

Kapitel 6:

Ausblick und Schluss

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass die Vorstellung von einer genetischen Essenz des Organismus aus biologischer Sicht nicht haltbar ist, dass sie sich aber in weiten Teilen des biologischen und öffentlichen Diskurses hartnäckig gegen Kritik behaupten konnte. Abschließend möchte ich nun einige Fragen aufgreifen, die bisher offen geblieben sind. Sie verweisen zum einen auf die Grenzen eines konsequent nichtessentialistischen Denkens in der Biologie (6.1). Und zum anderen geben sie einen Ausblick darauf, wie wir trotz des unvermeidlichen Festhaltens an implizit nominal-essentialistischen Denkmustern zumindest den negativen Folgen der Vorstellung eines genetischen Essentialismus im starken Sinn – das heißt, den essentialistischen Assoziationen, die der unvoreingenommenen Bewertung biologischer Forschungsvorhaben und der Wahrnehmung der Komplexität und Heterogenität der belebten Welt im Wege stehen – entkommen könnten (6.2). Ein wesentlicher Schritt auf diesem Weg ist ein pluralistisches Verständnis des Prozessgens im Hinblick auf seine unterschiedlichen Rollen in Expressions-, Entwicklungs- und Vererbungsprozessen (6.3).

6.1 EINE WELT OHNE BIOLOGISCHE ESSENZEN?

Weder »Gene« noch Genom können auf der ontologischen Ebene als kausale Essenz des Individuums angesehen werden. Aber was genau folgt aus der Widerlegung des ontologisch-kausalen genetischen Essentialismus? Vor allem, dass »Gene« und Genom weder das essentielle Wesen eines Individuums und seinen Phänotyp eindeutig festlegen noch den Ausgang eines einzelnen Expressionsprozesses. Diese Feststellung beinhaltet einerseits die Abkehr vom kruden genetischen Determinismus, die heute sowohl in der Biologie als auch in der Biophilosophie als selbstverständlich gilt. In dieser Hinsicht kann man durchaus schon von einem interaktionistischen Konsens sprechen: Es ist unstrittig, dass sowohl

genetische als auch nichtgenetische Faktoren eine wichtige Rolle in der Individualentwicklung spielen.

Andererseits geht aber eine im eigentlichen Sinn nichtessentialistische Sicht auf genetische Prozesse über diese Feststellung weit hinaus. Denn die genetische Ausstattung eines Organismus kann nun nicht länger als wissenschaftliche Version seiner »Seele« angesehen werden, die die charakteristische Entwicklung des Organismus vollständig bestimmt – das Genom enthält keine Instruktionen für den Bau von Organismen und es liefert kein genetisches Programm. Wie Susan Oyama zutreffend sagt, ist das Schlimme an der Erklärung biologischer Prozesse mit Vokabeln wie Rezept oder Programm nicht, dass damit *nichts* erklärt wird – sondern im Gegenteil: dass damit scheinbar *alles* erklärt wird.¹ Problematisch ist aus biophilosophischer Sicht vor allem, dass das genetische Material im Rahmen der Programmetapher nicht nur als *ein* wichtiger Kausalfaktor bei der Individualentwicklung angesehen wird, sondern zugleich als Antwort auf die ontologische Frage nach dem Wesen eines Lebewesens. Die »Gene« erscheinen als Formprinzip, das lenkend und regulierend *hinter* dem Entwicklungsprozess steht. Das ist aber eine Rolle, die ihnen, wie wir gesehen haben, nicht zukommt. Zu jedem Zeitpunkt in der Entwicklung des Organismus bestimmen die aktuell vorliegenden genetischen, zellulären und extrazellulären Faktoren, was ein »Gen« ist, welche »Informationen« vorliegen, wann diese zur Herstellung eines Proteins herangezogen werden und wie die Entwicklung weitergeht. Eine Erklärung der Entstehung organismischer Formen kann sich daher nicht auf die Vorstellung der Abarbeitung eines genetischen Programms beschränken.

Die Programmanalogie ist durch die mit ihr verbundenen essentialistischen Assoziationen auch dann problematisch, wenn man statt von einem *genetischen* Programm von einem *Entwicklungsprogramm* spricht, in dessen Verlauf Informationen über die Formen und Eigenschaften des Organismus umgesetzt werden, die aus der Interaktion zahlreicher untereinander vernetzter genetischer und nichtgenetischer Kausalfaktoren entstehen. Susan Oyama weist zu Recht darauf hin, dass das Programmkonzept eigentlich nicht mehr gebraucht würde, wenn biologische Sachverhalte so als Merkmale des gesamten Systems »Organismus« beschrieben würden.² Denn auch für die Vielzahl von Prozessen, die in dem System ablaufen, gilt, dass sie die Entwicklung ganz von allein vorantreiben, ohne dass man eine *zusätzliche* Entität, einen »Plan« oder ein »Programm«, *hinter* diesen Prozessen annehmen müsste, das sie bestimmt und kontrolliert. Der Begriff »Programm« passt allenfalls dann auf biologische Prozesse, wenn er nicht

1 Vgl. Oyama (2000), 73.

2 Vgl. Oyama (2000), 62.

als ein Satz von Instruktionen oder Rezepten verstanden wird, die die Prozesse anleiten (»dirigieren«), sondern mit dem Prozess *selbst* identifiziert wird.³ Prozess und Plan sind jedoch in diesem Fall identisch. Es ist daher eine unnötige Reifizierung und Mystifizierung des Entwicklungsprozesses, weiter von einem Entwicklungsprogramm zu reden.

Ist damit die Frage nach der individuellen Essenz eines Lebewesens ebenso eindeutig negativ beantwortet wie die Frage nach den Speziesessenzen? Ist der biologische Essentialismus also vollständig ausgeschlossen, weil es weder auf der Speziesebene noch auf der Ebene des Individuums Essenzen gibt? Nicht unbedingt. Zur Verteidigung des biologischen Essentialismus sind unterschiedliche Strategien denkbar:

- Die ontologisch-kausale Essenz des Individuums wird als ein veränderliches Netzwerk genetischer und nichtgenetischer Faktoren angesehen.
- Die ontologisch-kausale Essenz des Individuums wird gleichgesetzt mit dem Prozess, in dem genetische und nichtgenetische Faktoren interagieren.
- Die genetische Ausstattung des Individuums wird als seine nominal-kausale Essenz interpretiert.
- Die nominal-kausale Essenz des Individuums wird als ein Prozess angesehen, in dem genetische und nichtgenetische Faktoren interagieren.

Die erste Strategie versucht die Vorstellung einer ontologisch-kausalen Essenz des Individuums durch den Hinweis zu retten, dass jedes Individuum *als* Individuum eine ontologische Essenz im Sinne eines spezifischen Netzwerks veränderlicher genetischer und nichtgenetischer Kausalfaktoren besitzt, das ihn zu einem konkreten Zeitpunkt und innerhalb des jeweiligen Kontextes zu *diesem* Individuum macht.

Eine solche Interpretation der individuellen Essenz wäre durchaus mit den in den Kapiteln 4 und 5 diskutierten Ergebnissen der biologischen Forschung in Einklang zu bringen. Die Frage ist aber, welche Art von Erkenntnis man damit gewinnen würde. Denn zum einen ist diese Art der Essenz für eine Einteilung der Organismen in »natural kinds« wenig hilfreich, da es zu jedem Zeitpunkt so viele Kategorien gäbe wie Lebewesen. Sofern sie zur Klassifizierung von Individuen dienen soll, können wir von einer kausalen Essenz im ontologischen Sinn auf der Ebene der Individualentwicklung daher auch dann nicht sprechen, wenn wir nichtgenetische Faktoren miteinbeziehen. Und zum anderen würde nach dieser Interpretation jedes Individuum im Laufe seines Lebens eine nahezu unbe-

3 Vgl. Oyama (2000), 73f. Vgl. dazu auch Noble (2008a), 3010.

grenzte Zahl an unterschiedlichen »Essenzen« beherbergen. In Anlehnung an Susan Oyama könnte man sagen, jedes Lebewesen besäße so viele Essenzen »as time has segments«⁴. Dies ist es aber offenbar gerade nicht, worauf die Frage nach dem charakteristischen Wesen eines Individuums, das es von anderen Lebewesen unterscheidet, abzielt.

Ähnliche Probleme ergeben sich im Hinblick auf die Variante der ersten Strategie, kausale Essenzen nicht wie normalerweise üblich als Substanzen oder Kräfte zu verstehen, sondern als sich selbst regulierende Prozesse, in denen genetische und nichtgenetische Faktoren interagieren.⁵ Denn je mehr Einblicke wir in die kausalen Zusammenhänge biologischer Prozesse wie der Proteinsynthese oder der Ontogenese erhalten, umso mehr verliert der Essenzgedanke auf der ontologischen Ebene von seiner intuitiven Plausibilität und scheinbaren Notwendigkeit. Entscheidend ist auch hier, dass keine Entität existiert, die ontologisch hinter dem aktuellen Entwicklungsprozess steht und diesen auf ein vorgegebenes Ziel hin steuert – weder eine genetische Essenz noch eine aus genetischen und nichtgenetischen Faktoren zusammengesetzte oder eine prozessual verstandene Essenz. Die faktischen und konstanten Eigenschaften des Individuums machen immer nur einen Teilaspekt seines Wesens aus. Konstituiert wird dieses »Wesen« erst *im Werden*, im Prozess, beim Zusammenspiel der genetischen und nichtgenetischen Faktoren und innerhalb eines konkreten Kontextes.

Die Existenz einer nicht nur genetischen Essenz des Individuums im ontologisch-kausalen Sinn ist daher für die Biologie ebenso wie für die »folkbiology« nahezu bedeutungslos. Aber wie sieht es mit den nominal-kausalen Essenzen aus? Die bisherige Argumentation zeigt im strengen Sinne nur, dass es auf genetischer Ebene keine biologischen »natural kinds« im Sinne von *ontologischen* Essenzen gibt, die den Essenzen etwa von chemischen Elementen mit einer eindeutig festgelegten Mikrostruktur entsprechen. Aber was spräche dagegen, die genetische Ausstattung stattdessen als *nominal-kausale* Essenz zu verstehen, die einen entscheidenden (wenn auch nicht singulären) Beitrag zur Entwicklung und zum Wesen eines Individuums leistet und als solche auch zur Charakterisierung und Kategorisierung herangezogen werden kann?

Problematisch ist diese Strategie nicht nur, weil der nominal-kausal interpretierte essentialistische Charakter »der Gene«, wie wir gesehen haben, leicht im ontologischen Sinn missverstanden werden kann – unter anderem aufgrund der

4 Vgl. Oyama (2000), 27: »The developmental system [...] does not have a final form, encoded before its starting point and realized at maturity. It has, if one focuses finely enough, as many forms as time has segments.«

5 Vgl. dazu etwa den Vorschlag von Keil/Richardson (1999), 272.

pragmatischen Verwendung des Genbegriffs in den Biowissenschaften. Für eine plausible und kognitiv hilfreiche Einteilung der belebten Welt im Sinne nominaler Essenzen ist der Blick auf das Genom allein ebenso wenig ausreichend, wie für die ontologisch-kausale Erklärung dessen, was ein Lebewesen zu diesem Lebewesen macht. Denn da neben den genetischen auch zahlreiche nichtgenetische Kausalfaktoren für den Prozess und das Resultat der Ontogenese von zentraler Bedeutung sind, wäre eine Kategorisierung von Individuen nach ihrem Wesen allein auf der Grundlage ihrer *genetischen* Konstitution (ähnlich wie im Fall der in Kapitel 1 diskutierten nominal-sortalen Essenzen) wenig hilfreich. Dies zeigt sich am Beispiel eineiiger Zwillinge, die zwar eine (nahezu) identische genetische Ausstattung besitzen, aber dennoch ein grundsätzlich andersartiges charakteristisches Wesen. Das So-Sein unterschiedlicher Lebewesen kann nicht auf eine genetische Essenz zurückgeführt werden – auch nicht im nominalen Sinn.

Der genetische Essentialismus hinterlässt daher sowohl auf der ontologischen als auch auf der nominalen Ebene eine explanatorische Lücke. Diese wird aber erst sichtbar, wenn man das Konzept des Gens nicht – wie es häufig im alltäglichen Sprachgebrauch zu beobachten ist – als bloßen Platzhalter für die vage Vorstellung einer unsichtbaren identitätsdeterminierenden Essenz versteht, sondern nach der tatsächlichen Natur und Funktion des genetischen Materials fragt. Je genauer wir die biologischen Prozesse betrachten, desto weniger ähnelt die DNA der gesuchten biologischen Essenz – und desto zweifelhafter erscheint die vermeintlich hilfreiche Rolle, die genessentialistische Konzepte in unserer Interpretation dieser Phänomene spielen können.

Es ist jedoch noch eine vierte Strategie denkbar, wenn man an essentialistischen Vorstellungen in der Biologie festhalten möchte: Genetische und nichtgenetische Faktoren könnten, wie oben als Rettungsversuch für ontologische Essenzen beschrieben, als Teile aktueller kausaler Prozesse und Netzwerke verstanden werden. Denn diese führen ja tatsächlich in vielen Fällen zur Entwicklung eines Organismus, an dem wir bestimmte Eigenschaften (und das Fehlen anderer Eigenschaften) feststellen können, die er entweder mit anderen Individuen teilt oder nicht, und die durchaus über längere Zeiträume konstant bleiben können. Aus diesen unbestrittenen Regelmäßigkeiten könnten wir mit einiger Berechtigung eine nominal-kausale Essenz des jeweiligen Individuums ableiten, die sowohl charakteristisch für sein individuelles als auch für sein artspezifisches Wesen ist und die weder rein genetisch noch im ontologischen Sinn ein realer Bestandteil der Welt wäre. Stattdessen würde sie sowohl auf tatsächlichen materiellen (zum Teil, aber nicht nur, genetisch bedingten) Eigenschaften und Ähnlichkeiten bestimmter Individuen beruhen als auch auf unserer Strukturalismus

rierung und Klassifizierung der Wirklichkeit.⁶ Und wie das molekulare Prozess-gen besäße sie keinen statischen, sondern einen prozessualen Charakter.

Während die Plausibilität der ersten drei Vorschläge vor dem Hintergrund des bisher Gesagten als gering angesehen werden muss, ist dieser vierte Ansatz nicht so leicht von der Hand zu weisen. Da dem essentialistischen Denken, wie in Kapitel 1 beschrieben, ein großer heuristischer Wert bei der kognitiven Ordnung der belebten Welt zukommt, spricht auf den ersten Blick einiges für eine solche Kompromisslösung, die von »Prozess-Essenzen« auf der nominalen Ebene ausgeht. Eine Einteilung der Organismen in variable und konventionalisierte Gruppen wie biologische Spezies wäre immer noch möglich, allerdings mit mehr oder weniger großer Zuverlässigkeit. Wir könnten Kategorien im Sinne nominal-kausaler Prozess-Essenzen bilden, die sowohl in der »folkbiology« als auch in der biologischen Forschung (wie in allen anderen Wissenschaften) hilfreich wären bei dem Versuch, die komplexen und erstaunlichen Erscheinungen und Veränderungen der belebten Welt zu ordnen und zu verstehen. Und auch wissenschaftliche Voraussagen über biologische Phänomene könnten weiterhin getroffen werden – wenn auch vielleicht mit einer gegenüber anderen Naturwissenschaften verminderten Genauigkeit. Denn zwischen »natural kinds«, die auf nominalen Essenzen beruhen, gäbe es Übergänge und Zwischenformen, wie sie bei invarianten ontologischen »natural kinds« nicht möglich sind.

Gegen die Einführung eines »Prozess-Essenz«-Konzeptes und damit gegen einen biologischen Essentialismus in diesem schwachen, nominal-kausalen Sinn spricht jedoch, dass es für die unvoreingenommene Einschätzung biologischer Phänomene, wie wir gesehen haben, von zentraler Bedeutung ist, dass die Biologie *explicit* als eine nichtessentialistische Wissenschaft präsentiert wird. Die Gefahr der Verwechslung nominaler »Prozess-Essenzen« mit stärkeren Konzepten wie dem ontologisch-kausalen Essentialismus ist so groß, dass es ratsam ist, trotz unbestreitbarer kognitiver Vorteile des dahinter stehenden *Konzeptes* auf die Verwendung des *Begriffs* »Essenz« im Hinblick auf biologische Entitäten vollständig zu verzichten. Trotzdem eröffnet der Prozessgedanke einen möglichen Weg aus dem Dilemma zwischen dem menschlichen Bedürfnis nach Ordnung und den negativen Folgen bioessentialistischen Denkens. Denn die Vorstellung, dass der Wesenskern eines Individuums aus Prozessen mit all ihren Komponenten und Interaktionen besteht, die nicht im ursprünglichen statischen Sinn essentialistisch, sondern dynamisch und wandelbar sind, kann helfen, die *nachteiligen*

6 Vgl. dazu auch den Vorschlag von Ruse (1992), für den biologische »natural kinds« zwar schwächer als Aristoteles' ontologische, aber stärker als Lockes nominale Essenzen sind.

essentialistischen Assoziationen effektiv zu vermeiden und im Hinblick auf die belebte Welt zu einem echten Umdenken sowohl auf ontologischer als auch auf sprachlicher Ebene zu kommen.

6.2 PLÄDOYER FÜR EIN UMDENKEN AUF SPRACHLICHER UND ONTOLOGISCHER EBENE

Wie wir in den Kapiteln 2 und 3 gesehen haben, reicht die bloße Darstellung aktueller biologischer Befunde, die ein nichtessentialistisches Bild »des Gens« und seiner Rolle in der Ontogenese nahelegen, nicht aus, um den tief verwurzelten und zum Teil versteckten biologischen Essentialismus vollständig aus unseren Köpfen zu vertreiben. Ein Grund dafür ist, dass die Krise des Genbegriffs und der im fachbiologischen Diskurs zu beobachtende Übergang vom klassisch-molekularen zu modernen pragmatischen Genkonzepten dem Verständnis des nichtessentiellen Charakters biologischer Prozesse wie der Genomexpression und der Ontogenese in der öffentlichen Wahrnehmung im Wege steht. Denn der pragmatische Umgang der Biologen mit den Problemen des klassisch-molekularen Genkonzeptes führt dazu, dass im biologischen Sprachgebrauch weiterhin von »den Genen« als Akteuren im Spiel der Proteinsynthese und Ontogenese die Rede ist, ohne dass damit notwendigerweise eine Aussage über den ontologischen Status des Gens verbunden wäre. Diese Einschränkung ist jedoch für Nicht-Biologen nicht eindeutig erkennbar, was leicht zu einer Fehlinterpretation des pragmatischen Genkonzeptes im ontologischen Sinn führt: »The tragedy is [...] that such a pragmatic concept of the gene has been canonized by the media and the public-at-large as the biological determinants of traits and characters, and in consequence turned the genetic engineers into the sorcerers that can shape our personal and social well-being, for better or worse.«⁷ Obwohl im Rahmen moderner Genkonzepte eine Relativierung der Bedeutung genetischer Faktoren stattfindet, lassen »die Gene« ihren Ruf als kausale Essenz des Organismus dadurch noch nicht vollständig hinter sich.

7 Falk (2000), 343.

Tabelle 2: Essentialistische Dimensionen der wissenschaftlichen und öffentlichen Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Bereichen der Biologie

Merkmale kausaler Essenzen	Verborgtheit	Kategorisierung	Kausalität
<i>Kapitel 2:</i> Bioessentialistisches Denken in der Chimären-diskussion		Unnatürlichkeitsargument, Argument der moralischen Verwirrung: Chimären durchbrechen essentialistische Kategorien	Transplantation »hochpotenter« Zellen, Gewebe und Gene wird als problematisch empfunden: Zuschreibung einer besonderen Art von Kausalkraft
<i>Kapitel 3:</i> Erweckung genessentialistischer Assoziationen	Innerlich, geheimnisvoll, Seele	Feste Grenzen zwischen Arten, Menschengruppen und Individuen	Unbewegter Bewegter, Kraft des Wortes, Macht
– durch Aktivitätsmetaphern	Expression, »internal agent«, Homunkulus		»master control genes«, Regulatorgene, Akteur, Baumeister, egoistische Gene
– durch Textmetaphern	Code, entziffern, entschlüsseln, Information, Sprache des Lebens	Buch des Lebens, Buch der Natur, Heiliges Buch	Information, Wort
<i>Kapitel 4 und 5:</i> Essentialistische Dimensionen des klassisch-molekularen Genkonzeptes und der genomzentrierten Interpretation der Ontogenese	Gen bzw. Genom liegt als spezifische DNA-Sequenz in den Zellen verborgen	Genetische Ausstattung bestimmt Artzugehörigkeit	Kausale Kraft der Gene bzw. des genetischen Materials bestimmt den Verlauf der Ontogenese und alle wesentlichen Eigenschaften des Organismus

Identität	Vorhersagen	Übertragbarkeit
Argument des moralischen Status, Menschenwürdeargument: Furcht vor Identitätsveränderung durch Transplantation art-fremden Biomaterials	Argument des moralischen Status, Menschenwürdeargument: Vorhersage eines Wechsels der biologischen, sozialen oder moralischen Kategorie	Grundvoraussetzung für die Plausibilität aller Einwände: Möglichkeit der Übertragbarkeit von Eigenschaften und Kräften
Formprinzip, Konstituierung und Entwicklung der eigenen Identität	Schicksal, Beeinflussung der Zukunft	Material- und Kontextunabhängigkeit
»master control genes«, Regulatorgene	Gen »für« X	»master control genes«, Regulatorgene, Kontrolleure, Kommando
Buch, Information	Entschlüsselung	Information
Gene bzw. Genom als Grundlage der individuellen Unterscheidbarkeit; Veränderungen des Genoms führen zu Veränderungen des Phänotyps	Kenntnis genischer bzw. genomischer Sequenzen erlaubt Vorhersagen über Variationen des Phänotyps, z.B. Krankheiten	Gene bzw. Abschnitte des Genoms sind mitsamt ihrer spezifischen Kausalwirkung übertragbar, z.B. bei transgenen Organismen

Die Hartnäckigkeit genessentialistischer Vorstellungen gerade in der öffentlichen Wahrnehmung kann jedoch nicht allein auf den Spezialfall der ontologischen Interpretation pragmatischer Genkonzepte zurückgeführt werden. Der entscheidende Faktor ist vielmehr die spezifische Beschaffenheit der in der öffentlichen Darstellung und Diskussion der aktuellen Forschungsergebnisse eingesetzten Gensprache, die sich zumindest implizit immer noch stark am klassisch-molekularen Genkonzept und an der Vorstellung des Genomzentrismus orientiert. Einige der im Text diskutierten Beispiele für die essentialistischen Dimensionen des biologischen Diskurses sind in Tabelle 2 noch einmal zusammengefasst. Vor allem die mit den Aktivitäts- und Textmetaphern der Gensprache transportierten essentialistischen Assoziationen fungieren – auch unabhängig von der konkreten Kenntnis moderner Genkonzepte – als ontologische »Lückenfüller«, die die Krise des klassisch-molekularen Genkonzeptes auffangen und ein scheinbar kohärentes Bild des Gens zeichnen, das im Hinblick auf seine ontologische Plausibilität und Vollständigkeit nicht weiter hinterfragt wird.

Natürlich divergieren die Interpretationen eines wissenschaftlichen Konzeptes durch Fachwissenschaftler und Fachfremde schon allein durch ihre unterschiedlich detaillierten Einblicke in das Geschehen zwangsläufig im Hinblick auf das Ausmaß der »Passung« zwischen Sprachbild und Wirklichkeit. Aber wie die Diskussion um die Herstellung von künstlichen Mischwesen zeigt, führen verborgene essentialistische Hintergrundannahmen nicht nur zu vereinfachten und teilweise unzutreffenden Vorstellungen über biologische Phänomene – sie können zugleich der unvoreingenommenen Einschätzung biologischer Forschungsvorhaben im Wege stehen. Und auch wenn der biologische Essentialismus selbst, zumal in seiner nominal-kausalen Variante, wohl nie vollständig verschwinden wird, können wir wenigstens versuchen, diesen für die öffentliche Wahrnehmung der Biologie potentiell schädlichen Einfluss des essentialistischen Denkens möglichst klein zu halten.

Das in Kapitel 4 vorgestellte Konzept des molekularen Prozessgens ermöglicht einen ersten Schritt auf dem Weg, um negativen Folgen genessentialistischer Assoziationen zu entkommen. Aber wie wir gesehen haben, beschränkt sich das bioessentialistische Denken nicht auf den Prozess der Proteinsynthese. Die vorliegende Untersuchung kann daher als Plädoyer für eine umfassende und konsequente Anwendung des Prozessgedankens in der Biologie gelesen werden, die mit einem Umdenken in doppelter Hinsicht, auf ontologischer und auf sprachlicher Ebene, verbunden sein muss:

Erstens sollen die dargestellten empirischen Erkenntnisse der Biowissenschaften als Motivation für ein Umdenken über den Status »des Gens« auf der

ontologischen Ebene dienen, also darüber, was »Gene« und Genome sind und können. Entscheidend sind dabei vor allem die folgenden Punkte:

- Weder »Gene« noch Genome sind die (kausale oder sortale) Essenz eines Lebewesens.
- »Gene« sind keine materiellen Entitäten. Sie sind vielmehr (wie Genomexpression und Ontogenese selbst) biologische Prozesse, in deren Verlauf die DNA mit zahlreichen weiteren Faktoren interagiert.
- Welche genetischen und nichtgenetischen Faktoren essentiell und welche akzidentell für den Organismus und seine Entwicklung sind, ist nicht eindeutig zu unterscheiden. Eine Veränderung des Genoms ist nicht von vornherein grundlegender für eine »Wesensveränderung« als Veränderungen der Umwelt oder des genetischen Milieus. Die Form eines Lebewesens wird durch seine genetische Ausstattung nicht eindeutig und dauerhaft festgelegt, sondern entwickelt sich im Laufe seines Lebens beständig weiter.

Zweitens muss die effektive Verankerung des ontologischen Umdenkens auf der *sprachlichen Ebene* durch eine Neuausrichtung der Gensprache unterstützt werden. Da statische Textmetaphern und Aktivitätsmetaphern, die die Macht des genetischen Materials überhöhen, starke essentialistische Assoziationen wecken, sollten sie nicht unkritisch verwendet oder überstrapaziert werden. Wie wir in Kapitel 3 gesehen haben, gibt es bereits eine Reihe von Vorschlägen für genetische Metaphern, die sich stattdessen an dynamischen Konzepten orientieren und die Heterogenität biologischer Prozesse und den prozessualen Charakter des Genoms unterstreichen. Allerdings gehen sie im Hinblick auf die Vermeidung essentialistischer Assoziationen zumeist noch nicht so weit, wie sie gehen könnten. Ein Grund dafür ist sicher, dass das Umdenken über genetische Prozesse auf der ontologischen Ebene bisher noch unvollständig ist. Solange »Gene« nicht *selbst* als Prozess verstanden werden, sondern – wie in den meisten modernen Genkonzepten – als materieller Kausalfaktor *innerhalb* eines Prozesses, ist die funktionale Rolle »des Gens« weiterhin, ähnlich wie im klassisch-molekularen Konzept, eng an die strukturelle Repräsentation des Gens auf der DNA gebunden. Der entscheidende Perspektivwechsel vom Gen-als-Ding zum Gen-als-Prozess wird nicht in letzter Konsequenz vollzogen.

Ein wichtiger Grund für dieses Zögern ist, wie wir gesehen haben, das unbewusste Festhalten an genessentialistischen Vorstellungen, die mit der Prozessperspektive nicht vereinbar sind. Denn aus kausal-essentialistischer Sicht sind »Gene« konkrete innere Entitäten, die vererbt werden und die die Prozesse in der Zelle und im Organismus aktiv lenken. Und während die klassisch-molekulare

Vorstellung diese Voraussetzungen mit Leichtigkeit erfüllt, bietet sich der dynamische und temporäre Charakter eines *Prozesses* nicht in gleicher Weise dazu an, als Essenz interpretiert zu werden.

Solange ontologisches und sprachliches Umdenken noch nicht vollständig erfolgt sind, behindern sie sich daher gegenseitig: Ein partielles Festhalten an genessentialistischen Vorstellungen auf der ontologischen Ebene steht der Änderung sprachlicher Gewohnheiten im Weg und umgekehrt. Andererseits können sich die beiden Aspekte in der Entwicklung hin zu einem konsequenten Prozessdenken auch schrittweise gegenseitig verstärken: Je weiter der neue ontologische Status »des Gens« als Prozess verinnerlicht und je öfter er kommuniziert wird, desto leichter sollte die damit verbundene Verwendung neuer genetischer Metaphern fallen – und umgekehrt. Die negativen Folgen essentialistischer Denkmuster können nur vermieden werden, wenn wir uns um ein Umdenken auf *beiden* Ebenen bemühen.

Eine Möglichkeit zur Stärkung des Prozessgedankens auf der sprachlichen Ebene ist es, in Anlehnung an den Vorschlag von Evelyn Fox Keller nicht mehr von »den Genen« zu sprechen, sondern von genetischen Prozessen oder gar vom »Genen« des Organismus. Die konsequente Ablehnung des genessentialistisch geprägten Denkens lässt diese Idee plausibler erscheinen als dies bisher der Fall war. Zugleich kann das Konzept des molekularen Prozessgens die ontologische Leerstelle, die das klassisch-molekulare Gen auf der molekularen Ebene hinterlassen hat, in einem nichtessentialistischen Sinn besetzen.

Schwieriger ist es, wie wir in Kapitel 5 gesehen haben, durch eine sprachliche Neuorientierung den essentialistischen Assoziationen zu entkommen, die unabhängig von spezifischen Genkonzepten mit dem Begriff »Genom« und dem Konzept des Genomzentrismus verbunden sind. Zudem reicht allein das Konzept des *molekularen* Prozessgens auf der ontologischen Ebene nicht aus, um die vom Genomzentrismus hinterlassene ontologische Leerstelle zu füllen. Ein weiterer wichtiger Schritt zur Förderung des ontologischen und sprachlichen Umdenkens ist daher die Ausformulierung eines genetischen Pluralismus, der das Prozesskonzept auf unterschiedlichen Ebenen genetischer Prozesse verankert.

6.3 GENETISCHER PLURALISMUS: DAS PROZESSGEN IM ENTWICKLUNGS- UND VERERBUNGSPROZESS

Nachdem in Kapitel 4 die Umriss des molekularen Prozessgens so weit wie möglich offen gelegt worden sind, besteht die nächste Aufgabe nun darin, das Prozessgen mit dem in Beziehung zu setzen, was das Genkonzept, über die Rolle

des molekularen Gens im Expressionsprozess hinaus, ursprünglich erklären sollte: die Phänomene der Individualentwicklung und der Vererbung individueller und artspezifischer Eigenschaften. Ich kann an dieser Stelle nur einen ersten kurzen Ausblick darauf geben, welchen Platz ein pluralistisches Genkonzept in diesen biologischen Prozessen einnehmen könnte, wenn man es auf unterschiedlichen Ebenen als Prozessgen interpretieren würde.

Setzt man das molekulare Gen mit dem Expressionsprozess gleich, dann umfasst das Konzept des molekularen Prozessgens, erstens, alle Faktoren, die zur *Spezifität* der Struktur beziehungsweise Sequenz des *molekularen* Produktes dieses Prozesses (eines Polypeptids oder einer RNA) beitragen, sowie, zweitens, die Relationen zwischen diesen Faktoren – also das komplette Interaktionsmuster, das an der Ausbildung des spezifischen Produktes beteiligt ist. Neben genischen DNA-Abschnitten gehören auch extragenische Bereiche und nichtgenetische Faktoren wie Spleißfaktoren oder die räumliche Struktur zellulärer Bestandteile zum molekularen Prozessgen, sofern sie das Ergebnis des Prozesses beeinflussen, etwa durch Modifikationen der mRNA nach der Transkription oder programmierte Rasterverschiebung während der Translation.

Auf die ursprüngliche Frage der Genetik nach den biologischen Grundlagen der über mehrere Generationen wiederkehrenden (»vererbbaaren«) organismischen Eigenschaften im Verlauf von Onto- und Phylogenese gibt das Konzept des molekularen Prozessgens jedoch nur eine Teilantwort. Denn wie die in Kapitel 5 dargestellten empirischen Befunde zeigen, kann es nicht vollständig erklären, wie die charakteristischen phänotypischen Formen und Merkmale eines Organismus zustande kommen. Wenn wir weiterhin auch im Kontext von Entwicklungs- und Vererbungsprozessen über »die Gene« (oder über »das Genen«) eines Lebewesens sprechen wollen, dann kann damit weder das genetische Material als solches noch das molekulare Prozessgen gemeint sein, da beide im Hinblick auf die Ontogenese in mehrfacher Hinsicht defizitär sind.

Die erste wesentliche Einschränkung ist, dass regulative Elemente und epigenetische Markierungen nicht selbst Teil des molekularen Prozessgens sind. Zwar sind Regulatorproteine und regulatorische ncRNAs als *Produkte* eines Expressionsprozesses zumindest indirekt ein Teil von diesem. Aber sie besitzen – ebenso wie nicht DNA-codierte Faktoren wie Lipide, zelluläre Strukturen oder epigenetische Markierungen und wie die dreidimensionale Struktur von DNA und Chromatin – keinen Einfluss auf die spezifische *Struktur* des Produktes des jeweiligen Expressionsprozesses, sondern regulieren Ort, Zeit und Umfang der Expression eines bestimmten DNA-Abschnitts.

Zweitens gehen nicht alle vererbbaaren Unterschiede von Eigenschaften auf Veränderungen der DNA-Sequenz oder anderer Bestandteile der molekularen

Prozessgene zurück, da sie nicht notwendigerweise bei der Modifikation von Expressionsprozessen angreifen.

Und drittens kommen dazu in der Ontogenese kontingente, nicht erbliche Einflüsse, zum Beispiel ungewöhnliche Umweltfaktoren, die den Entwicklungsverlauf eines Individuums in einzigartiger Weise prägen können, ohne dass im Vergleich mit der Entwicklung anderer Individuen eine Regelmäßigkeit festzustellen wäre.

Alle drei Gruppen von Faktoren beeinflussen zwar nicht die Struktur des Produktes der Expressionsprozesses, aber sie beeinflussen in entscheidender Weise die charakteristischen Merkmale eines Organismus, die dieser im Verlauf der Ontogenese entwickelt. Ebenso wie die DNA nicht alle »Informationen« für die Proteinsynthese trägt, trägt daher das molekulare Prozessgen nicht alle »Informationen« für die Ontogenese. Das molekulare Prozessgen spielt keine singuläre Rolle in der Ontogenese, sondern ist selbst ein Teil übergeordneter Entwicklungs- und Evolutionsprozesse. Um diesem Umstand gerecht zu werden, schlage ich vor, neben molekularen von ontogenetischen und phylogenetischen Prozessgenen zu sprechen.

Während das molekulare Prozessgen mit dem Prozess der Expression eines strukturell spezifischen molekularen Produktes gleichgesetzt wird, kann das *ontogenetische Prozessgen* als Prozess der Entwicklung der spezifischen organis-mischen Form mit all ihren charakteristischen Eigenschaften verstanden werden. Das ontogenetische Prozessgen umfasst alle molekularen Prozessgene (und damit alle Expressionsprozesse), die in einem Organismus ablaufen, sowie alle Faktoren, die Ausmaß, Zeit und Ort der Expression der molekularen Prozessgene im Verlauf des Entwicklungsprozesses regulieren. Zum molekularen Prozessgen treten damit regulatorische und epigenetische Faktoren und weite Bereiche der »erblichen« (das heißt hier: in aufeinanderfolgenden Generationen konstanten) Umwelt des Organismus. Dabei ist das ontogenetische Prozessgen jedoch nicht auf die Rolle der Regulation genetischer Prozesse wie der Genomexpression beschränkt. Der Einfluss nichtgenetischer Faktoren auf den Entwicklungsprozess ist, wie wir gesehen haben, nicht von rein genetischen Faktoren zu trennen. Versteht man »das Gen« auch im Hinblick auf die Ontogenese nicht als eine materielle Entität, sondern als einen Prozess, dann ist es nicht das Genom, sondern der Organismus selbst, der sich der DNA und zahlreicher weiterer Ressourcen zu seiner Entwicklung und zur Aufrechterhaltung seiner individuellen Integrität »bedient«. Insgesamt kann man sagen, dass das ontogenetische Prozessgen alle Faktoren umfasst, die Bestandteile eines Entwicklungsprozesses sind, der zur Herausbildung der spezifischen Formen und Merkmale eines individuellen Organismus führt.

Neben der molekularen und ontogenetischen Ebene ist noch mindestens eine weitere Anwendung des Prozessgenkonzeptes denkbar, bei der der Prozess der transgenerationalen Weitergabe und der evolutionären Veränderung molekularer und ontogenetischer Prozessgene im Mittelpunkt steht. Die Frage ist hier: Was passiert mit den molekularen und ontogenetischen Prozessgenen im Verlauf der Evolutionsgeschichte? Welche Faktoren und Interaktionsmuster sind evolutionär erfolgreicher und können sich besser durchsetzen als andere, welche werden positiv oder negativ selektiert? Ich möchte diese Ebene der evolutionären Veränderung der molekularen und ontogenetischen Prozessgene als *phylogenetisches Prozessgen* bezeichnen.⁸

Da evolutionsbiologische Fragen nicht im Fokus der vorliegenden Untersuchung standen, muss das Konzept des phylogenetischen Prozessgens hier höchst spekulativ bleiben. Aber bereits die Analyse biologischer Prozesse auf molekularer und entwicklungsbiologischer Ebene liefert eine Reihe von Hinweisen dafür, dass weder Variationen des genetischen Materials noch, wie im Rahmen der modernen evolutionären Synthese angenommen, der molekulare Gene, der alleinige »Motor« der Evolution sind.⁹ Ähnlich wie im Fall der molekularen und ontogenetischen Ebene des Prozessgens erscheint es daher plausibel, dass auch das phylogenetische Prozessgen eine Vielzahl genetischer und nichtgenetischer Faktoren und Interaktionsmuster umfasst. Das evolutionäre Prozessgenkonzept passt damit gut zu neuen Gedanken und Strömungen in der Evolutionsbiologie.¹⁰ So schlagen Jablonka und Raz eine Neudefinition von »Evolution« und »Vererbung« im Sinne von Prozessbegriffen vor:

»[...] evolution should be redefined as the set of processes that lead to changes in the nature and frequency of heritable types in a population and heredity as the developmental reconstruction processes that link ancestors and descendants and lead to similarity between them. [...] it seems that a new extended theory, informed by developmental studies and

8 Vgl. dazu auch den in Abschnitt 4.2.2 dargestellten Ansatz von Falk (2004), der Gene als epistemische Repräsentationen zellulärer Funktionen sieht, die im Laufe der Evolution positiv selektiert wurden.

9 Vgl. dazu etwa die Überlegungen zur evolutionären Bedeutung des Histoncodes in Abschnitt 5.3. Auch das von Waddington diskutierte Phänomen der genetischen Assimilation kann dahin gehend interpretiert werden, dass alternative Phänotypen entstehen und aufgrund von Umwelteinflüssen selektiert werden können, bevor sich die Veränderungen in den Genen manifestieren, vgl. dazu Gilbert/Epel (2009), 375ff.

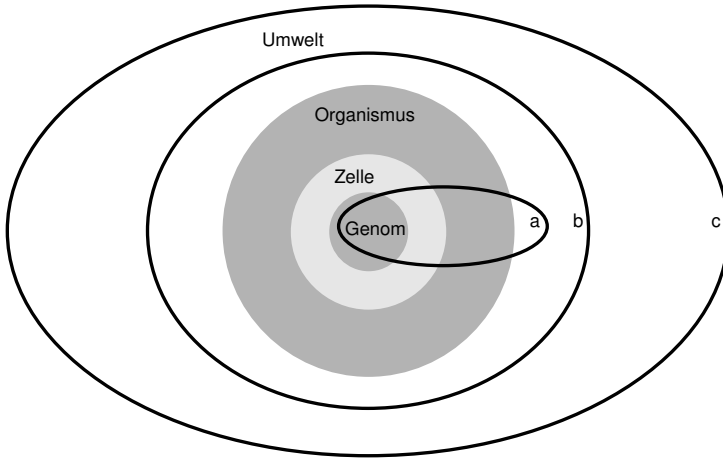
10 Vgl. dazu etwa die Beiträge in Pigliucci/Müller (2010).

epigenetic inheritance, and incorporating Darwinian, Lamarckian, and saltational frameworks, is going to replace the Modern Synthesis version of evolution [...].«¹¹

Das auf der Grundlage moderner Genkonzepte entwickelte Prozessgenkonzept ist pluralistisch, weil der Begriff »Gen« auf verschiedenen Ebenen im Sinne eines Prozesses verstanden wird. Entscheidend ist jedoch, dass bei dieser Variante des genetischen Pluralismus nicht die Existenz verschiedener paralleler Genkonzepte propagiert wird. Denn im Gegensatz zu der in Abschnitt 4.2.3 diskutierten Aufspaltung des Genkonzeptes in ein evolutionäres und ein molekulares Gen oder in Gen-P und Gen-D ist nicht eine Form des Gens abstrakt und die andere konkret-materiell. Vielmehr haben alle drei Arten von Prozessgenen einen vergleichbaren ontologischen Status: Sie sind Prozesse, in deren Verlauf unterschiedliche materielle Ressourcen auf molekularer, zellulärer, organismischer und Umwelt-Ebene in strukturierter, spezifischer und transgenerational häufig konstanter Weise miteinander interagieren. In allen drei Fällen werden Interaktionsmuster vererbt, die aus materiellen Komponenten und den Beziehungen zwischen ihnen bestehen. Molekulares, ontogenetisches und phylogenetisches Prozessgen sind damit keine einander ausschließenden Konzepte, sondern ontologisch gleichartige.

Dazu kommt, dass die unterschiedlichen Prozessgene nicht eindeutig voneinander abgrenzbar sind. Zum einen ist jedes von ihnen ein wesentlicher Bestandteil der jeweils anderen: Expressionsprozesse sind Teil von Entwicklungsprozessen, ebenso wie beide Teil von Evolutionsprozessen sind. Und zum anderen wird der strukturelle und funktionale Zusammenhalt des jeweiligen Prozessgens von der molekularen über die ontogenetische zur evolutionären Ebene immer flüchtiger und nähert sich immer mehr dem Organismus in seiner Umwelt, das heißt dem Entwicklungssystem als Ganzem an. Damit wird es zugleich immer schwerer, oberhalb der molekularen Ebene einzelne Prozessgene zu unterscheiden. Die folgende Abbildung soll die Einbettung des molekularen im ontogenetischen und phylogenetischen Prozessgenkonzept und die Einbeziehung von Faktoren auf den Ebenen von Genom, Zelle, Organismus und Umwelt verdeutlichen.

11 Jablonka/Raz (2009), 167f. Vgl. dazu auch Jablonka/Lamb (2006).



Dies gilt auch für das phylogenetische Prozessgen: An die nachfolgende

Zugleich werden dadurch aber auch ontogenetische und phylogenetische *Be-*

gen und in allen Kontexten entwickeln *können* – aus einem Hühnerei wird nie ein Elefant schlüpfen und ein Mausembryo entwickelt sich nicht zu einem Menschenkind. Ähnlich schreibt Walsh über das aristotelische Konzept der Natur: »A shared nature [...] does not determine any specific features of what we now call ›phenotype‹ (or, for that matter, genotype). Instead it imposes a set of constraints upon the range of phenotypes that organisms sharing that nature might possess.«¹² Auch in dieser Hinsicht haben wir es also mit einer Negativbestimmung zu tun: Die genetische Ausstattung eines Individuums und die von seinen Eltern ererbten Interaktionsmuster genetischer und nichtgenetischer Faktoren markieren die Grenzen dafür, was aus der anfänglichen Sammlung von Ressourcen in der befruchteten Eizelle entstehen kann. Vererbt wird nicht, was genau aus der Zygote wird, sondern was nicht aus ihr wird. Aus prozessualer Perspektive ist das genetische Material zusammen mit anderen Entwicklungsressourcen Begrenzer und Ermöglicher von Variation und Konstanz.

Auch im Hinblick auf den Vererbungsprozess kommt den Prozessgenen eine andere Rolle zu als ihren konzeptuellen Vorläufern. Im Gegensatz zum klassischen Genkonzept (und anders, als Falk vermutet) können Gene nicht mehr als Entwicklungsinvarianten angesehen werden. Denn Gene-als-Prozess sind in hohem Maße variabel, und ihre strukturellen und funktionalen Komponenten können in Abhängigkeit vom Kontext und vom konkreten Verlauf des genetischen Prozesses ebenso deutlich variieren.

Es bleibt abzuwarten, ob das für diesen Ansatz erforderliche konsequente Umdenken – weg von essentialistisch verstandenen genetischen Entitäten und hin zu einem offenen und pluralistischen Konzept des Prozessgens – tatsächlich in vollem Umfang realisierbar ist. Denn es mag zunächst ein Unbehagen bestehen bleiben angesichts der Frage, wie wir mit der uns umgebenden Komplexität der belebten Welt umgehen können, wenn es keine biologischen Essenzen im starken Sinn gibt, wenn Lebewesen keinen verlässlichen (genetischen) Wesenskern besitzen, der ihre Entwicklung in weitgehend vorhersehbarer Weise in eine artspezifische Richtung lenkt. Müssen wir auf die kognitive Hilfe durch invariante Kategorien verzichten? Müssen wir versuchen, die unzähligen verschiedenen Organismen, Individuen und »Arten« als ein buntes und gleichberechtigtes Nebeneinander zu sehen, bei dem die Übergänge zwischen den einzelnen Entitäten fließend und sämtliche Einteilungsversuche willkürlich sind? Sicher nicht. »Nichtessentialistisch« kann nicht bedeuten, dass Individuen oder Arten beliebig formbar und variabel sind.

12 Walsh (2006), 429.

Auch innerhalb einer nichtessentialistisch verstandenen Biologie, die den Prozessgedanken in den Mittelpunkt stellt, kann man durchaus von einem charakteristischen Wesenskern des Organismus sprechen, der zu einem großen Teil aus dem genetischen Material entsteht, aber von zahlreichen weiteren Variablen entscheidend beeinflusst wird. Aber im Gegensatz zur kausal-essentialistischen Sicht gibt er vor allem vor, was ein Individuum *nicht* sein kann: Die Zygote mit dem Genom einer Maus wird sich nicht zu einem Menschen entwickeln. Die genetische Ausstattung ist damit immer noch ein wesentlicher Bestandteil der erblichen Muster, die der potentiellen Entwicklung eines Organismus Grenzen setzen, die dieser nicht zu überschreiten vermag. Entscheidend ist dabei aber stets, dass nicht sicher bestimmt werden kann, welche Faktoren und Prozesse für die Ontogenese (im konstruktiven und im restriktiven Sinn) essentiell und welche akzidentiell sind. Die Kategorisierung der belebten Welt, die Unterscheidung zwischen Individuen der einen oder der anderen taxonomischen Gruppe ebenso wie die Zusammenfassung ähnlicher Organismen zu solchen Gruppen, verliert aus dieser Sicht deutlich an Trennschärfe. Nicht nur Biologen und Biophilosophen müssen lernen mit einer großen Zahl an Grauzonen und uneindeutigen Fällen umzugehen. Wir alle sollten immer darauf gefasst sein, bei genauer Beobachtung der belebten Welt auf unerwartete Phänomene zu stoßen, zum Beispiel auf Individuen, deren scheinbare »Essenz« zwischen zwei Arten (etwa bei Hybriden oder Interspezies-Chimären) oder zwischen zwei vermeintlich eindeutigen Kategorien (etwa den Geschlechterkategorien männlich/weiblich) liegt oder die sich anders entwickeln, als es der Blick auf ihre genetische Ausstattung vermuten ließe. In solchen Fällen müssen wir uns klarmachen, dass es sich nicht um unnatürliche Abnormitäten handelt, sondern um gleichberechtigte biologische Erscheinungen, die lediglich (noch) nicht dem menschlichen Kategoriensystem – unseren selbst geschaffenen nominalen Essenzen – entsprechen, die im ontologischen Sinn aber ein nicht weniger vollkommenes individuelles Wesen besitzen und die wie wir leben und genen.

