17046–17049.

<sup>25</sup> Painter, R. C.; Osmond, C.; Gluckman, P.; Hanson, M.; Phillips, D. I.; Roseboom, T. J. (2008): Transgenerational effects of prenatal exposure to the Dutch famine on neonatal adiposity and health in later life. *BJOG*, 115(10), S. 1243–1249, hier S. 1247.

tional effects of prenatal famine«.

Die statistisch-epidemiologische Transgenerationalität wird demnach über einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den Generationen in der untersuchten Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe konzeptualisiert. In der vorliegenden Studie reicht zudem der Nachweis eines Effekts über die mütterliche Linie bis in die F2-Generation aus, um als »transgenerationale Übertragung« interpretiert zu werden. In ähnlicher Weise argumentieren die Autoren einer Studie zu erniedrigten Kortisolwerten bei Personen mit einer posttraumatischen Belastungsstörung (PTBS). Sie deuten den von ihnen berichteten statistischen Zusammenhang eines erniedrigten Kortisolwerts im Blut der Eltern mit PTBS und erniedrigten Kortisolwerten sowie einem erhöhten Risiko der Entwicklung einer PTBS bei deren Kindern als Hinweis auf eine transgenerationale Übertragung einer Traumavulnerabilität.<sup>26</sup> Der erniedrigte Kortisolwert wird entsprechend als Biomarker für PTBS-Vulnerabilität gedeutet. Die Autoren interpretieren das Ergebnis als Hinweis auf eine mögliche epigenetische transgenerationale Übertragung von Traumafolgen.<sup>27</sup>

Bei beiden Beispielen ist der Übertragungsweg nicht weiter spezifiziert. Implizit scheint angenommen zu werden, dass die Übertragung während der Schwangerschaft oder in der frühen Kindheit stattfindet. Neben der Keimbahn wären also mögliche Übertragungsmedien das Uterusgewebe, Blut, Speichel und die Muttermilch, aber auch behaviorale, psychosoziale und soziokulturelle Übertragungswege werden nicht ausgeschlossen.

## 2. Transgenerationalität als Weitergabe über die Keimbahn

Demgegenüber wird in anderen Studien als Beleg für Transgenerationalität der Nachweis des phänotypischen Merkmals in der F3-Generation der Nachkommen der männlichen Linie vorausgesetzt. Der Nachweis einer Übertragung über die männliche Linie bis auf die F3-Generation schließt nicht nur die Übertragung während der Schwangerschaft, sondern auch die Wirkung des untersuchten Effekts auf die in weiblichen Nachkommen bereits angelegten Eizellen aus. Diese Studien setzen ein engeres Verständnis von Transgenerationalität voraus, insofern nur eine Übertragung über die Keimbahn als transgenerational gilt. Eine solcher Begriff von Transgenerationalität entspricht damit dem biologischen Vererbungsbezug im Sinne Weismanns Keimplasmatheorie.

Ein Beispiel hierfür sind die Mäusestudien der Arbeitsgruppe von Isabelle Mansuy an der Universität Zürich.<sup>28</sup> Die Arbeitsgruppe verwendete genetisch homogene Mäuse sowie ein Mausmodell für frühkindlichen Stress, bei dem die neugeborenen Mäuse kurz nach der Geburt über mehrere Tage vom Muttertier getrennt wurden und das Muttertier in der Trennungszeit durch Verhaltenstests gestresst wurde. Die gestressten Mäuse und deren Nachkommen (also die F2-Generation) wurden jeweils mit nicht-gestressten Mäusen gepaart und auch selbst nicht gestresst. Die Arbeitsgruppe konnte zeigen, dass die gestressten Mäusejungen in späteren Verhaltenstests statistisch ein »depressiveres« und »impulsiveres« Verhalten zeigten als nicht-gestresste Mäuse. Diese Differenz im Verhalten war zudem auch in den zwei darauffolgenden Generationen der männlichen Linie, also bis in die F3-Generation, signifikant nachweisbar. Zusätzlich zur Verhaltensdifferenz konnte die Arbeitsgruppe in den Spermien und im Gehirn eine allgemein erhöhte Methylierung der DNA sowie eine erhöhte Methylierung an funktionellen DNA-Sequenzabschnitten,

26 Yehuda & Bierer, 2008.

27 Yehuda, R. & Bierer, L. M. (2009): The relevance of epigenetics to PTSD: Implications for the DSM-V. *Journal of Traumatic Stress*, 22(5), S. 427–434; ebenso Kellermann, 2011.

28 Z.B. Franklin, T. B.; Russig, H.; Weiss, I. C.; Gräff, J.; Linder, N.; Michalon, A. et al. (2010): Epigenetic transmission of the impact of early stress across generations. *Biological psychiatry*, 68(5), S. 408–415.

die in die Stressregulation eingebunden sind, nachweisen. Auch dieser Effekt ließ sich bis in die F3-Generation messen.

Im Vergleich zu den zuvor diskutierten epidemiologischen Studien erfasst die tierexperimentelle Studie also nicht nur einen transgenerationell übertragenen Phänotyp, sondern auch molekularbiologisch-epigenetische Veränderungen auf der Ebene der DNA-Methylierung. Allerdings ist der Nachweis eines funktionellen Zusammenhangs zwischen der transgenerationellen Konstanz des Phänotyps auf der Verhaltensebene und den epigenetischen Veränderungen noch nicht erbracht. Es ist also nicht geklärt, ob ein ursächlicher Zusammenhang zwischen diesen besteht. Die Versuchsanordnung zeigt aber deutlich, dass Mansuy und ihre Arbeitsgruppe für den Nachweis der Transgenerationalität epigenetischer Modifikationen die Weitergabe über die Keimbahn voraussetzen. Damit fassen sie Transgenerationalität so eng, dass sie letztlich Weismanns Vererbung entspricht.

### 3. Transgenerationalität als Weitergabe über die Verhaltensebene

In einer vergleichbaren Studie zu frühkindlichem Stress, epigenetischen Modifikationen und Verhaltensänderungen bei Ratten wurde der funktionelle Zusammenhang zwischen der molekularbiologisch-epigenetischen und der behavioralen Ebene über die Reversibilität der epigenetischen Modifikationen etabliert. Die Arbeitsgruppen von Michal Meaney und Moshe Szyf hatten bei Licking & Grooming-Experimenten an Ratten aufzeigen können, dass ein erhöhtes mütterliches Pflegeverhalten zu einer erhöhten Stressresistenz auf der Verhaltensebene führte. Zudem zeigten sich bei den unterschiedlich umsorgten Ratten Differenzen in der DNA-Methylierung an für die Bildung der Stresshormone relevanten DNA-Sequenzabschnitten.<sup>29</sup> In einem weiteren Schritt konnten die Arbeitsgruppen nachweisen, dass die Differenzen im Pflegeverhalten an die nächste Generation über soziales Lernen weitergegeben wurden – und damit indirekt auch die Methylierungsmuster, die in der nachfolgenden Generation neu vom jeweiligen Pflegeverhalten beeinflusst wurden. In Adoptionsstudien, bei denen Rattenjunge von wenig pflegenden Muttertieren zu viel pflegenden Muttertieren umgesetzt wurden und umgekehrt (*Cross-fostering Design*), glichen sich sowohl das weitergegebene Pflegeverhalten als auch die DNA-Methylierungsmuster dem des Adoptionsmuttertieres an.<sup>30</sup> Die Autoren schlossen hieraus, dass der veränderten Stressreaktion auf Verhaltensebene eine behavioral verursachte Veränderung der DNA-Methylierung zugrunde liege, wobei der Effekt nicht über die Keimbahn, sondern über soziales Lernen auf der Verhaltensebene weitergegeben werde.<sup>31</sup> Für den Nachweis der Transgenerationalität epigenetischer Modifikationen reicht somit das Wissen über den funktionellen Zusammenhang zwischen der epigenetischen Modifikation und dem veränderten Verhalten sowie die Weitergabe des die Modifikation auslösenden Verhaltens durch soziales Lernen. Transgenerationalität entspricht somit hier dem Modell der Tradierung erworbener Anpassung.

29 Vgl. Fish, E. W.; Shahrokh, D.; Bagot, R.; Caldji, C.; Bredy, T.; Szyf, M.; Meaney, M. J. (2004): Epigenetic programming of stress responses through variations in maternal care. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1036, S. 167–180.

30 Weaver, I. C.; Cervoni, N.; Champagne, F. A.; D'Alessio, A. C.; Sharma, S.; Seckl, J. R. et al. (2004): Epigenetic programming by maternal behavior. *Nature neuroscience*, 7(8), S. 847–854.

31 Vgl. auch das Modell von Frances Champagne und James Curley: Champagne, F. A. & Curley, J. P. (2009): Epigenetic mechanisms mediating the long-term effects of maternal care on development. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 33(4), S. 593–600.

#### 4. Transgenerationalität als Weitergabe einer molekularen Eigenschaft

Eine weitere Variante, Transgenerationalität in epigenetischer Forschung zu bestimmen, ist der Nachweis einer molekularen Eigenschaft der Ausgangsgeneration in der nachfolgenden Generation. Zur molekularen Kontinuität tritt hier ein weiteres Kriterium, nämlich, dass die molekulare Eigenschaft einen Vorteil für die Arterhaltung darstellt.

Dieses Verständnis von Transgenerationalität findet sich etwa in epigenetischen Studien an Pflanzen. Beispielsweise berichteten Molinier et al. in einer Studie zur »transgenerational memory of stress in plants« von erhöhten Rekombinationsraten zwischen homologen Chromosomen bei *Arabidopsis thaliana* in Folge einer Behandlung mit Flagellin.<sup>32</sup> Flagellin ist ein Protein, aus dem unter anderem die Schwimmhärchen von Bakterien bestehen. Es kann Immunreaktionen in Säugetieren, und anscheinend auch vergleichbare Mechanismen in Pflanzen auslösen. In ihrem Versuch konnten Molinier et al. die erhöhte Rekombinationsrate bis in die vierte Pflanzen-Generation nachweisen. Die Autoren schlussfolgern abschließend:

*We have demonstrated an induced, epigenetic, heritable change of a molecularly defined and quantitatively measured trait. However, an adaptive value of the observed changes cannot easily be evaluated at this point. We propose that the environmental influences that lead to increased genomic dynamics even in successive, untreated generations may increase the potential for adaptive evolution. This work should help in elucidating the underlying molecular mechanism that causes the observed transgenerational ›memory‹.*<sup>33</sup>

Zusätzlich zur Kontinuität des molekularbiologischen Mechanismus, hier der erhöhten Rekombinationsrate, ist die evolutionäre Funktion des Mechanismus plausibel zu machen, um Transgenerationalität nachzuweisen.

## V.

Diesen vier Varianten, Transgenerationalität in epigenetischer Forschung zu modellieren, ist das Kriterium gemeinsam, dass das Merkmal an mindestens eine, häufig sogar zwei nachfolgende Generationen weitergegeben wurde. Doch auf welcher Ebene das Merkmal als weitergegeben interpretiert wird, variiert deutlich. Die statistisch bestimmte Merkmalsdifferenz zur Kontrollgruppe kann im Phänotyp auf der Verhaltens-, der physiologischen oder der molekularen Ebene angesiedelt sein. Teilweise werden allerdings zusätzliche Kriterien verlangt, wie der Ausschluss anderer Übertragungswege außer der Keimbahn, der Ausweis eines funktionellen Zusammenhangs zwischen epigenetischer Modifikation und Verhaltens- oder physiologischem Phänotyp durch den Nachweis von Reversibilität, oder der Hinweis auf eine Funktion des weitergegebenen Merkmals zur Arterhaltung im evolutionären Sinne.

Referenzstandard bleibt dabei nach wie vor die biologische Vererbung über die Keimbahn. Transgenerationalität deutet dieser gegenüber auf einen prekären, da weniger stabilen (kulturellen, psychischen, behavioralen) oder nicht eindeutig nachgewiesenen Übertragungsweg hin. Das Konzept dient hierbei auch als Brückenkonzept, bis aufgeklärt werden kann, ob eine epigenetische Modifikation über die Keimbahn weitergegeben und damit im engeren Sinne vererbt wird oder ob andere Übertragungswege

<sup>32</sup> Molinier, J.; Ries, G.; Zipfel, C.; Hohn, B. (2006): Transgeneration memory of stress in plants. *Nature*, 442(7106), S. 1046–1049.

<sup>33</sup> Molinier et al., 2006, S. 1049.

anzunehmen sind. Als ein solches Brückenkonzept ermöglicht die Transgenerationalität ebengerade die interdisziplinäre Kooperation epigenetischer Forschung mit Studien zur kulturellen, behavioralen und psychischen Übertragung.

# Was ist epigenetische Vererbung?

## Ein wissenschaftshistorischer Einwurf

Ohad Parnes

Wir alle wissen ungefähr, was Epigenetik heute ist. Wir haben das Gefühl, dass wir über die gleiche Sache reden und dies auch aus ähnlichen Gründen tun. Die Frage, was epigenetische Vererbung ist, zielt also nicht so sehr darauf, was diese Klasse von Phänomenen, über die wir reden (epigenetische Vererbung, transgenerationale epigenetische Effekte etc.) ist, sondern darauf, warum wir über sie reden. Die Antwort lautet wahrscheinlich: Weil es in den letzten zehn, zwanzig Jahren zu einem Umbruch gekommen ist, der mit Stichworten wie »New Genetics«, »postgenomische Ära« usw. beschrieben wird. Irgendetwas Dramatisches ist passiert, und im Zentrum des zu beobachtenden Umbruchs steht die epigenetische Vererbung – was auch immer das eigentlich ist. Diese mehr oder weniger intuitive Antwort möchte ich infrage stellen: Gibt es überhaupt so etwas wie »epigenetische« Vererbung?

Ich behaupte, es ist ein Fehlschluss davon zu sprechen, dass die epigenetische Vererbung eine einheitliche Klasse von Phänomenen darstellt, die zudem noch so wichtig ist, dass wir sie aus verschiedenen Perspektiven und Disziplinen beleuchten müssen. Es gibt Dringendes zu diskutieren, aber irgendetwas ist falsch in der Struktur dieser Diskussion. Denn *erstens* ist transgenerationale Übertragung, d.h. die Übertragung von Eigenschaften von einer Generation auf die nächste, von Eltern auf Nachkommen eine ganz normale Sache in der Biologie. Es gibt eine körperliche Kontinuität zwischen Eltern und Nachkommen, bei Tieren zwischen den Generationen; bei Pflanzen ist das etwas anders, aber ebenfalls beobachtbar. Es besteht einfach eine materielle Verbundenheit zwischen der Physiologie von Eltern und ihrer Nachkommen. Das ist eigentlich etwas ziemlich Triviales. Diese Kontinuität in der Physiologie hätte auch vor 30 Jahren niemand geleugnet, einfach weil die Beziehung zwischen Eltern und Nachkommen eben immer auch eine körperliche ist. *Zweitens* werden viele, vielleicht sogar die Mehrheit der transgenerationalen epigenetischen Effekte, zum Beispiel *parental effects*, gar nicht über die DNA-Methylierung oder den Histon-Code weitergegeben, sondern sind hormonelle, immunologische, vielleicht auch neurophysiologische Effekte und natürlich auch Effekte, die nicht körperlich sind.

Aber ich werde mich auf die Physiologie beschränken. Zählt man die nachgewiesenen Fälle, dann sind DNA-Methylierung und der Histon-Code nicht die zentralen Mechanismen der Übertragung epigenetischer Effekte. Andersherum gesehen: DNA-Methylierung, Histon-Modifikationen und ähnliche Mechanismen sind vor allem in somatische Prozesse auf Zellebene eingebunden. Es geht um Zelldifferenzierung, Zellregulation, Zellstoffwechsel etc. Das hat erstmal nichts mit Vererbung zu tun. Es geht vielmehr um Physiologie, genauer um Zellphysiologie. Diese hat dann natürlich auch Implikationen für das Gewebe,

den Metabolismus etc., kurz den Phänotyp des Organismus. Doch epistemologisch gesehen – also aus der Perspektive des »Was ist das?«, »Was kann damit erklärt werden?« und »Was können wir damit machen als Wissenskörper?« – kann man sagen, dass die epigenetischen Systeme anderen physiologischen Systemen, wie sie in der modernen Biomedizin konzeptionalisiert worden sind, im Grunde genommen sehr ähnlich sind, etwa dem Immunsystem, dem endokrinen System oder dem Nervensystem.

Warum kommt der Epigenetik in der gegenwärtigen Debatte dann so eine wichtige Position zu? Das epigenetische System ist für die Zelldifferenzierung sehr wichtig. Aber was hat das eigentlich mit Vererbung zu tun – mit Vererbung im Sinne von klassischer Genetik, so wie wir sie seit 150 oder 100 Jahren verstehen?<sup>1</sup> Wieso wird seit 20 Jahren behauptet, sie markiere eine Revolution? Vielleicht wird das nicht von allen seit 20 Jahren behauptet, aber seit mindestens fünf Jahren hat der *Spiegel*-Leser davon gehört, und seit mindestens zehn oder 15 Jahren behaupten das Wissenschaftshistoriker und -philosophen wie Eva Jablonka und andere. Warum wird behauptet, die Epigenetik, also die Entdeckung von allem, was rund um die DNA passiert, bedinge ein ganz neues Verständnis von Vererbung?

Diese Aufregung um die Epigenetik gründet weniger in der besonderen Rolle epigenetischer Mechanismen als in einem historisch bedingten Fehlschluss. Im Zentrum dieses Fehlschlusses steht die Art und Weise, wie die Arbeiten von August Weismann in der Debatte um Epigenetik rezipiert werden. Wenn Weismann in diesem Zusammenhang ins Spiel gebracht wird, dient er immer als Referenz dafür, dass die klassische Genetik von der Trennung von Keimzellen, Keimbahn und Soma ausging, und dass wir diese Trennung wegen der Epigenetik heute nicht mehr annehmen können. Wir sollten aber nicht übersehen, dass Weismann viel mehr eingeführt hat, als diese Trennung – etwa, und das ist mindestens genauso wichtig, die Reduzierung von Vererbung auf die Weitergabe von Zellen. Weismann hat die Art und Weise, wie sich Zellen vermehren, also vererben, zur Grundlage seines Verständnisses von Vererbung auch bei mehrzelligen Organismen und komplexen Tieren gemacht. Die Behauptung besteht darin, dass Zellteilung genau so wichtig ist wie Vererbung. Weismanns Experimentalmodell waren einzellige Organismen. Dadurch kam er überhaupt darauf, Vererbung auf Keimzellen zu beschränken. Wenn Vererbung bei einzelligen Organismen funktioniert, indem sie sich einfach teilen, lässt sich, so seine Annahme, auch die Vererbung komplexer Organismen auf die Teilung einzelner (Keim-)Zellen reduzieren. Daraus ist eine der Grundannahmen der modernen Genetik geworden: Alles, was in der Zelle passiert, ist Vererbung. Über hundert Jahre galt diese Maxime sowohl für die zelluläre als auch für die Keimbahnvererbung. Die Vererbung bei Zellen, also wie Informationen von einer Zelle an zwei nachfolgende weitergegeben werden, lieferte somit das Grundmodell für Vererbung überhaupt. Die DNA-Revolution hat das noch verstärkt. Zwar ging es nicht mehr um die Zellen als Ganzes, sondern um DNA. Aber auch hier war die Grundannahme, dass die Weitergabe von Zellinformationen durch die Keimzellen genauso funktioniert wie die Weitergabe der Zellinformationen von Einzeller zu Einzeller.

Epigenetik im Sinne von DNA-Methylierung ist vor ungefähr 30 Jahren auf der somatischen Ebene entdeckt worden. Im Anschluss daran hat man entdeckt, dass die zelluläre Vererbung nicht so funktioniert, wie man dachte, sondern DNA-Methylierung, Histon-Modifikationen etc. eine wichtige Rolle in der Zelldifferenzierung spielen. Da aber die zelluläre Vererbung unser Grundmodell für Vererbung überhaupt ist, wurde die Frage der Bedeutung dieser epigenetischen Mechanismen unter dem Fokus der Vererbung diskutiert. Und darin liegt der Fehlschluss: Wir gehen davon aus, dass Vererbung die gleiche Bedeutung für transgenerationale Übertragung habe wie Zellteilung oder zelluläre Vererbung, weil diese immer als identisch angesehen wurden. Man hat dann die auf der Ebene der Zellteilung beobachteten epigenetischen Mechanismen auf der transgenerationalen Ebene gesucht und auch gefunden. Gleichzeitig wissen

<sup>1</sup> Eine zentrale Frage wäre hier auch, welche Rolle die nicht-körperlichen transgenerationalen Effekte dabei spielen und in welchem Verhältnis sie zu anderen transgenerationalen Effekten stehen. Aber diese Frage werde ich an dieser Stelle ausklammern.

wir, dass Beispiele für tatsächliche transgenerationelle Übertragung von Eigenschaften bei Tieren durch DNA-Methylierung, Histon-Modifikationen usw. relativ selten sind. Es gibt dafür jedenfalls nicht mehr, wenn nicht sogar viel weniger Beispiele als für die Übertragung über andere physiologische Systeme, wie insbesondere das Immunsystem. Und dennoch sitzen wir hier und diskutieren epigenetische Vererbung.

### *Aus der Diskussion*

**Regine Kollek:** Doch selbst wenn wir, wie Sie sagen – und ich stimme dem durchaus zu –, seit etwa 30 Jahren die Mechanismen der Vererbung des Differenzierungsstadiums einer Zelle von einer Zellgeneration auf die andere kennen, so ist das doch keineswegs trivial. Wenn man sich mal überlegt, was wir heute über RNA-Interferenz, Histon-Modifikation, DNA-Methylierung oder auch gradiente Strukturinformationen in der Zelle – und was die Epigenetik sonst noch ausmacht – wissen, dann wäre doch die Möglichkeit, das ein bisschen besser zu verstehen und untersuchen zu können, dem Bereich des Nichttrivialen zuzuordnen. Wie die Zellvererbung funktioniert und auch wie das Zusammenspiel zwischen vertikaler und horizontaler Informationsübertragung funktioniert, finde ich hinreichend interessant und relevant. Auch wenn ich Ihnen in anderen Punkten natürlich zustimme.

**Ohad Parnes:** Natürlich hat die Debatte um »epigenetische« Vererbung etwas gebracht. Selbst wenn sie nur gebracht hat, dass auch andere Arten nicht-genetischer Weitergabe von Eigenschaften rehabilitiert worden sind, apropos Kammerer etc., dann ist das schon viel. Ich würde auch vermuten, dass Sie recht haben und dass man tatsächlich, wenn man da weiterforscht, feststellen wird, dass das, was z. B. unter den Stichworten Programmierung und Reprogrammierung diskutiert wird, mit anderen physiologischen Systemen zusammenhängt. Denn *wer* programmiert, *wer* löscht da eigentlich? Das ist vermutlich die nächste Ebene, die in den Fokus der Forschung gerät. Und dann wird man eventuell auch zu etwas komplexeren Vorstellungen von transgenerationeller Übertragung kommen.

**Jörg Thomas Richter:** Vielleicht hilft es aber auch, Epigenetik mit Harold Bloom als eine Art *misreading* zu verstehen, wo es darum geht, genetische Vererbung besser misszuverstehen: wo also die Ränder und Grenzen der Vererbung thematisiert werden können, wie sie durch die Genetik sichtbar geworden sind, und zwar im Sinne der Passgenauigkeit zu den eigenen Denkstilen. In der Epigenetik konvergieren so viele Phänomene und Diskurse unter einem Titel, dass man leider wieder damit beginnt, Epigenetik auf eine vereinfachte Definition festzulegen, und dies sowohl in der Molekularbiologie als auch im Bereich des öffentlichen Diskurses und bei vielen kulturwissenschaftlichen Kollegen.

**Ohad Parnes:** Als ich angefangen habe, mich mit Epigenetik zu beschäftigen, war ich sehr begeistert davon, endlich über andere Arten von Vererbung zu sprechen. Inzwischen bin ich mir aber nicht sicher, ob es nicht klüger ist, den Begriff »Vererbung« ausschließlich im klassischen Sinne, also als genetische Vererbung zu verwenden. In diesem klassischen Sinne stand Vererbung für etwas Distinktes: für die Übertragung von Leben. Die Epigenetik beschäftigt sich jedoch mit Phänomenen, für die Vererbung als Konzept von Übertragung, im Sinne der Übertragung von Genen bzw. DNA, nicht mehr taugt. Womöglich führt es uns gerade in die Irre, wenn wir weiter versuchen, das als Vererbung zu verstehen, was z. B. bei der Interaktion zwischen dem Immunsystem der Mutter und dem Immunsystem des Embryos auf der Genom-Ebene passiert.

**Jörg Thomas Richter:** Also das war einer der Gründe, weswegen wir an dem Verfahrensbegriff interessiert waren. Eine der Konvergenzen dieses Denkkollektivs bzw. Denkstils der biomedizinischen Forschung ist die Einigung auf grundlegende Verfahrenstechniken, zu denen die Verschaltung bioinformatischer Auswertungsverfahren mit epidemiologischen Datenbanken aus der Wertewandelforschung, der Demografie-Forschung etc. gehört.<sup>2</sup> Diese Verfahrenstechniken wendet jetzt auch die Epigenetik bei der Analyse molekularer Effekte auf der Genom-Ebene an. Und darin trifft sich vielerlei: Genetik, Metabolik, Demografieforschung etc. und eben auch Epigenetik.

**Vanessa Lux:** Vielleicht ist es gerade Teil des Erbes der Epigenetik, dass sie in der Vererbungs-Debatte verortet ist. Weil die ganze Frage, was in der Zelle passiert, kurz vor 1900 und gerade auch bei Weismann ganz eng mit diesen Fragen von Evolution und Vererbung, mit der Debatte zwischen Lamarckismus und Darwinismus und der Vererbung erworbener Eigenschaften verbunden war. Der wissenschaftliche Versuch, diese Fragen um die Evolution und die Entstehung von Arten aufzuklären, ist bis heute eng mit genau dieser ursprünglichen Verortung von Vererbung in der Zelle bzw. der darin angelegten Gleichsetzung von sexueller Reproduktion mit Zellreproduktion verbunden. Weismann diskutiert die Bedeutung seiner Vererbungskonzeption für die Evolutionstheorie. Und auch bei ihm kommt schon die Frage der Determinanten, also die Frage der molekularen Träger der Vererbung mit ins Spiel. Die Epigenetik kann sich von beidem bis heute nicht freimachen. Und das sind ja genau die zwei Themen, die immer sofort hochkommen: die Lamarckismus-Debatte und die Frage nach den molekularen Trägern. Das sind auch die zentralen Streitpunkte in der Debatte um epigenetische transgenerationelle Effekte. Dahinter steht der Anspruch, eine molekulare Kette der Übertragbarkeit nachzuweisen, der bereits bei Weismann die Fragerichtung bestimmte. Das ist eine Kontinuität in der Debatte, die vielleicht auch genau dieses Phänomen »Epigenetik« ausmacht. Ich frage mich, ob man nicht, statt von einem epigenetischen System auszugehen, erstmal die Frage stellen müsste, wie man denn überhaupt diese ganzen verschiedenen molekularen Mechanismen im Physiologischen trennt? Das betrifft auch die möglicherweise als nächstes ins Zentrum des Forschungsinteresses rückende Frage nach den Wechselwirkungen, die schon angesprochen wurde.

**Jörg Niewöhner:** Ich wollte nur nochmal eine Lanze brechen für den Blick auf Verfahren, der jetzt immer wieder angeklungen ist. Ich glaube, dass es gerade im deutschen Diskurs immer den Blick auf diese Debatte gibt der danach fragt, was daran jetzt neu oder nicht neu ist, ob es Vererbung ist oder lamarckistisch. Ich würde da nochmal so Begriffe stark machen wollen, wie »Biomedizinische Plattform«, weil man die Frage danach, was die Epigenetik eigentlich Neues gebracht hat, nicht nur auf der konzeptionellen Ebene verorten kann. Wir müssen auch diskutieren, was konkret in der Forschung passiert. Wo wird da investiert? Bringt das neue Technologien? Wer arbeitet da mit wem zusammen? Da würde sich zum Beispiel zeigen, dass der Mainstream der Epigenetik genau dieselben Verfahren nutzt wie die Genomforschung. Die werden ein bisschen adaptiert, aber es sind letztlich die bekannten Hochdurchsatztechnologien, Mikroarrays etc. Bezüglich der Technologien ist die Epigenetik also wenig innovativ. Andererseits öffnet sie viele Nischen, wo die Fallzahl in den Studien, das N, kleiner sein darf. Dadurch entstehen zum einen ganz neue Kooperationen, zum anderen funktioniert hier aber die Adaption der Technologien nicht hundertprozentig, was auch wiederum aufmerksam auf die Schwachstellen insgesamt macht. Es ist wichtig, auf die Ebene der konkreten wissenschaftlichen Praxis zu schauen, um herauszufinden, was da eigentlich passiert, was vorher nicht so war. Ob wir das dann hinterher als Revolution oder als Paradig-

<sup>2</sup> Vgl. hierzu den Beitrag von Susanne Bauer in *Interjekte* 3/2012 (<http://www.zfl-berlin.org/interjekte-detail/items/kulturelle-faktoren-der-vererbung.html>).

menwechsel bezeichnen, ist eine ganz andere Frage.

**Vanessa Lux:** Also ich glaube das, woran z. B. Christoph Bock arbeitet, die mathematische Modellierung von molekularen Interaktionsprozessen auf der Grundlage von Genexpressionsmustern spezifischer Zellgruppen,<sup>3</sup> macht schon so etwas wie einen nächsten Schritt auf der technologischen Seite aus. Ohne die computerbasierte Modellierung dieser Massen an Daten ist deren Auswertung nämlich nicht mehr möglich. Damit bewegen sich aber Epigenetik bzw. Epigenomik, aber auch Genetik bzw. Genomik in Richtung systemischer Biologie. Diese Notwendigkeit der Modellierung hat durchaus eine neue Qualität gegenüber der Suche nach primären Kausalketten, die der Mikroarray-Technologie ursprünglich zugrunde lag.

**Jörg Niewöhner:** Aber ist das etwas, was aus der Epigenetik kommt, oder ist das etwas, was sich durch das Entstehen und das prominent werden der Bioinformatik in verschiedenen Feldern durchsetzt?

**Vanessa Lux:** Ich glaube, die Epigenetik bildet – und hier hat sie dann vielleicht doch Modellcharakter – eine Heuristik, um die Datenmenge zu strukturieren, die mit den heutigen technischen Verfahren erhoben werden können. Epigenetik wird als weiteres System gefasst, ob nun als weiteres physiologisches oder als weiteres Vererbungssystem, dem wir einen bestimmten Teil der Daten zuordnen können. Dadurch lassen sich die Datenmassen sortieren und damit konzeptionell reduzieren. Und ähnlich wie damals bei der Genetik ermöglicht dieser konzeptionelle Reduktionismus überhaupt erst die gezielte Isolierung und experimentelle Untersuchung dieser Phänomene.

**Regine Kollek:** Ich möchte noch etwas zu der Frage sagen, ob Genetik Vererbungslehre ist. Genetik ist Chromosomen- und DNA-Lehre und vielleicht Stammbaumrekonstruktion. Das war der Punkt, an dem sich in den 1920er und 1930er Jahren die Entwicklungsbiologie von der Mendel- und Morgan-Genetik gelöst hat und Vererbung als Übertragung von DNA verstanden wurde. Insofern kann es aber sinnvoll sein, einen ganzheitlichen Begriff von Vererbung zu reaktivieren und sich nach 80 Jahren molekularer Genetik die anderen physiologischen Systeme anzuschauen. Da ist es dann auch sinnvoll, auf die Techniken zu gucken, die jeweils verfügbar sind. Die Entwicklungsbiologie und die Embryologie waren auch technisch an ein Ende gelangt.

**Ohad Parnes:** Noch etwas, was übrigens Sebastian Schuol schon in seinem Vortrag angesprochen hat:<sup>4</sup> Bei Vererbung, egal in welcher Form, geht man immer davon aus, dass sie von Eltern auf Nachkommen stattfindet. In diesem neuen Konzept von Vererbung gibt es Vererbung auch innerhalb eines Lebenslaufs. Streng genommen passiert irgendwas in einem bestimmten Punkt im Leben, das auf die genetische Aktivität der Zelle oder auf den Organismus 30 Jahre später wirkt. Sollen wir das immer noch Vererbung nennen?

**Astrid Mach-Aigner:** Also wenn Sie die Frage nach der Bedeutung der Epigenetik für Vererbung aufwerfen, so würde ich aus meiner Sicht sagen – aber das entspricht eher einer Meinung als einer Tatsache – dass sie relativ bedeutungslos ist. Das zeigt sich ganz deutlich bei Krankheiten. Das Thema »Krebs« wurde schon einige Male angesprochen. Dort können sie natürlich nur in die Epigenetik eingreifen, in

<sup>3</sup> Vgl. den Beitrag von Christoph Bock in *Kulturen der Epigenetik: Vererbt, codiert, übertragen*, hgg. v. Vanessa Lux und Jörg Thomas Richter, Berlin 2014.

<sup>4</sup> Vgl. auch den Beitrag von Sebastian Schuol in *Kulturen der Epigenetik: Vererbt, codiert, übertragen*, hgg. v. Vanessa Lux und Jörg Thomas Richter, Berlin 2014.

die Genetik können sie nicht mehr eingreifen. Deshalb ist alles Eingreifen auch nur ein Hinausschieben des Todesurteils, auch wenn das für den Einzelnen natürlich einen immensen Unterschied macht. Dennoch macht dies ganz deutlich: Es klingt nicht schön, wir wollen es möglicherweise alle nicht hören, aber Vererbung ist primär Genetik.

**Sebastian Schuol:** Dass jetzt von Vererbung innerhalb der Lebensphase eines Individuums, von intraindividuellem Vererbung die Rede ist, finde ich auffällig. Das fügt sich in die Debatte um Reduktionismen in der Evolutionstheorie. Entwicklung wurde wegreduziert aus der Evolutionstheorie zugunsten der Vererbung. Wie stark das in uns drin ist, zeigt sich auch hier wieder. Wir sind mitten in der Entwicklung und reden immer noch über Vererbung. Doch versuchen Sie es mal umzudrehen, versuchen Sie das Ganze mal in der Entwicklungskategorie aufzulösen, die Vererbung als Entwicklung zu verstehen. Das ist eine interessante Inversion.

**Ohad Parnes:** Man kann das nach vorne denken und von Selbst-Vererbung sprechen. Man kann alles in Entwicklung auflösen. Aber die Frage lässt sich auch andersherum stellen: Ab wann können wir von Vererbung sprechen? Beim Embryo ist es schon zu spät. Bei der befruchteten Eizelle ist es auch zu spät. Man könnte meinen, die Differenzierung zwischen somatischen Zellen und Eizellen ist der Moment, ab dem man von Vererbung sprechen sollte. Aber vielleicht ist auch das schon zu spät und wir müssen vor dieser Differenzierung ansetzen, bei den noch nicht differenzierten Eizellen. Also die Frage ist: Ab wann sagen wir, dass eine Generation etwas auf eine andere Generation überträgt und wann nennen wir das Vererbung? Seit 100 Jahren gab es eine klare Vorstellung, wo sie anfängt und wo sie endet. Aber die Grenzen sind verschwunden.