

HUMANPROJEKT

Interdisziplinäre Anthropologie

Im Auftrag der
Berlin-Brandenburgischen Akademie
der Wissenschaften

herausgegeben von
Detlev Ganten, Volker Gerhardt,
Jan-Christoph Heilinger
und Julian Nida-Rümelin

De Gruyter

Evolution in Natur und Kultur

Herausgegeben von
Volker Gerhardt und Julian Nida-Rümelin

Zentrum für Ethik und Kultur
- Berlin -

Z 2011: 1782

De Gruyter

Diese Publikation erscheint mit Unterstützung der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Berlin und des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg.

ISBN 978-3-11-021350-8
e-ISBN 978-3-11-021351-1
ISSN 1868-8144

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

© 2010 Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin/New York

Einbandgestaltung: Martin Zech, Bremen
Druck: Hubert & Co. GmbH & Co. KG, Göttingen
∞ Gedruckt auf säurefreiem Papier

Printed in Germany
www.degruyter.com

Vorwort

In Natur und in Kultur findet Veränderung, Entwicklung, Evolution statt. Dabei bestehen zugleich vielfältige Wechselwirkungen zwischen natürlichen, ohne direkten menschlichen Einfluss ablaufenden, und kulturellen, von Menschen beeinflussten, Prozessen. Zudem verlaufen die Grenzen zwischen den beiden perspektivisch zu unterscheidenden Bereichen fließend, daher lässt sich treffend von der *Ko-Evolution* natürlicher und kultureller Prozesse sprechen.

Der vorliegende Band widmet sich aus unterschiedlichen disziplinären Perspektiven der Evolution in Natur und Kultur. Dabei wird insbesondere die wechselseitige Bedeutsamkeit der einen Ebene für die andere thematisiert: Kulturelle Einflüsse auf die biologisch-genetische Evolution werden ebenso in den Blick genommen wie natürliche Voraussetzungen von Kulturentwicklung. Ein solcherart geschärftes Verständnis von Evolution in Natur und Kultur soll dazu beitragen, den Menschen als Natur- und Kulturwesen angemessen zu erfassen und damit auch einen Beitrag zum aktuellen Selbstverständnis des Menschen, das durch zeitgenössische naturwissenschaftliche Forschungsergebnisse herausgefordert ist, zu leisten.

Einige der in diesem Band versammelten Beiträge wurden im Jahr 2009 im Rahmen der interdisziplinären Arbeitsgruppe *Humanprojekt – Zur Stellung des Menschen in der Natur* der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften präsentiert.

Wir danken Isabel Kranz und Sonja Thiel herzlich für ihre engagierte und professionelle editorische Mitarbeit.

März 2010

Die Reihenherausgeber

An der Schwelle von Kultur und Natur

Epigenetik und Evolutionstheorie

SIGRID WEIGEL

1. Epigenetics, Gedächtnis und Vererbung: ein Beispiel aus der aktuellen Forschung

Vor zwei Jahren konnte die Zeitschrift *Neuron* mit einer wissenschaftlichen Entdeckung aufwarten, deren Konsequenzen für die Evolutionstheorie meines Erachtens noch nicht wirklich ausgelotet worden sind. Zwar ist es in der Fülle der als sensationell verkündeten Nachrichten aus den Laboren der Neuro- und Biowissenschaften heute nicht eben leicht, die in epistemischer Hinsicht wirklich einschneidenden Entdeckungen auszumachen; doch bin ich gewiss, dass der Aufmacher der Nr. 53 der Zeitschrift *Neuron* dazu gehört: *DNA Methylation controls Long-Term Memory* titelt das Heft aus dem März 2007. – Die Autoren des betreffenden Artikels, Courtney A. Miller und J. David Sweatt vom Department of Neurobiology und Brain Institute der University of Alabama at Birmingham, formulieren in der Überschrift ihres Forschungsberichts zwar etwas zurückhaltender und sprechen nicht von Kontrolle, sondern Regulierung: *Covalent Modifications of DNA Regulates Memory Formation*. Dennoch können sie in dem Artikel von weitreichenden Konsequenzen ihrer Experimente mit Ratten berichten, welche „contextual fear conditions“ ausgesetzt wurden und deren Erinnerung an dieses Angsttraining durch die Injektion eines Hemmstoffes in den Hippocampus blockiert wurde. – Von einem ähnlichen Experiment berichtete nahezu gleichzeitig in der Zeitschrift *Nature Neuroscience* das Forscherteam von Joseph Le Doux aus der New York University und Valérie Doyère vom CNRS. Auch in ihrer Experimentalanordnung, der wiederholten Auslösung einer typischen Schreckreaktion, die in der Koppelung bestimmter Töne mit einem Elektroschock bestand, wurde medikamentös in die Speicherung dieses Reizes ins Langzeitgedächtnis interveniert, und zwar durch die Injektion eines Hemmstoffes in die Amygdala. Die Wirkung war dieselbe: Durch die

gehemmte Rekonsolidierung der Verknüpfung löste der Ton nicht mehr die entsprechenden Angstsymptome aus.

Der Wissenschaftsjournalismus verbreitete beide Veröffentlichungen umgehend unter dem Titel der Gedächtnislöschung: *Wie sich Erinnerungen löschen lassen*. Hier werden die Neuigkeiten aus dem Labor einerseits als sensationelle Entdeckung „genetischer Gedächtnisschalter“ bewertet und derart in die ebenso ubiquitäre wie suggestive Metaphorik der Hirnforschung eingeordnet, mit der der Cortex als leicht durchschaubare und zugängliche Schaltstelle aller menschlichen Fähigkeiten und Aktionen erscheint; doch zugleich hebt der Artikel die weitergehende, theoretisch brisante Perspektive des Birmingham-Teams hervor:

„Entwicklungsbiologen wissen schon lange, dass der Körper Gene gezielt abschalten kann, indem er Methylgruppen an die entsprechenden DNA-Abschnitte anlagert und so das Ablesen verhindert. [...] Solche epigenetischen, also ‚nach den Genen‘ auftretenden Effekte sind beim Heranreifen eines Embryos unverzichtbar, wenn die richtigen Gene zur richtigen Zeit gezielt an- und abgeschaltet werden müssen. Aber was hat das mit dem Gedächtnis zu tun? Offensichtlich mehr als bisher gedacht.“ (*Spektrumdirekt*, 16.3.2007)

Es geht tatsächlich um mehr, denn das Team der University of Alabama at Birmingham diskutiert in seinem *Neuron*-Artikel nicht nur die Annahme, dass eine sensorische Umgebungs-Stimulation die Methylierungsvorgänge der DNA aktiviert und auf diese Weise auf das zentrale Nervensystem (CNS) einwirkt. Dies konnte im Experiment durch die Injektion einer die DNA-Methyltransferase (DNMT)¹ blockierenden Substanz bestätigt werden, welche die Angstsymptome der behandelten Tiere gegenüber denen einer Kontrollgruppe erheblich minimierte. Darüber hinaus erläutern die Autoren ihre Absicht, mit dem Experiment die These zu verifizieren, dass die biochemischen Prozesse der Methylierung sich auf die *synaptische Plastizität des Hirns* auswirken. Die Forscher resümieren ihr Experiment wie folgt:

„Here we report that DNMT gene expression is upregulated in the adult rat hippocampus following contextual fear conditioning and that DNMT inhibition blocks memory formation. [...] These findings suggested that DNA methylation might be dynamically regulated in the adult nervous system and serves as an *additional epigenetic mechanism governing memory formation*.“ (Miller/Sweatt 2007, 857; Hervorhebung S. W.)

1 DNA-Methyltransferasen (DNMT) betreffen den Transfer von Methylgruppen und wirken so auf die De-Methylierung bei Replikation.

Ihre Bewertung der dynamischen Regulierung des Nervensystems durch Methylierung als epigenetischer Mechanismus betrifft die Frage, ob es sich bei den dabei beobachteten Veränderungen um permanente Modifikationen des sogenannten Erbguts handelt. Als solche wird die Methylierung jüngst vor allem in der Embryologie erforscht, und zwar im Hinblick auf jene biochemischen Vorgänge, die auf weitgehend noch unbekanntem Enzymaktivitäten beruhen, die aber dafür verantwortlich sind, dass bestimmte Gene deaktiviert oder aktiviert werden – die also eine entscheidende Rolle in der Entwicklung eines Organismus aus dem befruchteten Ei spielen. Indem die Methylierung die Genexpression in der Embryonalentwicklung steuert, muss sie als zentrale Funktion der Vererbung betrachtet werden – und zwar als eine *epigenetische Funktion*, mit deren Erforschung sich die Bedeutung der DNA und die Reichweite rein genetischer Erkenntnisse, wie sie seit der Entschlüsselung des Genoms bereit stehen, erheblich relativieren. „Unter Epigenetik versteht man vererbare und nicht vererbare Mechanismen, die Genexpression regulieren, das heißt Gene ein- und ausschalten, wobei die DNA-Sequenzen selbst unangetastet bleiben.“ (Neuweiler 2008, 83). Das Medium der Vererbung solcher Mechanismen wäre damit jenseits der DNA-Sequenz zu suchen.

Wenn nun dieselben biochemischen Vorgänge bei der Formierung des Gedächtnisses wirksam sind, die auch für die Embryonalentwicklung eine zentrale Rolle spielen, dann wirft das ein neues Licht auf das *Verhältnis von Gedächtnis und Vererbung* bzw. von Hirnplastizität und Embryonalentwicklung. Insofern das Team die DNA-Methylierung als *zusätzlichen* epigenetischen Mechanismus bewertet, der die Gedächtnisformierung reguliert, lässt sich daran die Frage anschließen, ob und welche Rolle das Gedächtnis für epigenetische Prozesse und für die Vererbung von Modifikationen spielt. Und genau diese Frage berührt die biowissenschaftlichen Grundlagen der Vererbung, nämlich den Stellenwert von Umgebung, Erfahrung und Erinnerung im und für den Transfer des Erbgutes. Sie betrifft damit die Erforschung der Art und Weise, wie sich der Austausch eines Individuums mit seiner Umwelt in den Organismus einschreibt – und als Variation manifest wird.

Bei der Lektüre der zitierten Artikel wurde ich umgehend an den Vortrag *Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie* erinnert, den Ewald Hering vor 140 Jahren, am 30. Mai 1870, in der feierlichen Sitzung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien vorgetragen hatte. Dessen Thesen standen nahezu im ganzen 20. Jahrhundert unter dem Bann des Neolamarckismus. In seinem Vortrag

entwickelt Hering die Vorstellung, dass „jedes organische Wesen dem Keime, der sich von ihm trennt, ein *kleines Erbe* mitgibt, welches im individuellen Leben des mütterlichen Organismus erworben und hinzugelegt wurde zum *großen Erbgut* des ganzen Geschlechts“ (Hering 1905, 13; Hervorhebung S. W.). Ich komme darauf zurück.

2. Epigenetische Ausgänge aus genetischen Sackgassen

Die aus der aktuellen Forschung zitierten Experimente stellen meines Erachtens einen faszinierenden epistemischen Schauplatz dar, auf dem es um Einsichten in das Konzept der *Veränderung* geht, um Prozesse der *Variation* oder *Modifikation* – mehr noch um das Konzept der ‚Veränderung‘ im Spannungsfeld zwischen Umgebung und Vererbung und d. h. um eine der zentralen Gesetzmäßigkeiten der Darwinschen Evolutionstheorie. Damit betreffen die theoretischen Konsequenzen dieser jüngsten Forschung eine der heißen Zonen der Evolutionstheorie, nämlich die Kontroverse um die Beziehung zwischen Genen und Umwelt, zwischen Vererbung und Erwerbung, oder grundsätzlicher gefasst: zwischen Natur und Kultur. Sie betreffen die Frage, auf welche Weise die Transmutation bzw. die Veränderlichkeit der Arten – und die Transmutationstheorie stellt die erste Annahme und Grundlage von Darwins Evolutionstheorie dar – vonstatten geht. Es geht darin also um die Gesetzmäßigkeiten von Transmission und Vererbung, die die Evolution vorantreiben. Dabei stellt die Veränderung einen Begriff dar, über den in den Schriften von Charles Darwin selbst die größte Unsicherheit herrscht, denn immer wieder formuliert er, dass es nicht klar sei, ob und welche ‚conditions‘ zu dauerhaften Veränderungen der Arten führen.

Das jeweilige Verständnis von ‚Veränderung‘ – mit unterschiedlichen Konnotationen auch als Modifikation, Variation oder Mutation konzeptualisiert – und die Erklärung für deren Zustandekommen und Wirkung ist der Schlüssel für die Frage nach dem Stellenwert der Kultur *in der* Evolution und *für* die Evolution. Einer der zentralen Orte dafür sind die epigenetischen Prozesse, denn: „Die Epigenetik stellt ein Bindeglied zwischen den Genen der DNA und der zellulären und äußeren Umgebung dar, unter deren Einflüssen bestimmte Gene aktiviert und andere stillgelegt werden“ (Neuweiler 2008, 83). Insofern dabei nicht nur die molekularbiologische Dimension, sondern auch die äußere Umgebung im Blick ist, sind die epigenetischen Prozesse als Eintrittstor für die Umwelt in den

Organismus und damit für die Bedeutung kultureller und sozialer Faktoren in der Evolution zu betrachten.

Die zitierten Experimente sind Beispiele dafür, welche Herausforderung für die Evolution die epigenetische Forschung darstellt. Deren Renaissance und partielle Befreiung vom „Hautgout des Lamarckismus“² ist spätestens mit dem Schwerpunktthema *Epigenetics* in der Nr. 293 von *Science* vom August 2001 sichtbar und auch innerhalb einer breiteren fachwissenschaftlichen Öffentlichkeit sanktioniert worden – nicht zufällig kurz nach den ersten Enttäuschungen über die weit ausgreifenden Versprechungen, die mit der Entschlüsselung des Humangenoms verbunden worden waren.

Mit der (Wieder-)Entdeckung der Relevanz epigenetischer Prozesse hat sich auch die Irritation über das sogenannte Junk-DNA bzw. den ‚Informationsmüll‘ relativiert, der im menschlichen Genom quantitativ weit mehr ausmacht als die informationsrelevanten Erbmoleküle. Aus den Laboren der epigenetischen Forschung und aufgrund der Erkenntnisse der generationenübergreifenden anthropologischen und sozio-kulturellen Forschungen über die Lebensbedingungen und -gewohnheiten einzelner Gruppen³ und deren Auswirkungen für die nachfolgenden Generationen fällt neues Licht auf die im Kontext evolutionstheoretischer Ansätze viel diskutierte Beobachtung, dass die DNA von Affe und Mensch zu 95 % übereinstimmt. Die Vermutung, dass es ‚womöglich‘ weniger die 5 % unterschiedlicher DNA sind, die für die unterschiedliche Entwicklung von anderen Primaten und Menschen verantwortlich sind, als die zunächst als Junk bewerteten Basenpaare, wird durch die neueren Einsichten in die epigenetischen Zusammenhänge bestätigt. Es ist anzunehmen, dass die zunächst als ‚Informationsmüll‘ bewerteten Stränge nicht bloße Rudimente aus früheren Phasen der Evolution sind, vielmehr haben wahrscheinlich gerade sie die Evolution – im Sinne der Veränderung und der Ausdifferenzierung der Arten – vorangetrieben. Wenn dem so ist, dann

2 So Neuweiler, der das Erwachen der Lifesciences aus dem Lamarckismus-Tabu auf 1988 datiert: „Die Wenigen, die sich von solchen Verdächtigungen nicht beeindruckt ließen, gerieten plötzlich in den Mittelpunkt der Debatte, als John Cairns zusammen mit anderen Autoren 1988 eine Arbeit veröffentlichte, in der nicht nur gezeigt wurde, dass äußere Reize und Zustände Gene beeinflussen, sondern dass das Ergebnis dieser Außensteuerung in nachfolgenden Generationen erhalten bleibt“ (Neuweiler 2008, 87). Er bezieht sich auf den Artikel von Cairnes/Overbaugh/Miller 1988.

3 Vgl. etwa die Forschungen des Humangenetikers Marcus Pembrey (2006; 2009) von der University of Bristol über transgenerationale Wirkungen der Ernährung.

muss die Evolution – jedenfalls soweit sie die Menschen als sozio-kulturelles Wesen betrifft – neu gedacht werden: *als Geschichte vor allem epigenetischer Veränderungen, in denen der Austausch der Organismen mit der Umwelt, das Wechselspiel von Natur und Kultur, das Zusammenspiel von Vererbung und Erinnerung noch einmal von Grund auf neu reflektiert werden muss.*

Doch solche Fragen können nur gestellt werden, wenn die Diskussion um die Evolution aus dem langen Schatten des Lamarckismus-Diskurses heraustritt – und auch aus einem konventionalisierten Umgang mit dem Begriff der Evolution, der oft wenig differenziert und wenig präzise benutzt wird. Wenn beispielsweise der Untertitel des genannten Epigenetics-Schwerpunkts in *Science* lautet „The Evolution of Epigenetics“, dann kann die Frage nach den Konsequenzen der epigenetischen Forschung für die Evolutionstheorie gar nicht erst aufkommen. Ein unpräziser Umgang mit dem Begriff der Evolution blockiert erkenntnistheoretische Reflexionen über die Gesetze der Evolution.

Während sich mit der Rede von der Evolution in vielen Kontexten nicht viel mehr verbindet als die Entwicklung der Arten, manchmal auch nur die Überzeugung von der biologischen, insbesondere genetischen und hormonellen Prägung der Fähigkeiten, Eigenschaften und Verhaltensweisen einer Gattung zum Ausdruck gebracht werden soll, so bleibt auch bei einer spezifischeren Verwendung des Begriffs im Sinne evolutionärer Gesetzmäßigkeiten häufig unklar, wie diese genau verstanden werden: ob im Sinne Darwins, d. h. als Prozess natürlicher Selektion von Organismen, der über die Mechanismen von Zufall, Mutation und Auslese funktioniert, oder im Sinne der auf der Grundlage der modernen Genetik reformulierten neodarwinschen Evolutionsgesetze, d. h. als Fitnessregel, die ein universelles Interesse der einzelnen Gene oder Organismen unterstellt, sich durchzusetzen bzw. optimal zu reproduzieren.

3. Evolution – aber welche?

Dadurch dass sich die Erregung um die Evolutionstheorie in der Öffentlichkeit in den vergangenen Jahren auf die Scharmützel zwischen Kreationisten und Evolutionisten konzentriert hat, hat dieser Streit, der von beiden Seiten nicht selten als Konfessionskrieg ausgetragen wird, weitaus wichtigere Fragen verdeckt. Hierzu gehört das Vorhaben, das etablierte Deutungsmodell der Evolutionstheorie vor dem Horizont der Epigenetik und im Hinblick auf den Ort von Umwelt und Kultur für die Evolution zu befragen. Dabei geht es keineswegs darum, Darwins Grundannahmen in

Frage zu stellen, weder die *Transmutationstheorie*, die Einsicht in die Veränderlichkeit der Arten, noch die *Deszendenztheorie*, die Erklärung genealogischer Abstammung, wie Darwin sie in *Origin of Species* (1859) vertritt. Vielmehr geht es um die Frage nach den *spezifischen Gesetzen* der Evolution, um die Gesetze von Vererbung, Variation und gradueller Veränderung der Arten über die Generationen hinweg; und es geht um Darwins These vom Wettbewerb bzw. Kampf ums Dasein und um seine Vorstellung, dass all diese Gesetze auf das Ziel der Vermehrung und Reproduktion der Art – oder in der Version der modernen Evolutionstheorie: auf das Überleben und die Verbreitung der eigenen Gene – ausgerichtet seien.

Im Hinblick auf den *Homo sapiens* ist diese Untersuchung um die Frage nach der Geltung dieser Gesetze für die heute lebenden Menschen zu ergänzen. Damit stellt sich die Frage nach den Grenzen der Evolutionstheorie und ihrer notwendigen Reformulierung, denn: „Seit es den Menschen gibt, bestimmen nicht nur natürliche Auslese, sondern anthropogene Ziele die Zukunft der Evolution“ (Neuweiler 2008, 72). Damit dem Beginn der Kulturgeschichte die Menschen den Gesetzen der Evolution partiell entlaufen sind, weil sie durch ihre Interventionen in die Umwelt, durch selbst geschaffene Lebensbedingungen, Kulturtechniken und Artefakte nicht mehr allein Objekte von Gesetzen der Auslese und Anpassung sind, stellt sich die Frage, auf welche Weise kulturelle Phänomene die ‚natürliche Evolution‘ begrenzen, und darüber hinaus, wie sie in diese einwirken, sie regulieren und modifizieren. Anstatt solcher Fragen dominieren derzeit jedoch Forschungen, die sich als mechanische Anwendung der Fitnessregel auf humangenetische, psychologische und anthropologische Phänomene darstellen – in deren Folge menschliches Verhalten dann als bloßer Effekt von Genen und Hormonen erscheint. Mehr noch, im Fahrwasser des Darwin-Jahrs scheint die Evolution zur universellen Erklärung, wenn nicht zur Zauberformel für alle denkbaren Phänomene menschlichen Verhaltens avanciert zu sein. Dabei werden nicht selten empirisch erhobene Verhaltensweisen, d. h. ein beobachteter Ist-Zustand – tautologisch – als Ergebnis der Evolution deklariert. Auch wenn es sich mehr und mehr durchsetzt, begrifflich zwischen ‚natürlicher‘ und ‚kultureller Evolution‘⁴ zu unterscheiden, wird daraus selten die

4 Zu unterscheiden von dem Paradigma ‚Evolution der Kultur‘, in dem kulturelle Phänomene, Artefakte, Techniken und selbst Ideen den Gesetzen der Evolution unterworfen werden. Zu Übersicht und Kritik dieses Ansatzes, in dem Gegenstände der Kultur genauso wie Arten, d. h. wie Einheiten behandelt werden, die

Konsequenz einer grundlegenden Revision evolutionstheoretischer Annahmen an der Schwelle von der natürlichen zur kulturellen Evolution gezogen.

Um den Status kultureller Phänomene für die Evolution zu befragen, gilt es aber zunächst, zwei verbreitete Diskursmuster zu überwinden: *Erstens* das Dogma vom Gegensatz zwischen *Darwinismus* und *Lamarckismus* – ein Gegensatz, welcher der Lektüre der beiden Autoren ohnehin nicht standhält. In diesem erstaunlich stabilen Diskursmuster wird der Lamarckismus – oder auch Neolamarckismus – mit dem Paradigma von der Vererbung erworbener Eigenschaften gleichgesetzt, während der Darwinismus als rein genetisches Evolutionskonzept interpretiert wird. Tatsächlich sind sich die Schriften beider Autoren aber sehr viel näher als der formelhafte Gegensatz unterstellt. Zwar setzte Darwin die Deszendenzlehre und den Stammbaum der Arten an die Stelle von Lamarcks ‚innerem Entwicklungstrieb‘ und dessen Transformation der Spezies in Richtung einer höheren Organisation der Organismen. Hingegen ist der Unterschied weniger groß zwischen Lamarcks Vorstellung, dass sich die im Austausch des Organismus mit dem Milieu ergebenden Modifikationen weitervererben, einerseits und der von Charles Darwin leitmotivisch formulierten Vorstellung einer graduellen Evolution andererseits, in der die durch die Umwelt bedingten Veränderungen auf dem Wege vererbter Modifikationen über Generationen zu einer Veränderung der Art und zudem zur Ausbildung neuer Arten führen.

Den Begriff der Vererbung hat Charles Darwin zwar relativ klar definiert: „two distinct elements are included under the term ‚inheritance‘ – the transmission, and the development of characters“ (Darwin 1871, 263). Wenn er aber immer wieder und nahezu formelhaft von „changed condition“ (ebd., 48) spricht als Bedingung für sichtbare morphologische Veränderungen der Organismen, die er in endlosen Beispielgeschichten und Beweisführungen erörtert, dann bleibt dabei weitgehend unklar, auf welche Weise genau die durch die Umwelt bedingten Abänderungen an einzelnen Organismen in jene generationenübergreifenden Variationen übergehen, die schließlich zur graduellen Evolution der Arten führen. Insofern ist es nicht verwunderlich, dass die Darwinsche Evolutionstheorie aufgrund ihrer zahlreichen Unstimmigkeiten, Unklarheiten und unge lösten Probleme in der Nachfolge Darwins oft in ein Set von scheinbar klaren Gesetzen übersetzt worden ist. Da Darwins Theorie in der Epoche

einem Prozess von Mutation und Auslese unterliegen, vgl. das Kapitel 9 in Weigel 2006, 191–231.

der modernen Biowissenschaften und Molekularbiologie vor allem an ein genetisches Vererbungsmodell angepasst worden ist, werden die Evolutionsgesetze heute zumeist in einer genetischen Terminologie formuliert.

Und diese Tatsache betrifft das *zweite* problematische Diskursmuster, nämlich *die Evolutionstheorie in Gestalt eines Satzes von Evolutionsgesetzen* – auch wenn diese in durchaus variationsreicher Gestalt begegnen. Wer die umfangreiche Literatur dazu konsultiert, trifft dabei auf nicht nur unendlich verschiedene, sondern auch auf zahlreiche sich widersprechende Antworten.

So werden die Evolutionsgesetze einmal auf *zwei Grundsätze* hin verdichtet, nämlich auf Mutation (bzw. wahllose graduelle Veränderung) und Selektion (bzw. Praxistest), so z.B. in der Vorbemerkung zum Schwerpunktthema Evolution der Zeitschrift der Max-Planck-Gesellschaft:

„Doch die natürliche Evolution arbeitet rein mechanistisch: durch wahllose Veränderungen und anschließende Praxistests. Die Prüfungen enden damit, dass sich eine Veränderung bewährt und durchsetzt oder wieder verworfen wird. Dabei gibt es keinen kreativeren Prozess als den Mechanismus von Mutation und Selektion.“ (MaxPlanckForschung 4/2007, 19).

Ein anderes Mal wird Darwins Theorie als *komplexes Modell* vorgestellt, bestehend aus vier Hypothesen (Veränderlichkeit, gemeinsame Abstammung, Allmählichkeit der Evolution, natürliche Auslese), fünf Annahmen (exponentielle Vermehrung, stabile Population, Begrenzung der natürlichen Ressourcen, individuelle Variabilität und Erblichkeit) und drei Folgerungen (Kampf ums Dasein, natürliche Auslese aufgrund erblicher Konstitution, Abänderung über Generationen und Erzeugung neuer Arten).

Am häufigsten aber begegnet der *Dreisatz* der Evolutionsgesetze, die *holy trinity* von Variation, Selektion und Zufall:

„Charles Darwin hat nicht die ‚Evolution‘ entdeckt, sondern eine umfassende Theorie entwickelt, die deren Verlauf erklärt. Sie beruht auf drei Hauptvorgängen. Jede Generation bringt etwas unterschiedliche Nachkommen hervor. Diese *Variationen* bilden die Basis für den zweiten Schritt, die (natürliche) Auslese oder *Selektion*. Ihr fallen eher solche Nachkommen zum Opfer, die nicht so gut zu ihrer Umwelt passen wie die anderen. Aber bei Weitem nicht alle Überlebenden sind damit automatisch die ‚Besseren‘ oder ‚Fittesten‘. Denn sowohl bei der Entstehung von Variationen als auch bei der Selektion ist immer *Zufall* mit im Spiel“ (Reichholf 2008, 41; Hervorhebung S. W.).

Allein schon aufgrund dieses Befundes ist die derzeit zu beobachtende Rückkehr zu Darwin, d. h. das wissenschaftsgeschichtliche Studium seines Archivs und seiner Schriften zu begrüßen, um die Unstimmigkeiten und Dunkelstellen in der Entstehung der Evolutionstheorie im Hinblick auf die offenen Fragen der Evolutionsgesetze zu entziffern. Hier aber wird ein anderer Zugang gewählt, nämlich ein eher erkenntnistheoretischer, der nach den Konsequenzen neuerer und historischer Erkenntnisse epigenetischer Phänomene für die Gesetze der Evolution fragt.

4. Veränderung jenseits von Zufall und Selektion

Unter theoretischen und epistemischen Gesichtspunkten möchte ich dieses Erkenntnisinteresse spezifizieren, indem ich es eingrenze. Dabei geht es hier nicht um die geschichts- bzw. bevölkerungstheoretischen Voraussetzungen von Darwins Arbeiten, wie sie von kultur- und wissenschaftsgeschichtlicher Seite wiederholt analysiert worden sind, und auch nicht um die unstrittigen Grundannahmen wie Deszendenztheorie und die Veränderlichkeit der Arten. So ist auch das gewachsene Interesse der Humanwissenschaften an der Evolution zu begrüßen, wenn es zur Besinnung und stärkeren Beachtung der kreatürlichen und physischen Bedingungen menschlicher Existenz führt. Problematisch scheint mir hingegen das Paradigma kultureller Evolution, sofern sich damit eine umstandslose Ausdehnung evolutionstheoretischer Erklärungen auf Anthropologie, Soziologie und Psychologie verbindet. Unter Bedingungen der Kulturgeschichte, d. h. von dem Moment an, da es nicht mehr um die Entwicklung von „Arten im Naturzustand“ (Darwin) geht, unterliegt die Evolution grundlegend veränderten Voraussetzungen mit erheblichen Konsequenzen für die Reichweite der Evolutionsgesetze – dies betrifft insbesondere die Prämissen über den Kampf ums Dasein, *survival of the fittest*, das Telos des Wettbewerbs um Reproduktion und das Überleben der Art oder der Gene, wie auch über die Funktionsweisen der *sexual selection*.⁵

Es fragt sich auch, welchen Erkenntnisgewinn die Nutzung des Evolutionsbegriffs hat, wenn er auf Entwicklungsprozesse angewendet

⁵ Zur Bedeutung menschlicher Aktivitäten für die Relativierung eines biologischen Determinismus vgl. aus biowissenschaftlicher Perspektive die Zusammenschau der aktuellen Erkenntnisse aus den Bio- und Neurowissenschaften bei Neuweiler 2008.

wird wie die Ausbildung der menschlichen Kultur und ihrer Symbolsysteme, die in der historischen Zeit, d. h. nach Abschluss der biologischen Evolution des ‚modernen Menschen‘ stattgefunden haben. Ausgehend von einer Kritik aktueller genetisch verfasster Evolutionstheoreme – wie Modularitätstheorien, evolutionäre Psychologie und Soziobiologie – konzentriert sich Michael Tomasello Modell der *Kulturellen Entwicklung des menschlichen Denkens* (1999, dt. 2002) beispielsweise auf jene formgebenden Elemente in der Entwicklung der Kognition, die sich in der geschichtlichen Zeit und in der Ontogenese abspielen. Seine überzeugende Annahme eines biologischen Vermächnisses der Art *Homo sapiens*, das in der spezifischen kognitiven Fähigkeit des Menschen besteht, andere als intentionale Wesen, die dem Selbst ähnlich sind, zu verstehen, wird von ihm als eine Art evolutionärer Voraussetzung für die Soziogenese und die Entwicklung der menschlichen Kultur gedeutet, während letztere selbst aber in der geschichtlichen Zeit stattfindet. Da Tomasello die Aneignung kultureller und kognitiver Fähigkeiten in der Ontogenese durch kulturelle Lernprozesse und nicht durch genetische Vererbung erklärt, ist es für die Beschreibung dieser Entwicklung – im Zentrum stehen bei ihm Sprache, symbolische Repräsentation, Gesten, kognitive Leistungen wie Mathematik u. a. – meines Erachtens jedoch wenig hilfreich, von ‚kultureller Evolution‘ zu reden. Wenn diese definiert wird als Prozesse, „durch die eine kulturelle Tradition Veränderungen über die Zeit hinweg akkumuliert“, d. h. als Konzept kumulativer kultureller Evolution (Tomasello 2002, 54), so wird hier ein so schwacher Begriff von Evolution verwendet, der kaum noch etwas mit den von Darwin beschriebenen Gesetzmäßigkeiten zu tun hat. Vor allem verspricht der Begriff der Evolution hier keinen Erkenntnisgewinn gegenüber den Begriffen, die die Geisteswissenschaften für die Beschreibung von Kulturgeschichte, kultureller Entwicklung und Symbolsystemen bereithalten. Hingegen öffnet die Verwendung eines so weit gefassten Evolutionsbegriffs die Tür für alle nur denkbaren Missverständnisse. Wenn sich mit dem Konzept der ‚kulturellen Evolution‘ die Operation verbindet, die komplexen Phänomene der Kultur in die Prozesse der Evolution zu integrieren und deren Geschichte damit – ob explizit oder implizit – den evolutionstheoretischen Gesetzen zu unterwerfen, erschwert das in der Folge meines Erachtens eher die dringend nötige interdisziplinäre Erforschung von Prozessen an der Schwelle zwischen kulturellen und biologischen Funktionen.

Im Unterschied zum Ansatz kultureller Evolution interessiert hier gleichsam eine mittlere Ebene der Evolutionstheorie, nämlich die Art und Weise, wie ‚Veränderungen‘ im Wechselspiel zwischen Organismus und

Umwelt, zwischen Natur und Kultur konzeptualisiert werden. Diese Fokussierung ergibt sich aus dem Zweifel gegenüber der konventionalisierten Vorstellung, dass die Evolution sich als mechanischer Prozess von *Zufall, Mutation und Selektion* vollzogen hat und immer noch vollzieht. In erkenntnistheoretischer Hinsicht sind Darwins Begriffe von Zufall und Selektion als absolute Metaphern zu betrachten⁶, als Umschreibungen eines Vorgangs, der nicht näher und präziser beschrieben und erklärt werden kann. Sie stehen für noch Undurchschautes und nicht genauer Erklärbares.

Das Gesetz der *Selektion* muss vor allem für die heute lebenden Menschen grundlegend in Frage gestellt werden, da der *homo sapiens* – auf der Basis der jüngeren Erkenntnisse über die Rolle des Neocortex bei der Regulierung auch biochemischer und hormoneller Vorgänge kann man auch vom „Neocortexgeschöpf“ reden – sich mit Hilfe seiner kognitiven Fähigkeiten und durch die sozio-kulturelle Organisation des menschlichen Lebens „dem Diktat von reproduktiver Fitness und natürlicher Auslese entziehen kann“ (Neuweiler 2008, 200). Und auch das Gesetz der ‚sexuellen Selektion‘ relativiert sich rasch, wenn man weniger auf die Ergebnisse aus Experimenten in Laborsituation und Befragungen schaut als auf die Gegebenheiten einer durch Arbeitslosigkeit, Frauenarbeit und Geburtenrückgang geprägten post-industriellen Gesellschaft. Es mag sein, dass Präferenzphantasien angesichts vorgelegter Photographien mit hormonellen Daten der Probanden korrelierbar sind, die tatsächliche Partnerwahl aber folgt ganz anderen Gegebenheiten, für die die jeweiligen Sozial-, Arbeits- und Lebensbedingungen ausschlaggebender sind.

Das Dogma des *Zufalls* dagegen ist jüngst auch von biowissenschaftlicher Seite in Frage gestellt worden. „Das Leben ist nicht den Zufällen der Natur ausgeliefert, es benutzt vielmehr den Zufall als willkommene Variationsquelle“, so Neuweiler (ebd.). Ähnlich Joachim Bauer, der davon ausgeht, dass Zellen gleichsam darauf Einfluss nehmen können, ob sie bei der Gen-Duplikation den Bestand schützen oder „für Mutationen freigeben, so dass hier durch zufällige Veränderungen etwas Neues entstehen kann“. Und: „Durch zufällige Mutation und Selektion ist jedoch keine

6 Eine absolute Metapher ist nach Hans Blumenberg ein sprachliches Bild, dessen Umschreibung eines Phänomens sich nicht in Begriffe auflösen lässt, weil (noch) keine klaren Bestimmungen, Definitionen möglich sind (vgl. Blumenberg 1998). In der Forschung sind absolute Metaphern ebenso notwendig wie hilfreich, weil sie dazu beitragen, mit dem Wissen in unbekannte Gebiete vorzustoßen. Vgl. dazu das Kapitel 10 „Der Text der Genetik zwischen Metaphorik und Algorithmus“ in Weigel 2006, 235–262.

einzigste Art entstanden“ (Bauer 2008a). – Es bleibt die Frage, wie es zu Mutationen kommt und welche Rolle die Umgebung dabei spielt. Als zentraler Schauplatz der Evolutionsgesetze ist ‚Veränderung‘ meines Erachtens der schwierigste und zugleich am wenigsten geklärte Begriff der Evolutionstheorie.

Eines scheint gewiss. Der Schlüssel für die Erforschung der Art und Weise, wie Veränderung reguliert wird, liegt weniger in der Genetik als in der Epigenetik. Gerhard Neuweiler sieht bereits einen Meinungsumschwung in der Evolutionsforschung sich anbahnen hin zu der Auffassung, dass „insbesondere für den enormen Artenreichtum innerhalb der großen Bauplangruppen, das Epigenom mit seiner Beeinflussbarkeit durch Außenfaktoren mehr beigetragen hat als die erfreulicherweise seltenen, da meist schädlichen Zufallsmutationen im Genom“ (Neuweiler 2008, 92). Zudem wächst die Bedeutung epigenetischer Prozesse mit der Komplexität der Organismen, insofern bei komplexeren Arten der Umfang des Genoms weniger stark zunimmt als das epigenetische bzw. genregulierende Repertoire. „Der Mensch hat nur etwa 25 000 Gene, eine winzige Fruchtfliege immerhin auch schon 14 000. Dagegen nimmt der Umfang nicht proteincodierender DNA ständig zu und erreicht beim Menschen 98 Prozent des Erbmaterials“ (ebd.). Nicht nur, aber insbesondere unter Bedingungen jenseits der ‚Arten im Naturzustand‘ ist weitgehend ungeklärt, was *Veränderung* meint und wie sie beobachtet, erforscht und erklärt werden kann. Wodurch werden Variationen oder Modifikationen ausgelöst und bewirkt? Wie gestaltet sich der Stoffwechsel der Individuen mit der Umwelt, wie mit der Kultur? Auf welche Weise werden Wirkungen der äußeren Umwelt und der Lebensgewohnheiten in das biologische Gedächtnis des Organismus eingeschrieben, und in welchen physiologischen, molekularen, neuronalen oder biochemischen Vorgängen schlägt sich dies nieder? Welches sind die ‚Ebenen‘ oder Funktionen, durch die epigenetische Prozesse in Form dauerhafter Veränderungen manifest werden? Wenn die Rhetorik der modernen Genetik das Genom gern als ‚Buch des Lebens‘ betrachtet und dieses in evolutionärer Perspektive als eine Art genetisches Gedächtnis des Organismus erscheint, dann käme es zunächst darauf an, die epigenetischen Um- und Überschreibungen einzubeziehen. Von hier aus ließen sich dann die Übergänge zwischen kulturellem, neuronalem und epigenetischem Gedächtnis betrachten.

In der gegenwärtigen Forschung zur *Epigenetics* sind – neben den anfangs beschriebenen Forschungen zum Zusammenhang von Methylierung und Gedächtnis – sehr verschiedene Dimensionen und Organismen im Blick. So geht es, um nur einige Beispiele zu nennen, in der *Embryologie* und

Stammzellen-Forschung um das Problem der Instabilität von Stammzellen und den Verlust der Markierung bei der Teilung der Stammzellen, denn dichte *Verpackung* erschwert den Zugang zu Genen und behindert die Aktivierung von Erbanlagen.⁷ In der molekularbiologischen *Krebsforschung* wird die Rolle von *Störungen* epigenetischer Mechanismen bei der Tumorgenese untersucht.⁸ Die *Evolutionsbiologie* hat, in Experimenten mit Wasserflöhen, die „phänotypische *Plastizität*“ als Effekt der „maternalen Umgebung“ erkannt, insofern sich „die Zyklomorphose von *Daphnia cucullata* als eine Adaption an eine variable Umwelt evolviert“ (Laforsch 2003, 5).⁹ Und in der humanen *Reproduktionsmedizin* werden *Imprinting-Defekte* in der Embryonalentwicklung jüngst daraufhin befragt, ob sie möglicherweise durch Bedingungen der In-Vitro-Fertilisation beeinflusst werden, wobei an erster Stelle die Kulturbedingungen bei der Konservierung der Embryonen außerhalb des mütterlichen Organismus ausschlaggebend sein könnten (Horsthemke/Ludwig 2005). Die *Humangenetik* hat sich bisher vor allem auf die Zwillingsforschung und die Untersuchung umweltbedingter Abweichungen bei eineiigen Zwillingen konzentriert, während die *sozio-anthropologische* Perspektive generationenübergreifender Wirkungen vor allem mit dem Problem nur begrenzt verfügbarer Daten zu konkreten, physiologischen Lebensbedingungen aus der Vergangenheit zu kämpfen hat. Die Felder epigenetischer Forschung reichen derzeit also von der Zelle über den Embryo und den einzelnen Organismus bis hin zu Generationen. Der Vorstoß in noch weitgehend unbekannte Mechanismen wird dabei von einer signifikanten Metaphernproduktion begleitet. Im Hinblick auf epigenetische Prozesse ist beispielsweise von Markierung (bookmarking), Formierung, Imprinting, Reprogrammierung, Verpackung, Abschalten (Gen-Silencing), Inaktivierung und vom Gedächtnisschalter die Rede, während deren Effekte als Plastizität, Störungen, Instabilität, Blockade und auch Zellgedächtnis verbildlicht werden. Von hier aus ist es interessant, die Geschichte epigenetischer Konzepte zu betrachten, die zu einer Zeit entstanden sind, als der Organismus noch nicht mit Hilfe von Gentechnologie und Neuroimaging zugänglich und durchschaubar schien, als die Wissenschaftler also

7 Vgl. die Forschungen von Magdalena Zernicka-Goetz (Cambridge) und Margaret Fuller (Michigan).

8 Vgl. die Forschungen von Heinrich Leonhardt (Biozentrum der LMU München) sowie am Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg.

9 Für die Humanentwicklung vgl. die Forschungen von Patrick Bateson (Cambridge).

noch vollständig auf Modellbildungen, Gedankenexperimente und Vorstellungsbilder, d. h. auf die *facultas fingendi* (Weigel 2004) angewiesen waren.

5. Zur Geschichte der Epigenetik und ihrer Stellung zur Evolution

Epigenetics in der gegenwärtigen Forschung operiert in gänzlich anderen Dimensionen als die Theoreme der Epigenetik, wie sie im 18. Jahrhundert entstanden sind. Dennoch ist es an der Zeit, die molekularbiologische Dimension der epigenetischen Laborforschung mit der wissenschafts- und kulturgeschichtlichen Dimension der Epigenetik zu verknüpfen, in der sich – das Beispiel Ewald Hering hat es gezeigt – durchaus ungehobene Schätze für heutige Probleme finden, nicht Antworten, aber Fragen und epistemische Reflexionen. In der post-genetischen Epoche lohnt sich der Blick in die vogenetischen Biowissenschaften genauso wie sich der Blick auf die Kehrseiten der Mainstream-Forschung lohnt. Denn letztere hat im 20. Jahrhundert, aufgrund der zunehmenden Engführung von Genetik und Evolutionstheorie, manche Fragen aus dem Auge verloren. In wissenschaftshistorischer Perspektive bewegen sich Epigenetik und Evolution dabei in einem bemerkenswerten Spannungsverhältnis. Während die Formulierung der epigenetischen Vererbungstheorie im 18. Jahrhundert – durch Wolff, Herder, Blumenbach und Lamarck – eine der Möglichkeitsbedingungen für die Entstehung der Evolutionstheorie darstellt, hat die folgende Ausformulierung der Darwinschen Deszendenz- und Vererbungstheorie, insbesondere aber die genetische Interpretation seiner Ideen zu einer Diskriminierung epigenetischer Vorstellungen geführt. Dabei hat das Konzept der Epigenetik selbst einen weitreichenden interessanten Bedeutungswandel durchgemacht.

Für Geisteswissenschaftler, die die Kulturgeschichte des Wissens erforschen, ist das Konzept der Epigenese/Epigenetik seit langem vertraut.¹⁰ In der Wirkungsgeschichte der sogenannten Haller-Wolff-Debatte spielte für Autoren der Naturgeschichte, Sprachphilosophie und Geschichte (z. B. bei Herder, Humboldt, Goethe, Schopenhauer u. a.) der Begriff der Epigenese eine herausragende Rolle. Die Veröffentlichung der Schrift

10 Vgl. das Kapitel „Die vergessene Geschichte des Generationskonzepts“ in Weigel 2006, insbesondere 128–135. Vgl. auch Müller-Sievers 1993; Parnes/Vedder/Willer 2008.

Theoria Generationis (1759) von Caspar Friedrich Wolff, dem Kritiker der Präformationslehre und Begründer der Epigenesis, markiert eine Urszene der biologischen Vererbungstheorie, weil darin eine Entwicklungstheorie des Organismus formuliert wird, die zwischen Fortpflanzung, Wachstum und Ernährung unterscheidet. Wolffs Vorstellungen davon, wie sich aus einem Keim ein vollständiger Organismus entwickelt, sind bekannter geworden unter dem Begriff ‚Bildungstrieb‘ bzw. *vis formativus*, den Johann Friedrich Blumenbach in seinem Buch *Über den Bildungstrieb* (1791) benutzt. Darin wird der Prozess, durch den ein Organismus seine spezifische Gestalt – oder auch Bildung – erhält und diese, beispielsweise im Falle einer Verletzung, wiederherstellt, diskutiert. Aus diesem physiologischen Begriff der Bildung und seiner Verknüpfung mit der ästhetischen Idee der Bildung – als Begriff für die visuelle Wahrnehmung und für die Einbildung des äußeren Bildes – hat sich um 1800 das für die deutsche Geistesgeschichte spezifische Konzept der Bildung entwickelt – nicht zu verwechseln mit Erziehung. Denn für die Bildung ist die Wechselbeziehung zwischen äußerer Gestalt bzw. Bild und Verinnerlichung bzw. Einbildung konstitutiv. Das heißt, dass die biologische Theorie der Epigenesis den organischen, komplementären Part zum kulturellen Bildungsaspekt bereitstellte, oder anders gesagt: In ihren Anfängen stellt die Epigenesis eine Art physiologische Matrix für die philosophische und kulturelle Idee der Perfektibilität, der allmählichen Vervollkommnung – des Individuums oder der Art – dar.

Dabei scheint es um 1800 keinen *Science war* gegeben zu haben, der den Austausch zwischen den verschiedenen Wissensfeldern blockierte – zumal nicht wenige Wissenschaftler zugleich in mehreren Fächern lehrten. Im Gegenteil, das Konzept der Epigenesis übte eine große Faszination auf Philosophen aus – obwohl nicht nur Goethe, sondern auch Johann Gottfried Herder den Begriff Bildung oder Bildungstrieb vorzogen. In seinen *Ideen für eine Philosophie der Geschichte der Menschheit* (1784–1791) entwarf Herder für die Vorstellung vom ‚Werden‘ der Geschöpfe eine neue Erklärung, indem er deren Entstehung als Wirkung organischer Kräfte beschrieb. Aufgrund der Existenz derartiger organischer Kräfte in der Geschichte nennt Herder die Natur eine „bildende Künstlerin“: „Jedes Geschöpf sucht Gestalt zu gewinnen und formt sich“ (Herder 1784–1791, 105). Auf der untersten Ebene dieses Prozesses sah er die gestaltenden Kräfte von Kristallen und Salzen am Werk, wobei die organischen Kräfte in seiner Sicht sowohl zerstörend als auch ordnend wirken, sowohl aufspaltend als auch verbindend. Man kann sein Erklärungsmodell in der Formel zusammenfassen: Organische Materie + lebendige Kräfte = Entstehung

der künftigen Geschöpfe (ebd., 172). Seine ontogenetische Betrachtungsweise wird durch eine phylogenetische Theorie ergänzt. Im fünften Teil seines Buches diskutiert Herder die Vorstellung einer aufsteigenden Kette von Formen und Kräften und damit eine Idee des Fortschreitens von niedriger organisierten zu komplexer organisierten Organismen: von Kristallen über Pflanzen und Tiere zu den Menschen. Die Entstehung einer jeden Art wird dabei als Ergebnis ihrer ‚Bestimmung‘ und ihrer Lebensweise gedeutet. In Herders Erörterung der Umweltbedingungen spielt das Klima eine besondere Rolle für sein Bild von der *Geschichte der Menschheit*.

Es war Jean-Baptiste Lamarck, der in seiner *Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux* (1809) derartige Vorstellungen von der Geschichte der Arten in eine zusammenhängende biologische Theorie übersetzt hat. Darin wird der Bildungstrieb in das Prinzip einer inneren Entwicklung transformiert, durch das sich Organismen bzw. Lebewesen von der anorganischen Materie und den Mineralien unterscheiden. Lamarcks Tableau zur Verteilung (*distribution*) der unterschiedlichen Arten und seine Beschreibung einer stetigen Höherentwicklung und wachsenden Komplexität des Nervensystems in den Organismen formuliert eine Art vor-darwinscher Deszendenztheorie, in anderen Worten eine Evolutionstheorie *avant la lettre*. Das bedeutet, dass der Einführung eines epigenetischen Konzepts in die Naturgeschichte eine bedeutende Rolle für die Ausarbeitung eines komplexen Modells zur Beschreibung und Erklärung der Entwicklung der Organismen und der Evolution der Arten zukommt; – und dieses ist im Ursprung ein zugleich biologisches und kulturelles Beschreibungsmodell, das aus dem Austausch von Ideen und Begriffen zwischen beiden Wissensfeldern entstanden war.

Als einzelne Wissenschaftler, nachdem sich die Darwinsche Evolutionstheorie mit ihren Prinzipien von Variation, Mutation und ‚natural selection‘ durchgesetzt hatte, auf die Idee vererbbarer Veränderungen zurückkamen, mussten sie nun allerdings gegen die Evolutionstheorie argumentieren, in deren Horizont Veränderungen nur über Zufall und Mutation denkbar sind. Oder sie mussten ein gänzlich anderes Paradigma verwenden. So ist es bemerkenswert, dass der theoretische Topos, der um 1900 ausdrücklich eine Verknüpfung von Veränderung und Vererbung formuliert, die ‚Vererbung erworbener Eigenschaften‘, sich auf der Grundlage einer gedächtnistheoretischen Begrifflichkeit entwickelt hat, nämlich als eine Art Gedächtnis, das der physischen Materie eingeschrieben ist. Eine der einschlägigen Formulierungen hierfür, Ewald Herings Bezeichnung des Gedächtnisses als „organisierte Materie“, wurde bereits oben zitiert. Ohne die Evolution überhaupt zu erwähnen, beschrieb

Hering in seinem Vortrag 1870 Prozesse der Phylogenese und der Ontogenese. In seiner Vorstellung ist jedes organische Wesen das Produkt eines unbewussten Gedächtnisses der organisierten Materie; dessen Ausbildung erklärt sich durch Wachstum und Teilung, durch die Assimilierung neuer Stoffe und deren Rückgabe an die anorganische Welt, durch Aufnahme neuer Dinge in sein Gedächtnis und deren Reproduktion. Auf diese Weise wird die Individualentwicklung als kontinuierliche Kette von Erinnerungen beschrieben, während im Horizont der Entwicklungsgeschichte dieses einzelne Wesen gleichsam als letztes Glied in der großen Kette der Wesen erscheint. Dabei kommt Herings Beschreibung der Art und Weise sehr nahe, wie Sigmund Freud die Dauerspür (oder Erinnerungsspür) in den Neuronen als Matrix seiner psychoanalytischen Theorie des Gedächtnisses konzipieren wird. Vermutlich sind sich kulturwissenschaftliche und physiologische Theorien niemals näher gewesen als um 1900, als sie nahezu dieselben Begriffe – oder Metaphern – benutzten.

Herings Erklärung über den konkreten Modus des Vererbungsprozesses ist für die Frage nach der Art und Weise, wie sich Veränderung in der Evolution ereignet, besonders interessant. Darin führt er die Vorstellung von einem ‚kleinen Erbe‘ als eine Art Ergänzung zum ‚großen Erbe‘ der Gattung ein. Dieses ‚kleine Erbe‘ ist das Bild für dasjenige, was während des individuellen Lebens erworben worden ist und in den Nachkommen zum Ausdruck kommen wird:

„Wir sind auf Grund zahlreicher Tatsachen zu der Annahme berechtigt, daß auch solche Eigenschaften eines Organismus sich auf seine Nachkommen übertragen können, welche er selbst nicht ererbt, sondern erst unter den besonderen Verhältnissen, unter denen er lebte, sich angeeignet hat, und daß infolge dessen jedes organische Wesen dem Keime, der sich von ihm trennt, ein *kleines Erbe* mitgibt, welches im individuellen Leben des mütterlichen Organismus erworben und hinzugelegt wurde zum *großen Erbgute* des ganzen Geschlechtes“ (Hering 1905, 13; Hervorhebung S. W.).

Es gibt wohl keine schönere und sprechendere Beschreibung für das Verhältnis zwischen vererben und erwerben. Mit dem Konzept eines kleinen Erbes als eine Art supplementärer Modifikation des Erbgutes, sei es einer Art oder des Menschen, hat Hering etwas gedacht, was man als Eintrittstor kultureller Elemente in eine physiologisch und neurologisch – oder auch molekularbiologisch – definierte Vererbung betrachten kann. Dabei hat er sich bemüht, im Detail die inneren organischen Mechanismen für diesen Vorgang in Begriffen der Neurologie zu begreifen – besser sich vorzustellen: als ein wechselseitig abhängiges System des permanenten

Austausches von Stoffen und Erregungen zwischen Zellen, Nerven und Organen, aus denen ein lebhafter Verkehr entsteht.

Die Art, wie die Keime durch diesen Verkehr beeinflusst werden, wird mit Hilfe einer Metapher beschrieben: im Bild eines Echos. All die bewussten und unbewussten Ereignisse des ganzen Organismus finden, so Hering, ihr Echo in jenem Organ, in dem der Keim sich formt: die ‚Keimbildung‘, die im Keimstock stattfindet. Hier taucht also der Begriff der Bildung wieder auf, jetzt allerdings in das Innere des Organismus verlagert, nicht aber bezogen auf den Organismus als Ganzes, sondern auf den Keim. Denn es ist der Keim, der hier als eine Art Medium funktioniert, das das Echo aller biologischen Prozesse aufnimmt, die im Organismus (der Mutter) statthaben. In aktuellen wissenschaftlichen Begriffen formuliert, hat Hering den Keim als Medium begriffen, durch das die Wirkungen von Metabolismus und neuronalen Vorgängen eines individuellen Organismus in die Bahn der transgenerationellen Vererbung eintreten.

Schon durch diese wenigen Beispiele aus der Geschichte epigenetischen Wissens wird dreierlei deutlich: zum einen der starke Bedeutungswandel, der sich am Begriff der Epigenese/Epigenetik vollzogen hat; zum zweiten welche wichtige Rolle Metaphern bei der Gewinnung neuer Erkenntnisse und der Formulierung neuer Erklärungsmodelle spielen; und schließlich die Tatsache, dass sich die erkenntnistheoretische Frage, auf die epigenetische Theorien eine Antwort suchen, nur wenig verändert hat – und noch heute ungelöst ist, die Frage nämlich, auf welche Weise die Umwelt in Gestalt von Veränderungen im Organismus zum Tragen kommt.

Dennoch hat sich die Beschreibungsebene für epigenetische Beobachtungen im Verlaufe der Wissenschaftsgeschichte dramatisch verändert: Um 1800 wurde Epigenese als ein Formungs- oder Bildungstrieb des Organismus definiert, der jenen Vorgang ermöglicht, durch den sich aus einem Keim ein vollständiger – niedriger oder höher organisierter – Organismus entwickelt, während die Kette oder Stufenleiter der Arten als Höherentwicklung in der Organisation der Organismen betrachtet wurde, gedeutet als Richtung zu höherer Bildung. Um 1900 wurde die ‚Vererbung erworbener Eigenschaften‘ als ein Art Einschreibung der Umwelt in die physische Materie betrachtet, die sich über den mütterlichen Organismus vollzieht, wobei das kleine Erbe, welches das große Erbe der menschlichen Gattung ergänzt und modifiziert, als eine Art Erinnerungsspür für Momente aus Umwelt, Erfahrung und Kultur im Organismus konzipiert ist.

Um 1800 also wurde Epigenesis als gestaltende Kraft im Organismus selbst lokalisiert, der durch äußere Bedingungen wie Ernährung und Klima beeinflusst wird. Um 1900 wurde Epigenetik als Vererbung von Modifikationen konzipiert, die durch den Keim auf die Nachkommen übertragen werden, der seinerseits als Medium für die Erinnerungen des metabolischen und neuronalen Systems funktioniert. Und um 2000 werden mit dem Begriff Epigenetics molekulare Funktionen verbunden, die den DNA-Informationen nachgeordnet sind bzw. diese regulieren und kontrollieren. Damit hat sich der epistemologische Fokus verschoben: vom Organismus über das neuronale System und die Zellen hin zu biochemischen Mechanismen auf der molekularbiologischen Ebene. Und zugleich haben sich die Agenten bzw. Faktoren epigenetischer Prozesse verlagert: von einer organischen Kraft über das Keimgedächtnis hin zu Instruktionen der Genexpression. Damit hat die epigenetische Forschung heute eine Mikroebene erreicht, auf der die sogenannte *nature-nurture*-Kontroverse nicht mehr greift. Stattdessen könnten die Spuren und Wirkungen der ökologischen, sozialen und kulturellen Sphäre im Organismus selbst erforscht werden – womit sich vollständig neue Perspektiven für interdisziplinäre Forschungen eröffnen. Mit ihrer Hilfe könnten die Gesetzmäßigkeiten der Evolution auf den Stand gegenwärtiger Lebenswissenschaften – und das heißt der avancierten biologischen Forschung ebenso wie dem Wissen der *Humanities* – gebracht werden.

Bibliographie

- Bateson, Patrick (2007): Developmental Plasticity and Evolutionary Biology. In: *Journal of Nutrition* (137): 1060–1062.
- Bauer, Joachim (2008): *Das kooperative Gen. Abschied vom Darwinismus*. Hamburg: Hoffmann und Campe.
- Bauer, Joachim (2008a): Die Werkzeuge der Evolution. In: *Die Welt* (20. 12. 2008), W3.
- Blumenberg, Hans (1998): *Paradigmen zu einer Metaphorologie*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Cairnes, J./Overbaugh, J./Miller, S. (1988): The Origin of Mutants. In: *Nature* (355), 142–145.
- Darwin, Charles (1871): *Descent of Man, and Selection in Relation to Sex, with an Introduction by James Moore and Adrian Desmond*. London u. a. 2004.
- Herder, Johann Gottfried (1784–1791): *Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit*. Hg. v. Martin Bollacher. Bd. 6. Frankfurt am Main: Suhrkamp 1989.

- Hering, Ewald (1905): *Über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organisierten Materie*. Vortrag gehalten in der feierlichen Sitzung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien am 30.5. 1870 (Ostwalds's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 148). Leipzig 1905.
- Horsthemke, Bernhard/Ludwig, Michael (2005): Assisted Reproduction: The Epigenetic Perspective. In: *Human Reproduction Update* (11:5), 473–482.
- Laforsch, Christian (2003): *Die Zyklomorphose bei Daphnia cucullata*. Diss. LMU München.
- Lamarck, Jean-Baptiste (1809): *Philosophie zoologique, ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux*. 2 Bde. Paris.
- Lamarck, Jean-Baptiste (1876): *Zoologische Philosophie*. Nebst einer biographischen Einleitung v. Charles Martins, aus dem Französischen übers. v. Arnold Lang. Jena.
- Miller, Courtney A./Sweatt, David (2007): Covalent Modifications of DNA Regulates Memory Formation. In: *Neuron* 53:3, 857–869.
- Müller-Sievers, Helmut (1993): *Epigenesis. Naturphilosophie im Sprachdenken Wilhelm von Humboldts*. Paderborn u. a.: Schöningh.
- Neuweiler, Gerhard (2008): *Und wir sind es doch – die Krone der Evolution*. Berlin: Wagenbach.
- Parnes, Ohad/Vedder, Ulrike/Willer, Stefan (2008): *Das Konzept der Generation: eine Wissenschafts- und Kulturgeschichte*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Pembrey, Marcus E. et al. (2006): Sex-specific, Male-line Transgenerational Responses in Humans. In: *European Journal of Human Genetics* (14), 159–166.
- Pembrey, Marcus E. (2009): What Role Might Epigenetics Have in Shaping a Person's Development? In: *Bio News* (519). URL = <http://www.bionews.org.uk/page-45982.asp>. Letzter Zugriff: 15.02.2010.
- Reicholf, Josef H. (2008): Die Macht des Wandels. In: *Die Zeit* (18. 9. 2008), 41.
- Tomasello, Michael (2002): *Die Kulturelle Entwicklung des menschlichen Denkens*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Weigel, Sigrid (2004): Das Gedankenexperiment – Nagelprobe auf die *facultas fingendi* in Wissenschaft und Literatur. In: Macho, Thomas/Wunschel, Annette (Hgg.): *Science & Fiction. Über Gedankenexperimente in Wissenschaft, Philosophie und Literatur*. Frankfurt am Main: Fischer, 183–205.
- Weigel, Sigrid (2006): *Genea-Logik. Generation, Tradition und Evolution zwischen Kultur- und Naturwissenschaften*. München: Fink.
- Weigel, Sigrid (2008): Kulturwissenschaftliche Perspektiven zur Bioethik: Genealogie und Übertragung von Leben. In: Honnefelder, Ludger/Lanzerath, Dirk (Hgg.): *Bioethik im Kontext von Recht, Moral und Kultur*. Bonn: UP, 95–111.
- Wie sich Erinnerungen löschen lassen. In: *Spektrumdirekt*. Online-Zeitschrift. URL = http://www.wissenschaft-online.de/artikel/868127&_z=859070, zuletzt gesehen am 16.3.2007.