

# Inhalt

---

## **Einleitung** | 7

### **Kapitel 1: Essentialismus in der Biologie.**

#### **Begriffliche Grundlagen** | 15

- 1.1 Was sind Essenzen? | 15
- 1.2 Biologischer und genetischer Essentialismus | 21
- 1.3 Was ist ein Gen im postgenomischen Zeitalter? | 27
- 1.4 Sind Gene die Essenz des Organismus? | 31

#### **Kapitel 2: Biologische Chimären – mythologische Mischwesen oder wissenschaftliche Werkzeuge?** | 37

- 2.1 Der Weg der Chimäre vom Mythos zur Realität | 38
- 2.2 Die Entstehung natürlicher und künstlicher Mischwesen | 42
- 2.3 Vorbehalte gegen biologische Chimären | 48
- 2.4 Essentialistische Vorbehalte gegen biologische Chimären | 69
- 2.5 Beurteilung der Chimärenforschung aus  
nichtessentialistischer Sicht | 100

### **Kapitel 3: Wie sprechen wir über Gene?**

#### **Essentialismus in der Gensprache** | 105

- 3.1 Die Macht von Metaphern in der Wissenschaft | 107
- 3.2 Die Aktivitätsmetapher in der Genetik in der  
ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts | 109
- 3.3 Grenzen der Aktivitätsmetapher und Siegeszug der Textmetapher | 114
- 3.4 Essentialistische Dimensionen von Aktivitäts- und Textmetaphern | 119
- 3.5 Vom Konzept zum Objekt zur Person. Die Interpretation  
metaphorischer Gensprache im öffentlichen Diskurs | 135
- 3.6 Wie sollen wir über Gene sprechen? | 141

### **Kapitel 4: Was ist das Gen nicht?**

#### **Der negative ontologische Status des Gens** | 155

- 4.1 Die Desintegration des klassisch-molekularen Gens | 156
- 4.2 Das moderne Gen | 168
- 4.3 Gemeinsamkeiten moderner Genkonzepte | 206
- 4.4 Was ist ein Gen nicht? | 222
- 4.5 Das postgenomische Gen als Prozessgen | 232

**Kapitel 5: Was kann das Genom nicht? Grenzen der Bedeutung genetischer Faktoren für die Ontogenese** | 243

5.1 Die genomzentrierte Interpretation der Ontogenese | 246

5.2 Die interaktionistische Interpretation der Ontogenese | 249

5.3 Epigenetische Mechanismen als Herausforderung für den Genomessentialismus | 259

5.4 Warum der kausale genetische Essentialismus nicht haltbar ist | 286

**Kapitel 6: Ausblick und Schluss** | 301

6.1 Eine Welt ohne biologische Essenzen? | 301

6.2 Plädoyer für ein Umdenken auf sprachlicher und ontologischer Ebene | 307

6.3 Genetischer Pluralismus: Das Prozessgen im Entwicklungs- und Vererbungsprozess | 312

**Literatur** | 321

# Einleitung

---

Was macht ein Lebewesen zu *diesem* Lebewesen, mit seinen ganz charakteristischen individuellen und artspezifischen Eigenschaften und Verhaltensweisen? Besitzt jeder Organismus einen konstanten Wesenskern, eine körpereigene »Essenz«,<sup>1</sup> die sein So-und-nicht-anders-Sein bedingt? Seit Jahrhunderten sind dies Kernfragen der Biologie, aber auch der Philosophie. Existenz und Beschaffenheit einer mutmaßlich wesensbestimmenden Essenz blieben dabei jedoch stets umstritten. Mit der Entdeckung der molekularen Struktur der DNA und ihrer zentralen Rolle im Entwicklungsprozess erhielt die alte Vorstellung von einer biologischen Essenz ab Mitte des 20. Jahrhunderts ein modernes wissenschaftliches Gesicht: Das molekulare Gen, definiert als eindeutig lokalisierbarer DNA-Abschnitt, der durch seine Sequenz für ein spezifisches Protein codiert, erschien als idealer Kandidat für eine als besondere Kausalkraft verstandene biologische Essenz. Im Rahmen des klassisch-molekularen Genkonzeptes, das für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts maßgeblich war und bis heute die öffentliche Wahrnehmung der Biologie prägt, liegen Gene in den Zellen im Inneren des Organismus verborgen und bestimmen dessen wesentliche Eigenschaften, indem sie den Verlauf der Ontogenese in durch ein »genetisches Programm« vorgegebenen Bahnen kausal lenken und leiten. Nach dieser Vorstellung werden die spezifischen Merkmale eines Individuums auf seine genetische Ausstattung zurückgeführt, da in ihr die »genetische Information« zur Synthese von Proteinen und damit letztlich für den Bau des Organismus gespeichert ist. Denn es sind die Proteine, die für das Zustandekommen der meisten Merkmale eines Organismus, für

---

1 Ich verwende den Begriff »Essenz« hier zunächst zwanglos im Alltagssprachlichen Sinn zur Bezeichnung des inhärenten Wesenskerns einer Entität, die deren charakteristische Eigenschaften festlegt. In Kapitel 1 folgen eine tiefer gehende Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Bedeutungsebenen des Essenzbegriffs sowie der Versuch einer Arbeitsdefinition des Konzeptes der kausalen Essenz.

seine Entwicklung und für sämtliche biologische Prozesse von entscheidender Bedeutung sind.

Ein solcher genetischer Essentialismus, der Genen implizit oder explizit die Rolle einer kausalen Essenz zuschreibt, liefert jedoch für sich genommen noch keine überzeugende Antwort auf die Frage, was ein Lebewesen zu diesem Lebewesen macht. Vor allem steht und fällt seine Plausibilität mit dem klassisch-molekularen Konzept des proteincodierenden Gens als zentralem Impulsgeber und Schaltstelle, dem im Prozess der Entwicklung im Vergleich mit anderen Kausalfaktoren eine singuläre Bedeutung zukommt. Erste Zweifel an dieser Vorstellung kamen durch die vollständige Sequenzierung des menschlichen Genoms im Rahmen des »Human Genome Projects« (HGP) auf, dessen Ergebnisse 2003 abschließend präsentiert wurden. Demnach entfallen lediglich etwa ein Prozent des Genoms auf die etwa 20.000 bis 25.000 menschlichen Gene, die für Proteine codieren.

Aber was ist mit den DNA-Bereichen zwischen den Genen? Sind diese, wie noch zu Beginn des 21. Jahrhunderts angenommen, über weite Strecken lediglich funktionsloser »junk«? Angesichts der Komplexität von Organismen wie dem Menschen, der dennoch weniger Gene besitzt als viele Pflanzen, erschien dies nur schwer vorstellbar. Im Jahr 2003 wurde daher das Projekt ENCODE mit dem Ziel initiiert, sämtliche Bereiche zwischen den bisher bekannten Genen zu kartieren und, soweit vorhanden, ihre Funktion zu ermitteln. Bereits die 2007 veröffentlichten Ergebnisse der ersten Phase des ENCODE-Projektes deuteten darauf hin, dass ein Großteil der »junk«-DNA eine spezifische Funktion besitzt. Vor allem für die Regulation der Genexpression, das heißt für das An- und Abschalten proteincodierender Gene in zeit- und gewebespezifischen Mustern, sind diese Bereiche des Genoms offenbar entscheidend.<sup>2</sup> 2012 folgten weitere umfangreiche Veröffentlichungen der ENCODE-Forscher, in denen bereits etwa 80 Prozent des Genoms eine grobe Funktion zugeordnet werden konnte.<sup>3</sup>

Die Befunde von ENCODE stellen viele der bisherigen Vorstellungen von Genen und Genom in Frage. Die strukturellen und funktionalen Grenzen »des

- 
- 2 Vgl. Gerstein et al. (2007). Statt der Bezeichnung »junk« verwenden Biologen daher heute zunehmend neutralere Begriffe wie »dunkle Materie« (»dark matter«), vgl. dazu etwa Kolata (2012); Osterkamp (2012). Gemeinsam ist beiden Metaphern, dass sie auf eine große Menge von DNA verweisen, deren Bedeutung wir bisher nicht im Detail kennen.
  - 3 Vgl. dazu Maher (2012). Manche Forscher vermuten, dass der Anteil an funktionalen DNA-Bereichen noch deutlich höher, vielleicht sogar bei 100 Prozent, angesetzt werden muss, vgl. dazu Yong (2012a).

Gens« verschwimmen immer mehr in einem genomischen Kontinuum. Dazu kommt, dass in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Abweichungen vom vermeintlichen »Normalfall« – ein Gen trägt die Information zur Synthese genau eines spezifischen Proteins – entdeckt wurden, die auf die inhärente Kontextabhängigkeit der Proteinsynthese hindeuten. So kann etwa eine bestimmte DNA-Sequenz in Abhängigkeit von Ort und Entwicklungszeitpunkt durch den biologischen Mechanismus des alternativen Spleißens zur Synthese unterschiedlicher funktionaler Produkte beitragen. Die Erkenntnis, dass solche »Ausnahmen« zu häufig sind, um als konzeptuell unbedeutend abgetan zu werden, hat zu einer Desintegration des klassisch-molekularen Gens geführt: Eine einheitliche Definition des molekularen Gens, die dieses in allen seinen Erscheinungsformen umfasst, ist heute nicht mehr möglich. Dazu kommt, dass auch die funktionale Rolle der Gene im Entwicklungsprozess aufgrund des bedeutenden Einflusses von epigenetischen Faktoren wie DNA-Methylierungen oder Histonmodifikationen auf die Ontogenese zunehmend relativiert werden muss. Auch hier hat ENCODE durch die Kartierung epigenetischer Markierungsmuster in verschiedenen Zelltypen entscheidende Hinweise darauf geliefert, dass die Umsetzung der genetischen Information in hohem Maße kontextabhängig ist.

Der genetische Essentialismus erscheint vor diesem Hintergrund weit weniger plausibel, als ursprünglich angenommen. Es scheint, als könnte er durch eine kurze Darstellung der neuesten empirischen Befunde der modernen Biologie widerlegt und endgültig in den Giftschrank wissenschaftlich überholter philosophischer Konzepte verbannt werden. Wozu also ein ganzes Buch zum Thema Essentialismus in der Biologie?

Ich denke, dass sich bioessentialistische Vorstellungen überaus hartnäckig gegen moderne wissenschaftliche Erkenntnisse zu behaupten wissen – und das mit teilweise sehr unangenehmen Folgen. Mein Ziel ist es zu zeigen, a) wo sich bioessentialistische und insbesondere genessentialistische Vorstellungen in unserem Denken und in unserer Sprache immer noch versteckt halten, b) warum dies sowohl aus biologisch-empirischer Sicht als auch auf der gesellschaftlichen Ebene problematisch ist und c) wie wir möglichst effektiv gegen unerwünschte genessentialistische Assoziationen angehen können.

Kapitel 1 ist der Versuch einer ersten begrifflichen Annäherung an die zentralen Konzepte Essentialismus, genetischer Essentialismus und Gen, die jeweils unterschiedliche, zum Teil historisch veränderte Bedeutungsebenen aufweisen. Bei der Analyse des Essentialismusbegriffs steht die kausale Interpretation im Vordergrund, die besonders in der modernen Biophilosophie weit verbreitet ist. Dies gilt nicht nur für den genetischen Essentialismus, sondern auch für den so genannten Speziesessentialismus. Auf die in den letzten Jahren erneut aufge-

flamte biophilosophische Debatte um die Möglichkeit eines Essentialismus auf Artebene werde ich nur insofern eingehen, als der genetische Essentialismus sich auf den ersten Blick als Lösung für das Problem der Zugehörigkeit eines Individuums zu einer natürlichen Gruppe (»natural kind«) anbietet. Hier liegt sicherlich einer der Gründe, aus denen genessentialistische Vorstellungen immer noch attraktiv erscheinen: Sie versprechen eine wissenschaftlich legitimierte, moderne Alternative zu als unwissenschaftlich entlarvten Formen des Essentialismus wie dem klassischen Speziesessentialismus. Ich werde mich dem Essentialismusproblem jedoch nicht explizit auf der Ebene der Art oder des Organismus nähern, sondern in erster Linie auf der molekularen Ebene. Eine analoge Argumentation gegen den genetischen Essentialismus wäre sicher auch unter Rückgriff auf Beispiele höherer Organisationsebenen möglich, soll aber im vorliegenden Text nicht ausgeführt werden.

Die Begriffsanalyse in Kapitel 1 zeigt, dass alle charakteristischen Merkmale kausaler Essenzen mit den Eigenschaften übereinstimmen, die dem Gen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts zugeschrieben wurden. Das zu dieser Zeit dominierende klassisch-molekulare Konzept des Gens ist zwar in der Biologie spätestens mit den Erkenntnissen von ENCODE und ähnlichen Forschungsprojekten zu Beginn des 21. Jahrhunderts in entscheidenden Punkten revidiert worden. Es prägt aber auch heute noch das öffentliche Bild davon, was ein Gen ist und tut.

Vor diesem Hintergrund werde ich in Kapitel 2 deutlich machen, warum ich das Festhalten an gerade für Nicht-Biologen oft intuitiv verständlichen bioessentialistischen Konzepten für problematisch halte. Dazu sollen am Beispiel der gesellschaftlichen Diskussion um die Produktion von und Forschung an biologischen Chimären die unangenehmen Folgen unreflektierten bioessentialistischen Denkens aufgezeigt werden. Der nichtessentialistische Charakter biologischer Phänomene wird bei der Darstellung biologischer Forschung in der Öffentlichkeit nur selten explizit betont und allzu häufig durch Metaphern überdeckt, die starke essentialistische Assoziationen wecken. Das dadurch entstehende verzerrte Bild der beschriebenen biologischen Prozesse kann zur intuitiven Ablehnung des jeweiligen Forschungsprojektes beitragen, ohne dass die Gründe dafür immer klar benannt werden könnten. Damit verdeutlicht das Beispiel der biologischen Chimären nicht nur die negativen Folgen essentialistischen Denkens, sondern zeigt zugleich die Aktualität des Essentialismusproblems für die öffentliche Auseinandersetzung mit der Biologie: Der Essentialismus ist kein Strohmann, da er immer noch weite Teile des biologischen Diskurses bestimmt.

Zwar werden in der Diskussion um biologische Chimären nicht nur Genen charakteristische Eigenschaften von kausalen Essenzen zugeschrieben, sondern

auch anderen biologischen Materialien, etwa Organen oder Neuronen. Aber wie ich in Kapitel 3 zeigen werde, besitzen genesentialistische Vorstellungen im Vergleich mit anderen Formen des Bioessentialismus ein *besonderes* Beharrungsvermögen, weil sie durch Metaphern aus den Bereichen Text und Aktivität tief in unserer Gensprache verankert sind. Es fällt jedoch auf, dass in der Biologie etwa seit dem Jahrtausendwechsel eine verstärkte Suche nach sprachlichen Alternativen zu den bisherigen Leitmetaphern der Genetik konstatiert werden kann. Mein Vorschlag ist, diese Phase des sprachlichen Umbruchs zu nutzen, um den nichtessentialistischen Charakter von Biologie und Genetik möglichst klar und eindeutig hervortreten zu lassen. Dazu bietet sich besonders die Verwendung von Metaphern an, welche die Heterogenität biologischer Prozesse und den prozessualen Charakter des Genoms unterstreichen.

Wie ich in den folgenden beiden Kapiteln zeigen werde, kommt eine solche Neuausrichtung der Gensprache am Prozessbegriff auch dem aktuellen Kenntnisstand in der Molekularbiologie entgegen. Eine umfassende Aufarbeitung biologischer Befunde, die explizit gegen den kausalen genetischen Essentialismus sprechen, ist an dieser Stelle unumgänglich. Denn die Einführung neuer Metaphern allein reicht nicht aus, um die allgegenwärtigen genesentialistischen Assoziationen vollständig zu vermeiden. Wir brauchen nicht nur neue sprachliche Bilder und Konventionen, sondern ein neues Verständnis dafür, was ein Gen ist und tut – eine neue Ontologie des Gens jenseits des genetischen Essentialismus.

Zur Annäherung an den ontologischen Status des Gens wird in Kapitel 4 in einem ersten Schritt durch eine Analyse der wesentlichen Gemeinsamkeiten moderner Genkonzepte ermittelt, was Gene *nicht* sind und tun. Das für die weitere Argumentation entscheidende Ergebnis dieser Untersuchung ist, dass molekulare Gene nicht die richtige ontologische Beschaffenheit haben, um als kausale Essenz eines Organismus zu fungieren: Gene sind keine dauerhaften materiellen Entitäten, sondern temporär existierende Prozesse.

Kapitel 5 erweitert den Fokus von der Rolle des Gens im Prozess der Proteinsynthese auf die Rolle des Genoms im Entwicklungsprozess. Dabei zeigt sich, dass auch ein Verzicht auf die nähere Bestimmung des Genbegriffs und der Rückgriff auf die gesamte DNA als mögliche Essenz keine plausible Interpretation des genetischen Essentialismus liefert. Denn wie anhand der Bedeutung epigenetischer Faktoren für die Ontogenese und insbesondere für die Regulation der Genexpression aufgezeigt werden soll, ist grundsätzlich nicht zu entscheiden, welche genetischen und nichtgenetischen Faktoren in der Individualentwicklung eines Lebewesens essentiell und welche akzidentell für die Herausbildung seiner charakteristischen Eigenschaften sind. Auch das genetische Material in sei-

ner Gesamtheit spielt daher in der Ontogenese keine im eigentlichen Sinn essenzielle Rolle, denn es verhält sich nicht wie eine Essenz.

Im abschließenden Kapitel 6 werden die Ergebnisse der vorigen Kapitel zusammengeführt und Möglichkeiten und Grenzen des Prozessdenkens als Alternative zum genetischen Essentialismus auf sprachlicher und ontologischer Ebene diskutiert.

Ich verstehe meinen Text als Plädoyer für ein Umdenken in der öffentlichen Wahrnehmung der Biologie und insbesondere der Genetik, bei der die Biophilosophie eine Vorreiterrolle einnehmen kann. Dazu ist es jedoch notwendig, dass Biophilosophen in größerem Maße als bisher der Tatsache Rechnung tragen, dass die Biologie im ontologischen Sinn eine nichtessentialistische Wissenschaft ist. Sie müssen lernen, möglichst *explizit* nichtessentialistisch zu denken und zu sprechen: um den Erkenntnissen der modernen Genetik und Biologie angemessene Rechnung zu tragen, um den Kommunikationsprozess zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit effektiv unterstützen zu können und um für die Vermittlung der aktuellen Befunde der (Molekular-)Biologie einen ontologischen und sprachlichen Rahmen schaffen zu können, der möglichst wenige essentialistische Assoziationen weckt. Das Konzept des Prozessgens ist als ein Vorschlag zu verstehen, wie man diesem Ziel im Bereich der Genetik einen Schritt näher kommen könnte. Aus dieser Zielsetzung ergeben sich zugleich zwei wichtige Einschränkungen.

Erstens wissen Biologen selbstverständlich auch ohne Hilfe aus der Biophilosophie ganz genau um die Probleme einer einheitlichen Definition des modernen Gens. Und sie wissen selbst am besten, dass Gene nicht als kausale Essenzen des Organismus verstanden werden können. Dies zeigt die durch Forschungsprojekte wie ENCODE angestoßene umfangreiche Fachdiskussion zu Themen wie Epigenetik und Systembiologie ebenso wie die Darstellungen in aktuellen biologischen Lehrbüchern, die von der Fokussierung auf singuläre Gene als Dreh- und Angelpunkt aller molekularbiologischen Prozesse immer weiter abrücken.<sup>4</sup> Und auch am öffentlichen Bild des Gens zeigen sich in den letzten Jahren, motiviert unter anderem durch zahlreiche populärwissenschaftliche Berichte über epigenetische Phänomene, die ersten Veränderungen. Es kann und soll daher in meinem Text nicht darum gehen, Biologen zu belehren und ihre wissenschaftliche Befunde aus biophilosophischer Perspektive richtigzustellen oder gar zu korrigieren. Zumal gerade die Erfolge der (Molekular-)Biologie zeigen, dass man

---

4 Vgl. dazu etwa Brown (2007), der nicht Gene sondern Genome als Ausgangspunkt für seine Darstellung genetischer Prozesse wählt.



auch mit unscharfen Konzepten und Begriffen fruchtbar wissenschaftlich arbeiten kann.

Eng damit verbunden ist eine zweite wichtige Einschränkung. Ich möchte den biologischen Essentialismus nicht als ein Feindbild aufbauen, das ich anschließend bekämpfe und versuche zu vernichten. Denn in mehr oder weniger großem Maße sind wir alle – mich selbst eingeschlossen – biologische Essentialisten. Und das aus gutem Grund: Essentialistisches Denken ist ein unverzichtbares kognitiv-heuristisches Hilfsmittel für die (Vor-)Strukturierung der Welt, in der wir leben. Aber es ist wichtig, sich unserer essentialistischen Neigungen bewusst zu werden und die Grenzen essentialistischen Denkens klar zu benennen. Sie liegen meines Erachtens vor allem da, wo es durch die damit verbundene *Ontologisierung* der Essenzen zu Problemen kommt. Und dies ist, wie ich zeigen werde, beim genetischen Essentialismus in besonderem Maße der Fall.

Die Arbeit am vorliegenden Text wurde im Rahmen des Projektes »Was ist und was kann ein Gen nicht? Negativbestimmung des ontologischen Status des Gens als Grundlage einer nicht-essentialistischen Biologie« (SCHM 2638/1-1) von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert.