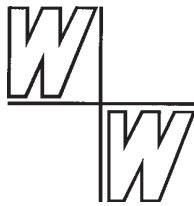


„Baumeisterin Natur“

Sind teleologische Begriffe in der Biologie nur Metaphern?

Reinhard Junker

Stand: 20. 6. 2013



Studiengemeinschaft Wort und Wissen

www.wort-und-wissen.de/artikel/a15/a15.pdf

„Baumeisterin Natur“

Sind teleologische Begriffe in der Biologie nur Metaphern?

Reinhard Junker, Rosenbergweg 29, 72270 Baiersbronn (Stand: 20. 6. 2013)

Zusammenfassung: Beschreibungen biologischer Strukturen machen in großem Umfang Gebrauch von Begriffen, die eine geistige Urhebererschaft voraussetzen, also von Begriffen, die nur im Zusammenhang mit Planung, Zielsetzung und Zukunftsorientierung Sinn machen. Solche Begriffe sind teleologisch (von gr. *telos*, Ziel). Ihre Verwendung hat mit dem Fortgang der biologischen Forschung eher zugenommen. So wird der Begriff „Design“ in Fachzeitschriften seit 1990 überproportional häufiger als andere Begriffe verwendet oder es ist in neueren Evolutionstheorien beispielsweise von Rekrutierung, Neuprogrammierung oder Flickschusterei die Rede. In der Molekularbiologie hat sich der Begriff „molekulare Maschine“ eingebürgert. Alle diese Begriffe implizieren eine intelligente Planung. Begriffe wie „Bauplan“, „Maschinen“ und „Information“ werden von manchen Forschern zwar als unangemessen und irreführend angesehen, die vorgeschlagenen Alternativen bzw. Erweiterungen implizieren aber eine noch ausgeklügeltere Planung (z. B. Fehlertoleranz, exploratives Verhalten und Plastizität).

Andererseits wird in der Evolutionsforschung der Anspruch erhoben, die hypothetischen evolutiven Wandlungen alleine auf der Basis von naturwissenschaftlich fassbaren bloßen Gesetzmäßigkeiten zu beschreiben, und Teleologie wird ausdrücklich ausgeschlossen. Die in der Beschreibung biologischer Strukturen und ihrer hypothetischen Entstehungsweisen verwendeten Begriffe stehen dazu in krassem Gegensatz. Dies ist den Biologen bewusst und sie verweisen darauf, dass es sich um metaphorische Redeweise handle, die aus Gründen der Einfachheit verwendet werde. Wenn dem so wäre, müssten die Sachverhalte und angenommenen natürlichen Entstehungsprozesse aber auch in der nicht-teleologischen Sprache der Naturwissenschaft formuliert werden können. Dass dies möglich sei, wird zwar behauptet, wur-

de aber bisher nicht gezeigt. Daher kann mit guten Gründen die verwendete Begrifflichkeit als Indiz auf einen Schöpfer gewertet werden.

Einleitung

Wenn Biologen Fähigkeiten der Lebewesen und Vorgänge in der Natur beschreiben, erwecken sie regelmäßig den Eindruck, als sprächen sie von einem Schöpfer. Es ist von „genialem Design“ in der Natur und von der „Natur als Lehrmeister“ die Rede¹, in der Natur seien „Profis für Produktionsprozesse“ zu finden², die Evolution verfolge Strategien, sie habe Einfälle gehabt, Probleme gelöst und Erfindungen gemacht. Solche Formulierungen werden regelmäßig verwendet, wenn lebende Systeme beschrieben und mögliche Ursprünge modelliert werden. Die Biologen scheinen gezwungen zu sein, ein Vokabular zu benutzen, das sonst nur zur Beschreibung kreativer Tätigkeit verwendet wird. Teleologische bzw. finale Begriffe, also Begriffe, die eine Zielorientierung bzw. eine geistige Verursachung implizieren, sind in der Biologie allgegenwärtig.

Der Vergleich zwischen Natur und Technik drängt sich auf. Darüber hinaus geht dieser Vergleich unbestritten zugunsten der Natur aus: Die Natur übertrifft die Technik in vielerlei Hinsicht bei weitem. Darauf wies bereits PALEY (1802, 20) hin.³ Wir erkennen in der Natur beides: Ähnlichkeiten mit Produkten menschlicher kreativer Tätigkeit und die Überlegenheit der „Kreativität der Natur“. Einige Kostproben: „Voller Neid blicken Ingenieure

¹ „Bionik: Geniales Design aus der Natur.“ National Geographic Deutschland, Heft 05/2008.

² „Automatisierungstechnische Praxis“, Heft 2003/1

³ „Every indication of contrivance, every manifestation of design, which existed in the watch, exists in the works of nature; with the difference, on the side of nature, of being greater and more, and that in a degree which exceeds all computation“ (PALEY 1802, 20).

auf derart geniale Leistungen der Baumeisterin Natur, neben denen sich ihre Kreationen so plump ausnehmen wie ein Faustkeil neben einem Präzisionsfräskopf. Stümperhaft erscheint etwa die Tragfläche eines Segelflugzeugs, verglichen mit einem Libellenflügel ...“⁴ Der Physiker Gerd BINNIG schreibt in einem Beitrag über Bionik: „Mittlerweile sind viele Forscher überzeugt: Computer und eine noch so leistungsfähige Software können nicht konkurrieren mit dem Erfindungsreichtum von drei bis vier Milliarden Jahren Evolution“ (BINNIG 2006, 14). „Die biologische Evolution benutzt ganz offensichtlich Methoden, die einem scharfsinnigen mathematischen Optimierungsverfahren weit überlegen sind“ (S. 16). „Mit dem Hinterfragen biologischer Konstruktionsmechanismen und Verfahrensprozesse tun Ingenieure und Wissenschaftler nichts anderes als scheinbar eine Intelligenz für uns nutzbar zu machen, die schon immer Lebewesen erschaffen hat“ (S. 24). Weil den Forschern in den Konstruktionen der Lebewesen eine ihnen weit überlegene Intelligenz entgegentritt, können sie von ihnen lernen. „Mit der Bionik hat der Mensch sogar einen eigenen Wissenschaftszweig installiert, der dazu dient, seiner Ingenieurskunst als Quelle der Bereicherung zu dienen, indem systematisch biologische Vorbilder berücksichtigt werden ...“ (RAMMERSTORFER 2006, 89).

Gewöhnlich sieht man in der Natur aber nicht einen kreativen Akteur am Werk, sondern verlegt die Kreativität in die Lebewesen und in die Lebensvorgänge hinein, wie in den Zitaten von BINNIG deutlich wurde. Ein unermesslich langer Naturprozess habe die phantastischen Designs der Lebewesen hervorgebracht. Weil die Natur so viel Zeit gehabt habe, durch Versuch und Irrtum Lösungen für konstruktive Probleme zu entwickeln, biete sie uns vorbildliches Design an, ohne je ein Ziel verfolgt zu haben.⁵ RAMMERSTORFER (1996, 89) hakt hier aber ein: Lernt der Bioniker wirklich von einem blinden Prozess, der das exakte Gegenteil von Planung verkörpert? Lernen Designer von Designern oder von Zufallsprozessen und gesetzmäßig beschreibbaren Vorgängen, um möglichst effizient und zielgerichtet vorzugehen?

Natürliche Selektion = Natürliche Teleologie?

Fragt man bei den Biologen nach, weshalb sie teleologische Begriffe benutzen, obwohl die Lebewesen durch einen natürlichen Prozess entstanden seien, entgegnet sie, das sei metaphorische Sprache. DUBOCHET (2011) schreibt in diesem Sinne: „Die finalistische Sicht ist ontologisch falsch, aber erkenntnistheoretisch eine übliche Abkürzung, wenn man beschreibt, wie die Dinge funktionieren.“⁶ Die Kategorie der Zweckmäßigkeit sei nur *heuristisch* notwendig; die „Wozu“-Frage leite nur an, Erkenntnisse über die Lebewesen zu gewinnen. So schreibt der Philosoph Michael RUSE (2003, 268):

„Wir untersuchen Organismen – mindestens ihre Teile – als wären sie erschaffen, als wären sie entworfen worden, und dann versuchen wir ihre Funktionen herauszufinden. Zielorientiertes – teleologisches – Denken ist in der Biologie angebracht, weil, und nur weil Organismen so aussehen, als wären sie konstruiert, als wären sie von einer Intelligenz erschaffen worden.“

Und Richard DAWKINS (1987, 13) definiert Biologie als „das Studium komplizierter Dinge, die so aussehen, als seien sie zu einem Zweck entworfen worden.“ Tatsächlich aber vermittelt dieses Aussehen nur eine „Illusion von Entwurf und Planung“ (DAWKINS 1987, 33). Seit der Veröffentlichung von DARWIN'S *Origin of Species* gilt als ausgemacht, dass die Theorie von der natürlichen Auslese einen zielorientiert handelnden Schöpfer der Lebewesen als überflüssig und Planung als Illusion erwiesen habe. Der *Anschein* von Design sei irreführend. DARWIN selbst drückte es in seiner Autobiographie so aus:

„Wir können nicht länger argumentieren, dass z.B. das schöne Scharnier einer zweiklappigen Muschel von einem intelligenten Wesen geschaffen worden sein müsse wie das Scharnier an einer Tür vom Menschen. In der Ver-

⁴ <http://www.spiegel.de/spiegel/print/d-7833598.html>

⁵ In diesem Sinne schreibt AKGÜL (2002): „Primäres Ziel der Bionik ist die Übertragung von Problemlösungen der Natur im Bereich der Technik, um die in Milliarden von Jahren der Evolution gefundenen und optimierten Verfahren und Strategien der Natur zu nutzen.“

⁶ „The finalistic view is ontologically wrong but, epistemologically, it is a convenient shortcut when describing how things work.“

änderlichkeit der Lebewesen und im Wirken der natürlichen Selektion scheint nicht mehr Design zu stecken als in der Richtung, in welcher der Wind bläst. Alles in der Natur ist das Ergebnis unveränderlicher Naturgesetze.“⁷

DARWIN nimmt hier Bezug auf das Design-Argument. Es besagt, dass zweckmäßige Strukturen die Tätigkeit eines willentlich agierenden Urhebers nahe legen, da den Naturprozessen selber keine Zielorientierung innewohnt. DARWIN hatte sich mit dem Design-Argument auseinandergesetzt, als er in seinem Theologiestudium die Schriften von William PALEY kennenlernte. In dessen einflussreichem Buch *Natural Theology* entfaltet PALEY das Design-Argument und verteidigt es gegen zahlreiche kritische Einwände. In jungen Jahren hatte DARWIN PALEYS Argumentation noch befürwortet. PALEY ist vor allem durch seine Uhren-Analogie bekannt, mit der er sein Buch beginnt: Wenn jemand bei einem Spaziergang auf dem Boden auf der Heide eine Uhr findet, schließt er aufgrund ihres fein abgestimmten, zweckmäßigen und funktionalen Baus darauf, dass sie geplant und bewusst konstruiert wurde. Vergleichbare und noch ausgeklügeltere Merkmale im Bau der Lebewesen lassen ebenso auf einen Schöpfer schließen. Für PALEY war dies nicht nur eine vage Analogie, sondern sein Schluss gründete darauf, dass technische und lebende Konstruktionen gleichermaßen als Maschinen beschrieben werden können (GILLESPIE 1990⁸). DARWIN behauptete später, dass er diesen Schluss widerlegt habe. Er betrachtete Selektion auf der Basis einer natürlichen Variabilität als einen gesetzmäßig beschreibbaren Mechanismus, vergleichbar der Gravitation. Ein klassisches Zitat von ihm beschreibt dieses Umdenken:

„Das alte Argument vom Design in der Natur, wie es von Paley verwendet wurde und das mir früher so schlüssig erschien, scheidet nun, nachdem das Gesetz der natürlichen Auslese entdeckt worden ist.“⁹

DARWIN spricht hier und an vielen anderen Stellen von einem „Gesetz“. Die Lebewesen werden durch bloße Naturkräfte genauso geformt wie Gegenstände der unbelebten Welt, die den Naturkräften ausgeliefert und ihnen gegenüber passiv sind. Eine von außen wirkende Teleologie ist damit ausgeschlossen. Er „formulierte schon in seinen frühen *Notebooks* das Ziel, analog zur Bedeutung von Newtons Gravitationsgesetz für die Himmelsmechanik all-

gemeine und unveränderliche Gesetze für die Abstammungslehre aufzudecken“ (PULTE 2009, 142). Die Philosophin Eve-Marie ENGELS stellt fest: „Die Erforschung des Lebendigen soll den Anschluß an das von den Wissenschaften der unbelebten Natur, Physik und Astronomie, bereits erzielte Niveau erreichen, nämlich Phänomene und Prozesse des Lebendigen durch Naturgesetze zu erklären, statt sie auf den direkten Eingriff Gottes zurückzuführen“ (ENGELS 2009, 24). Allerdings rief gerade der Gebrauch des Begriffs „Auslese“ (Selektion) Kritik hervor, denn er suggeriert erneut Teleologie. DARWIN (1875, 236) verglich die natürliche Selektion sogar mit einem Architekten und war von der Selektionstätigkeit bei der Züchtung inspiriert, die ausgesprochen teleologisch ist. In *Origin of Species* schreibt DARWIN:

„Man kann bildhaft sagen, die natürliche Zuchtwahl sei täglich und stündlich durch die ganze Welt beschäftigt, eine jede, auch die geringste Abänderung zu prüfen, sie zu verwerfen, wenn sie schlecht und sie zu erhalten und zu vermehren, wenn sie gut ist. Still und unmerkbar ist sie überall und jederzeit, wo sich die Gelegenheit darbietet, mit der Vervollkommnung eines jeden organischen Wesens in Bezug auf dessen organische und unorganische Lebensbedingung beschäftigt.“¹⁰

Er verwendet hier eine ausgesprochen teleologische Sprache. Auslese ist ein zielgerichteter Vorgang, beinhaltet eine *Wahl*. Naturprozesse können aber nicht wählen, sie laufen gesetzmäßig ab. ARDJOMANDY (2004, 90f.) schreibt zum obigen Zitat DARWINS:

⁷ DARWIN (1887, 309)

⁸ „To Paley ... the watch did not offer a conclusive argument for the existence of God because it was a teleological contrivance analogous to those found in nature. He thought it conclusive because the watch was a machine“ (GILLESPIE 1990, 215). „Also, by stressing identity, Paley was able to tolerate a degree of superiority in the works of the Creator which might logically have undermined an argument based on simple analogy by calling the analogy of human and divine activity itself into question“ (GILLESPIE 1990, 222).

⁹ DARWIN (1887, 309)

¹⁰ DARWIN (1876, 65f.): „It may metaphorically be said that natural selection is daily and hourly scrutinising, throughout the world, the slightest variations; rejecting those that are bad, preserving and adding up all that are good; silently and insensibly working, whenever and wherever opportunity offers, at the improvement of each organic being in relation to its organic and inorganic conditions of life.“

„Diese Beschreibung gibt den Kritikern den Anlass zu behaupten, dass die natürliche Auslese nur ein begrifflicher Ersatz für den Begriff Gottes ist, wenn sie über das Leben und den Tod der Lebewesen entscheidet. Der Begriff der *natürlichen Auslese* impliziert also die Existenz einer bewussten Absicht.“

Der Begriff „natürliche Auslese“ ist in sich widersprüchlich, da „Auslese“ gerade nicht natürlich ist (vgl. KEIL 1993). Auch in jüngerer Zeit weisen FODOR & PIATTELLI-PALMARINI (2010, 100, 116) darauf hin, dass der Vergleich mit der züchterischen Selektion irreführend ist, da dort zielorientiert vorgegangen wird. Diese Zielorientierung könne aber in der natürlichen Evolution nicht vorausgesetzt werden. Dort könne es daher zwar Selektion auch ohne Zielorientierung geben¹¹, aber nicht Selektion *auf etwas hin* („*selection-for*“). Selektion kann nur den gesamten Organismus auslesen, es kann aber in einem naturalistischen Rahmen nicht bestimmt werden, ob ein bestimmtes Merkmal im komplexen Ganzen Gegenstand der Auslese war. Daher sei die künstliche Selektion kein geeignetes Modell für natürliche Selektion und der Begriff „natürliche Selektion“ keine harmlose Metapher. Darwins Analogie Züchtung – Selektion sei also in fataler Weise verkehrt. Man könne nicht mit einem mentalen Prozess (künstliche Selektion, Züchtung) beginnen und nachher in der Anwendung auf natürliche Vorgänge einfach von ihm absehen. DARWIN (1876, 63) selbst musste in *Origin of Species* klarstellen, dass keine handelnde oder gar transzendente Instanz den Ausleseprozess steuert:

„Man hat gesagt, ich spreche von der natürlichen Zuchtwahl wie von einer tätigen Macht oder Gottheit; wer wirft aber einem Schriftsteller vor, wenn er von der Anziehung redet, welche die Bewegung der Planeten regelt? Jedermann weiß, was damit gemeint und was unter solchen bildlichen Ausdrücken verstanden wird; sie sind ihrer Kürze wegen fast notwendig ... Bei ein wenig Bekanntschaft mit der Sache sind solche oberflächlichen Einwände bald vergessen.“

Die Verwendung des Begriffs „natürliche Auslese“ sei eigentlich unglücklich und nur als abkürzende Redeweise zu verstehen:

„Der Ausdruck ‚natürliche Zuchtwahl‘ ist in mancher Beziehung nicht gut, da er eine bewusste Wahl einzuschließen scheint; davon wird man aber nach kurzer Gewöhnung ab-

sehen ... Der Kürze wegen spreche ich zuweilen von der natürlichen Zuchtwahl wie von einem geistigen Vermögen ... Ich habe auch oft das Wort Natur personifiziert, denn es ist, wie ich gefunden habe, schwer, diese Zweideutigkeit ganz zu vermeiden. Ich verstehe aber unter Natur nur die zusammengesetzte Wirkung und das Produkt vieler natürlicher Gesetze und unter Gesetz nur die ermittelte Aufeinanderfolge von Erscheinungen.“¹²

ARDJOMANDY (2004, 91) kommentiert:

„Gerade durch die Abschaffung Gottes zugunsten der natürlichen Auslese verfielen die Darwinisten einem Denkmuster, das unglücklicherweise gerade der Teleologie der alten Theodizee entsprach, die in allen Strukturen und Ereignissen der Welt einen immanenten göttlichen Grund oder Zweck gesehen hat.“

Wenn für DARWIN und seine Nachfolger „natürliche Auslese“ ein nicht-teleologischer Vorgang ist, müsste er auch so beschrieben werden können, dass Teleologie auch nicht unterschwellig oder versteckt im Spiel ist. Der Natur- und Technikphilosoph MUTSCHLER (2003) weist darauf hin, dass dies in der Physik geglückt sei¹³, stellt aber fest, dass der teleologische Charakter biologischer Organisation nie aus der Welt geschafft werden konnte:

„Der Darwinismus trat mit dem Anspruch auf Finalität durch ‚natürliche Zuchtwahl‘ zu ersetzen. Der Einwand war sofort der, dass auch ‚natürliche Zuchtwahl‘ ein teleologischer Begriff sei. Die Darwinisten konterten, das sei nur eine Redeweise. Eigentlich hätten sie damit *etwas ganz anderes* gemeint. Dies behaupten sie nun seit 150 Jahren. Wenn in neueren biologischen Publikationen auf Schritt und Tritt teleologische Begriffe vorkommen, so teilen sie uns mit, es sei nur ‚teleonomisch‘ gemeint. Die Teleologie sei eine abkürzende Redeweise für etwas, das sie auch rein kausalmechanisch ausdrücken könnten, wenn sie nur wollten. Leider wollen sie nie.“

¹¹ Dann aber ist überhaupt der Begriff „Selektion“ nicht treffend.

¹² DARWIN (1875, 6)

¹³ „In der Physik ist es gelungen, diese finalen, integralen Prinzipien auf afinale, differentielle Prinzipien zurückzuführen, derart dass man ihre logische Äquivalenz nachweisen konnte. Damit war Finalität nach dem ‚Occamschen Rasiermesser‘ für die Physik erledigt, denn was man durch einfachere und schwächere Prinzipien erklären kann, sollte man nicht durch stärkere erklären“ (MUTSCHLER 2003).

MUTSCHLER kritisiert weiter: „Wenn jemand beständig mit finalen Begriffen hantiert und ebenso oft versichert, dass er sie *eigentlich* nicht brauche, aber den konkreten Beweis für seine Behauptung ständig schuldig bleibt, dann wäre es doch rational, ihm zu misstrauen und die Beweislast zu seinen Ungunsten zu verteilen. Dies ist bis heute nicht geschehen.“ Es sei bislang nicht möglich, Teleologie in der Biologie als bloße Zuschreibung zu werten, auf die ohne Verständnisverlust verzichtet werden könnte. Der Philosoph Geert KEIL stellt fest: „An einem Programm, das sich nach 200 Jahren noch in der Anlaufphase befindet, müsste etwas faul sein. Das ständige Sprechen in Anführungszeichen, wenn es teleologisch wird, ist unredlich“ (KEIL 1993, 116).

Es genügt nicht, einfach nur zu behaupten, teleologische Begriffe seien „nur metaphorisch“; das muss auch gezeigt werden. Davon, dass die Biologen nicht ausschließlich kausalmechanische Beschreibungen verwenden, kann man sich leicht überzeugen, wenn man aktuelle biologische Fachartikel liest, in denen evolutionäre Vorgänge beschrieben werden. Im folgenden Abschnitt folgen dazu einige Kostproben.

Vom Regen in die Traufe: Neue teleologische Begriffe

In den letzten Jahren wurde zunehmend Kritik an der Leistungsfähigkeit des Evolutionsalgorithmus aus ungerichteter Mutation und umweltgesteuerter Selektion geäußert. Dazu haben überraschende Entdeckungen der Genetik beigetragen. Einige seien kurz genannt: So muss evolutionstheoretisch aufgrund des Vorkommens zahlreicher homologer Gene bei unterschiedlichsten Bauplänen angenommen werden, dass der gemeinsame Vorfahr aller Tierstämme genetisch sehr komplex war. Überraschend war auch die Feststellung, dass die höher entwickelten Organismen kaum mehr Gene besitzen als sehr einfacher gebaute Formen. Ebenso unvorhergesehen war, dass in der Entwicklung morphologisch sehr unähnlicher Organe homologe Steuergene genutzt werden (ein berühmtes Beispiel sind Linsen- und Facettenauge sowie andere Augentypen). Weiter hat sich gezeigt, dass Gene häufig mehrfach in verschiedenen Zusammenhängen genutzt werden („gene sharing“). Solche Befunde führten zu neuen Überlegungen, wie Evolution abläuft:

Nicht mehr durch das Ansammeln und die Auslese selektionspositiver Änderungen, sondern eher sprunghaft durch gelegentliche glückliche Neuerschaltungen von vorhandenen Genen in neuen Zusammenhängen. Die Rede ist von „Kooptionen“, „Gen-Rekrutierungen“ und „Neuverschaltungen“. Die Verwendung teleologischer Begriffe zur Beschreibung dieser hypothetischen Vorgänge nimmt auffällig zu. Häufig ist von „Neuprogrammierung“ oder „Neuverdrahtung“ und dergleichen die Rede. Bereits zu einem Bonmot geworden ist der Satz von Sean B. CARROLL: „Evolution of form is very much a matter of teaching very old genes new tricks!“ (CARROLL 2005). ARTHUR (2004, 36) schreibt: „Obwohl der Begriff ‘Schöpfungswissenschaft’ anrühige Assoziationen beinhaltet, weil er häufig von einigen religiösen Fundamentalisten verwendet wird, brauchen wir wirklich eine Art ‘Schöpfungswissenschaft’ (in einem anderen Sinne dieses Begriffs) als einen Hauptbestandteil der Evolutionstheorie.“ Häufig wird der Begriff des Flickschusters („tinkering“, „bricolage“) verwendet, zum Beispiel von BRAKEFIELD (2005, 1694): „Die Gestalt evolviert hauptsächlich durch *Bearbeitung* und ein *Basteln* daran, wie diese Gene durch viele Schalter reguliert werden.“¹⁴ DUBOULE & WILKINS (1998, 55) schreiben: „Es hat sich herausgestellt, dass evolutionäre ‘*Flickschusterei*’ in ihrer *Wahl* des grundlegenden Baumaterials erstaunlich sparsam ist, und gleichzeitig immens *kreativ* in der *Verwendung* dieser Genprodukte bei der evolutionären Diversifizierung der Tiergestalten“¹⁵ (Hervorhebungen jeweils nicht im Original). Mit dem Begriff des Flickschusters soll zwar der Aspekt der Planung vermieden werden, da ein Flickschuster herumbastelt, statt von Grund auf zu planen. Doch das Problem der Teleologie wird damit nicht gelöst, denn auch ein Flickschuster geht zielorientiert vor, was für den evolutionären Prozess aber ausgeschlossen wird.

Beschreibungen wie die oben zitierten werden unbekümmert verwendet, obwohl die verwendeten Begriffe nicht zu einem ungesteuerten, ateleologischen Prozess passen, den sie beschreiben sollen.

¹⁴ „Form evolves largely by *elaborating on, and tinkering with*, how these genes are regulated through batteries of multiple switches.“

¹⁵ „Evolutionary ‘*bricolage*’ has, it turns out, been amazingly parsimonious in its *choice* of basic building materials while immensely *creative* in the *deployment* of these gene products in the evolutionary diversification of animal forms.“

Einige Autoren räumen ein, dass die Verwendung teleologischer Begriffe zur Beschreibung evolutionärer Prozesse problematisch ist. Sie machen verschiedene Vorschläge, wie mit der teleologischen Begrifflichkeit umgegangen werden sollte. Damit befassen wir uns im Folgenden.

Vermeidung teleologischer Begriffe

RAFF (2005) und BOCK (2009) empfehlen, teleologische Formulierungen zu vermeiden, weil sonst Befürwortern des Intelligent Design-Ansatzes („ID“) in die Hände gespielt würde: „Lasst uns nicht in die Hände von ID-Propagandisten spielen. Sei beispielsweise vorsichtig damit, teleologische Begriffe in der Lehre und in Publikationen zu verwenden. Wenn man Zellen als ‚Maschinen, um X zu leisten‘ bezeichnet oder biologische Strukturen als ‚gut designed, um Y zu tun‘ beschreibt, wird dies gebührend in der ID-Propaganda zitiert, als würde ein weiterer Biologe Design unterstützen“ (RAFF 2005, 274).¹⁶ Er verweist er darauf, dass 400 Jahre Wissenschaft immer wieder gezeigt hätten, dass „natürliche Gesetzmäßigkeiten“ für „natürliche Phänomene“ gefunden wurden. Medizin, Fernsehen, Luftfahrt, Wettervorhersage usw. hätten ihre Wurzeln in wissenschaftlicher Forschung. Evolution sei ein Teil dieser erfolgreichen Tradition.

Wenn aber die Entstehung der Lebewesen auch auf bloße natürliche Gesetzmäßigkeiten zurückgeführt werden könnten, müssten die Beschreibungen dieser Prozesse genauso ateologisch möglich sein wie etwa die von RAFF beispielhaft genannten Wetterphänomene. Solange dies nicht der Fall ist, macht es sich RAFF allzu einfach. Denn er unterbreitet keine Vorschläge, wie die Zweckmäßigkeit der Lebewesen und die Wege ihrer Entstehung ohne teleologische Begriffe formuliert werden können. Er wäre wahrscheinlich der erste, dem das gelänge. So aber stellt er sich dem Problem nicht, wenn er einfach die Abschaffung teleologischer Begriffe fordert.¹⁷

„Fehlschluss der Doppeldeutigkeit“

Ebenso einfach versucht NEUKAMM (2009) sich des Problems der Teleologie zu entledigen. Er argumentiert, dass Begriffe häufig doppel- oder

mehrdeutig sind. Als Beispiel nennt er den Begriff „gewichtig“, der sich je nach Kontext „schwer“ oder auch „bedeutsam“ meinen könne. Derselbe Begriff könne eine physikalische oder metaphorische Bedeutung haben. Diese Bedeutungsvielfalt von Begriffen reklamiert NEUKAMM, um zur Behauptung zu gelangen, die Rede von „Zwecken“ und „Zielen“ in der Biologie sei nur eine metaphorische Sprechweise. Sie sei verführerisch, „weil wir aufgrund unserer anthropomorphen Denkweise mit intentionalen Begriffen vertraut sind. Wenn z. B. gesagt wird, dass eine Blüte einer Biene Nektar *anbiete*, handle es sich um ein rhetorisches Stilmittel und nicht etwa um die Beschreibung einer *echten* zweckgerichteten Handlung, weil Blumen mangels kognitiver Fähigkeiten weder Ziele verfolgen noch in der Zukunft liegende Entwicklungen antizipieren können. Folglich ist der Schluss auf eine echte Planmäßigkeit ebenso unzulässig wie der Schluss auf einen Planer.“¹⁸

Die Argumentation ist jedoch nicht stichhaltig. Zum einen kann man mit *einzelnen* Beispielen nicht die *allgemeine* Aussage begründen, teleologische Begriffe seien nur rhetorische Stilmittel. Zum anderen muss der Unterschied zwischen *Zwecktätigkeit* und *Zweckmäßigkeit* beachtet werden. Eine *Zwecktätigkeit* erfordert tatsächlich Intelligenz und Fähigkeit, Ziele zu setzen und darauf hin zu wirken. Eine solche *Zwecktätigkeit* soll der nektarbietenden Blüte natürlich nicht unterstellt werden, als ob die Blüte bewusst Nektar absondert, damit Insekten die Blüte bestäuben. Dennoch ist das gan-

¹⁶ „Second, let us not play into the hands of ID propagandists. For instance, be careful about using teleological words to describe biological entities in our teaching and writing. Calling cells ‘machines that do X’, or describing biological structures as ‘well designed to do Y’ will be duly cited in ID propaganda as one more biologist-supporting design.“ – BOCK (2009, 8) schreibt: „The most recent slogan is intelligent design. Yet this non-scientific approach is difficult to rebut if evolutionists use a concept of design, whether carefully specified or not.“

¹⁷ Eine ähnliche Klarstellung ohne Vorschlag einer Alternative formulieren die Lehrbuchautoren CAMPBELL, REECE & MARKL (2006, 1006): „Die Verwendung von Begriffen wie ‚Bauplan‘ oder auch ‚Design‘ soll jedoch keineswegs unterstellen, eine Tierkonstruktion sei das Produkt einer zielgerichteten Planung.“ Und FRANCIS CRICK (1988, 138) mahnt: „Biologen müssen ständig bedenken, dass das, was sie sehen, nicht designed, sondern evolviert ist.“ („Biologists must constantly keep in mind that what they see is not designed, but rather evolved.“)

¹⁸ Aus diesem Grund werde in der Biologie häufig der Begriff „*Teleonomie*“ verwendet, um dem Fehlschluss der Doppeldeutigkeit begrifflich vorzubeugen.

ze System zweckmäßig. Zweckmäßigkeit bedeutet, dass Ziele in das betreffende System hineingelegt sind, sei es durch Programmierung, einen eingebauten Mechanismus oder auf eine andere Weise; die Planung ist also gleichsam hinter den Kulissen aktiv oder aktiv gewesen. In diesem Sinne kann das gesamte System Blüte-Bestäuber ohne die Zweckkategorie nicht angemessen beschrieben und verstanden werden. Die Teleologie steckt im System als Ganzem, das ohne die Angabe von Zwecken nicht verstanden werden kann. Auch ein technisches Gerät verfolgt keine Zwecke, ist aber ohne die Zweckkategorie nicht verstehbar und dies weist auf einen Urheber. Die Frage „Wozu ist der Nektar in der Blüte?“ stellt sich nun einmal dem Biologen. Würde er sie nicht stellen, würde er auf Erkenntnisse verzichten. Er vergäbe die Möglichkeit, Zusammenhänge herauszufinden und den Forschungsgegenstand angemessen zu verstehen. NEUKAMMS Aussage „Aus Sicht des Naturwissenschaftlers kommt es zur Bestäubung der Blüte, eben weil eine günstige Prädisposition (die Absonderung zuckerhaltiger Substanzen) zufällig Insekten anlockt“ ist offenkundig weniger als das, was man über das System Blüte-Bestäuber sagen kann.

Schließlich ist die Argumentation NEUKAMMS zirkulär: Er behauptet, dass aus einer anthropomorphen Denkweise intentionale Begriffe wie „Zweckmäßigkeit“ entspringen, um dann diese dann als irreführend zu erklären, weil sie anthropomorph seien. Davon abgesehen müsste er auch noch erklären, woher in einer Welt ohne Zwecke eine anthropomorphe Denkweise überhaupt kommt.

„Maschinen-Information-Metaphern“: In der Biologie nicht sachgemäß?

Ein in der Biologie häufig verwendeter teleologischer Begriff ist „Maschine“. Einzelne Teile von Lebewesen wurden schon lange mit Maschinen verglichen, etwa das Herz mit einer Pumpe. Ebenso sind die Begriffe „Information“ und „Bauplan“ üblich. Den von ihnen so genannten „Maschinen-Information-Metaphern“ widmen sich Massimo PIGLIUCCI und Maarten BOUDRY in einem Artikel der Zeitschrift „Science & Education“ (vgl. auch PIGLIUCCI 2010).

Wie RAFF (2005) bedauern auch PIGLIUCCI &

BOUDRY (2011), dass Befürworter des Design-Arguments den ausgiebigen Gebrauch von „Design-Metaphern“ zur Unterstützung ihrer Ansichten nutzen. Die beiden Autoren gehen aber weiter als RAFF. Nach ihrer Auffassung sind die Begriffe „Maschinen“ und „Bauplan“ einem zutreffenden Verständnis der Lebewesen hinderlich. Sie führten zu einem Missverstehen biologischer Organismen und dies werde durch die Biologen selbst durch den häufigen Gebrauch metaphorischer Begriffe gefördert.¹⁹ Das Verständnis des Erbguts als „Bauplan“ habe nicht nur die Öffentlichkeit irreführt, sondern könnte auch die Einbeziehung der Entwicklungsbiologie in die Evolutionsbiologie verzögert haben (S. 3). Entsprechend kritisch sehen sie Äußerungen wie den oft zitierten Vergleich einer Zelle mit einer Fabrik durch den Zellbiologen und Lehrbuchautoren Bruce ALBERTS (1998, 291):

„Tatsächlich kann die gesamte Zelle als Fabrik mit einem komplizierten Netzwerk ineinander greifender Fertigungsstraßen betrachtet werden, welche jeweils aus einem Satz großer Proteinmaschinen zusammengesetzt sind.“

Ebenso unglücklich finden sie die Beschreibung der Zelle von Kenneth MILLER (2008, 27):

„Der Kern ist das Hauptbüro des Betriebs, die Mitochondrien die Energieerzeugungsanlage, die Ribosomen die Produktionsanlagen und der Golgi-Apparat die Versandabteilung und Warenannahme.“²⁰

Auch WILKINS (2003) betont im einleitenden Artikel einer Ausgabe von *BioEssays* über molekulare Maschinen die „auffälligen Parallelen“ zwischen künstlichen und biologisch/molekularen Maschinen: Die Ausübung hochspezifischer Funktionen, die präzise Wechselwirkung zwischen ihren Teilen und die Mehrfachverwendung von Bauelementen.

CABEJ (2010, 27) stellt heraus, dass Lebewesen nur existieren können, wenn sie *Kontrollsysteme* besitzen. Um im Gleichgewicht zu bleiben, müssen sie kontinuierlich den Zustand des

¹⁹ „In biology and biological education in particular, metaphors are pervasive at almost every level of description and explanation“ (PIGLIUCCI & BOUDRY 2011, 254).

²⁰ „The nucleus is the factory’s main office, the mitochondria its power plants, the ribosomes its manufacturing equipment, and the Golgi apparatus its shipping and receiving department.“

Systems überwachen, Information über den Normalzustand des Systems besitzen, diesen mit dem aktuellen Zustand vergleichen, Unterschiede zwischen dem aktuellen und normalen Zustand quantifizieren, festsetzen, welche Änderungen in welchem Ausmaß eingeleitet werden müssen und diese Änderungen durchführen. Diese Funktionen – so CABEJ – sind Grundfunktionen von Kontrollsystemen in der Elektronik, die der Mensch erfunden hat, was stark nahelege, dass es in den vielzelligen Lebewesen Kontrollsysteme gebe, die den von Menschen entwickelten Systemen ähnlich seien.²¹

In diesen Einschätzungen und Zitaten erscheint der Vergleich zwischen menschlichen Zellen und von Menschen konstruierte Maschinen nicht nur als oberflächliche Analogie, sondern wird detailliert präsentiert. Die Autoren haben gute Gründe, solche Vergleiche zu wählen. Und solche Vergleiche werden nicht nur in der populären Literatur verwendet, sondern ebenso in der Fachliteratur, wie bereits eine flüchtige Recherche im *Web of Science* oder *PubMed* zeige, beklagen PIGLIUCCI & BOUDRY (2011, 261). Weshalb aber sind diese Vergleiche irreführend und sogar für die Forschung hinderlich? Die Autoren diskutieren zwei Aspekte (S. 262f.): 1. Die ontogenetische Entwicklung kann nicht allein durch die Gene – den genetischen „Bauplan“ – verstanden werden. 2. In der Entwicklung der Lebewesen spielt auch die Umwelt eine maßgebliche Rolle.

Komplexe statt einfache Bauplananalogie. PIGLIUCCI & BOUDRY kritisieren, dass die Redewendung *es gebe „Gene für“ bestimmte Phänotypen* der komplexen Realität der ontogenetischen Entwicklungsvorgänge nicht gerecht werde. Allenfalls in manchen untergeordneten Fällen gebe es eine einfache Zuordnung von Genotyp und Phänotyp (z. B. bei der Augenfarbe). Die tatsächlichen Beziehungen zwischen Genotyp und Phänotyp seien aber viel komplexer als sie durch eine Analogie von Bauplan und Konstruktion beschrieben werden. Biologische Entwicklungssysteme seien nämlich sehr robust und fehlertolerant gegenüber inneren und äußeren Einflüssen. Ausfälle einzelner Komponenten führten meistens nicht zum Zusammenbruch des Systems. Bei technischen Systemen sei dies anders, dort würden bereits kleine Fehler zum Funktionsausfall führen. Die Autoren sprechen von „Zerbrechlichkeit“ („brittleness“), die es bei den lebenden Systeme

men nicht gebe. Daher sei die „Metapher“ des Bauplans falsch.

Dass die Organismen sich nicht durch direkte Codierung von Information entwickeln, werde daran deutlich, dass eine Art Informationslücke zwischen der direkten genetischen Information (bestehend aus etwa 30.000 proteincodierenden Genen) und der Information bestehe, die benötigt wird, um die räumliche Position und den Typ jeder einzelnen Zelle im Körper zu spezifizieren.

Doch was ist mit diesen Überlegungen bezüglich der Problematik der Teleologie gewonnen? PIGLIUCCI & BOUDRY (2011, 263) schreiben selbst, dass die benötigte Information an anderen Stellen im sich entwickelnden Organismus lokalisiert sei.²² Die verschiedenen Zellen nutzen die genetische Information unterschiedlich je nach eintreffenden Signalen aus ihrer Umgebung.²³ Statt einer direkten genetischen Codierung sei eine indirekte Codierung verwirklicht. Alles in allem: Die Informationsspeicher, Informationsebenen und Informationskanäle in den Vorgängen der Organismen sind überaus komplex; es gibt nicht nur die Ebene der genetischen Information, es werden zunehmend epigenetische Informationsebenen entdeckt. So beschreiben SEGAL et al. (2006) einen Nukleosomen-Code, der die Anordnung der Nukleosomen bestimmt, das sind Miniatur-Spulen aus DNA und Histonen, die den Zugang zur DNA kontrollieren. Eine ausführliche Darstellung epi-

²¹ „1. Continually monitor the state of the system

2. Are in possession of information on the normal state of the system,

3. Are capable of comparing the actual state with the normal (desired) state, and on this basis

2. Quantify the lost/degraded molecular and cytological components,

3. Determine the kinds and amounts of molecular and cytological components to be produced,

4. Via signal cascades, send to the right places at the right time instructions for producing and replacing the lost components.

The above functions are basic functions of the human-engineered control systems in electronics. This strongly suggests that a control system similar to the human engineered control systems may be operational in metazoans.“ (Fehlerhafte teilweise doppelte Nummerierung im Original)

²² But when evolution began to favor – for whatever reason – more complex, multicellular life forms, a new way of encoding information also evolved“ (S. 263).

²³ „In other words, there is no blueprint for the organism, but rather each cell deploys genetic (Johannes et al. 2008) information and adjusts its status to signals coming from the surrounding cellular environment, as well as from the environment external to the organism itself“ (S. 263).

genetischer Kontrollsysteme bringt CABEJ (2010).²⁴

Auch das Genom selbst hat sich durch die Erforschung der nicht-proteincodierenden Bereiche (vorschnell als „junk DNA“ bezeichnet) als weitaus ausgeklügelter erwiesen als noch vor einer Dekade bekannt (PENNISI 2010). PIGLIUCCI & BOUDRY kommen vom Informations-Begriff gerade nicht los – im Gegenteil. Die Autoren schreiben, dass bei der indirekten Codierung in der Ontogenese eine relativ geringe Zahl von „Anweisungen“ („instructions“ in Anführungszeichen) zu einer Vielzahl von Phänotypen führen könne je nach der Art der Wechselwirkungen mit den Teilen des Systems. Die Zunahme der Komplexität der Phänotypen erfordere keine proportional größere genetische Information; also sei ein neuer Weg der Codierung von Information evolviert – „ein neuer Weg der Informationsverschlüsselung“²⁵ (S. 263; Hervorhebung nicht im Original).

Die berechtigte Kritik an einem *einfachen* Verständnis des Zusammenhangs von *genetischem* Bauplan und Konstruktion führt nicht zu einer Abschaffung des Begriffs „Information“, sondern ganz im Gegenteil zu einer noch viel umfassenderen Verwendung. Dazu kommt, dass auf den ersten Stufen der Informationskaskaden der Begriff „Bauplan“ – bei der Übersetzung von DNA in Proteine – gar nicht überholt ist; die Rede von der „DNA als Bauplan“ erweist sich vielmehr als deutlich unzureichend für das Verständnis des Zell- und Entwicklungsgeschehens. Das Aufdecken weiterer Komplexitäts- und Informationsebene sprengt *einfache* Bauplananalogien, um an deren Stelle *komplexere* zu setzen.

Fehlertoleranz. Die von PIGLIUCCI & BOUDRY betonte „Fehlertoleranz“ verweist zu alledem ebenfalls auf Teleologie, denn Fehlertoleranz ist zukunftsorientiert. Auch Techniker versuchen ihre Produkte möglichst fehlertolerant zu entwickeln – für den zukünftigen Fall einer Stresssituation. So müssten technische Geräte wie z. B. Handys für ihre eigentliche Funktion nicht stoßempfindlich sein, diese Eigenschaft ist aber nützlich im Falle eines Missgeschicks. Beispielsweise sorgt das Hitzeschockprotein Hsp90, ein sogenanntes Chaperon, für die korrekte Faltung von Proteinen; viele dieser Proteine haben Aufgaben in der Signalübertragung wichtiger Entwicklungswege (RUTHERFORD & LINDQUIST 1998). Es puffert gegen umweltbedingte Fehler ab, z. B. wenn ein tempe-

raturabhängiger Fehler in der Proteinfaltung auftritt. Ebenfalls sorgt es dafür, dass trotz genetischer Variation (stiller Polymorphismus) die Faltung korrekt erfolgt. Entsprechend sorgt der Ausfall von Hsp90 für viele Schäden, da die Fehler und Störungen nicht mehr korrigiert werden.²⁶

Der Verweis auf Fehlertoleranz und „brittleness“ (s. o.) ist somit denkbar ungeeignet, Teleologie aus der Biologie zu entfernen. Denn diese Robustheit dürfte es nicht „gratis“ geben, sondern erfordert selbst irgendwelche Systeme wie die als Beispiel genannten Hitzeschockproteine oder Regelkreise, die alternative Wege in der Ontogenese aktivieren. Die Puffersysteme gegen innere und äußere Störungen weisen erst recht auf Planung hin.²⁷

Exploratives Verhalten. Ein weiterer Unterschied zwischen menschengemachten und lebenden Konstruktionen ist das sogenannte „explorative Verhalten“ in der Ontogenese (KIRSCHNER & GERHART 2005). Gemeint sind damit Mechanismen, welche viele Varianten erzeugen, die sehr wenig determiniert sind, aber durch äußere Signale in bestimmte Richtungen gesteuert werden. Explorative Systeme sind „antwortend“, d. h. sie reagieren auf äußere Signale. Beispielsweise gibt es exploratives Verhalten beim Wachstum des Zellskeletts, beim

²⁴ vgl. dazu auch Denton et al. (2012, 13): „... rather than genes determining the phenotype of the cell ‘from below’ it is more and more, the epigenetic physiological and biochemical state of the cell which determines the meaning of the genes ‘from above.’“ Gene agierten nicht als Kontrolleure der ontogenetischen Entwicklung und ihrer Richtung (S. 14).

²⁵ „a new way of encoding information“

²⁶ Manche Forscher äußern die Hoffnung, dass die bei Ausfall von Hitzeschockproteinen zum Vorschein kommende kryptische Variation in bestimmten Umwelten (insbesondere bei Umweltstress) gelegentlich auch einmal vorteilhaft und damit adaptiv sein könnte. Bekannt sind bisher jedoch nur Defekte; ein Vorteil von Hsp90-Mutanten im heterozygoten Zustand bislang rein hypothetisch. Zudem sind homozygote Mutationen von Hsp90 letal (COWEN & LINDQUIST 2005). Kürzlich wurde entdeckt, dass Hsp90 und an dieses bindende Proteine ein Einfluss nicht nur auf genetische, sondern auch auf epigenetische Variabilität haben (RUDEN 2011).

²⁷ Allerdings sind Redundanzen bei den Lebewesen nicht einfach darzustellen: Es ist nicht so, dass für eine bestimmte Funktion zwei Gene zur Verfügung stehen, die sich gegenseitig vertreten könnten und genau dieselbe Funktion haben. Die Redundanzen sind vielmehr überlappend. Das heißt: Gene, die sich gegenseitig vertreten können, haben mehrere Funktionen, die sich von Gen zu Gen aber unterscheiden. 1:1-Redundanzen würden auch gar nicht stabil bleiben, wie man von duplizierten Genen weiß (TAUTZ 1992).

Muskelwachstum, beim Nervensystem und bei der Bildung des Blutgefäßsystems. So wird die Bildung des Nervensystems mit wenigen Regeln vollzogen. Das Wachstum erfolgt gemäß weniger Regeln, die genaue Ausprägung wird durch Randbedingungen gesteuert. Sind die Randbedingungen verschieden, resultiert ein anderes Ergebnis des Wachstums. Inwieweit exploratives Verhalten die Entstehung evolutiver Neuheiten plausibel machen kann, soll hier nicht diskutiert werden (siehe dazu JUNKER 2006). Vielmehr soll darauf hingewiesen werden, dass exploratives Verhalten als sehr effektive und flexible Konstruktionsmethode selber eine ausgefeilte Programmierung benötigt. Voraussetzung dafür ist eine Steuerinstanz, eine Befehlskette mit Feedbackoption und Informationen für die einzelnen Gewebe. Nur deshalb bilden sich Blutgefäße, Nervensysteme etc. „von selbst“ – ohne Blaupause. Sie kommunizieren vor Ort und wachsen im Detail nach festgelegten Regeln. So gesehen könnte man „exploratives Verhalten“ als Krönung der Ingenieurskunst betrachten. Wie aber entsteht die notwendige Vorprogrammierung? Auch exploratives Verhalten lässt sich nur mit teleologischen Begriffen angemessen beschreiben.

Der Einfluss der Umwelt und Plastizität. Ähnlich wie bei den Wechselwirkungen innerhalb des Organismus argumentieren die Autoren im Folgenden mit den Wechselwirkungen zwischen Organismus und Umwelt. Auch hier zeige sich, dass es keine einfache bauplanartige Entsprechung zwischen den Genen und dem Erscheinungsbild der Organismen gebe, vielmehr gebe es phänotypische *Plastizität*. Organismen können je nach Umwelteinflüssen unterschiedliche Phänotypen ausbilden, eine Fähigkeit, die universell ausgebildet ist (SULTAN & STEARNS 2005, 304; PIGLIUCCI 2007, 2746; GOMEZ-MESTRE & BUCHHOLZ 2010). PIGLIUCCI (2010) plädiert dafür, das Genotyp-Phänotyp-Mapping“ durch eine algorithmische Vorgehensweise zu ersetzen, die er als „developmental encoding“ bezeichnet. Einflüsse während der ontogenetischen Entwicklung üben dabei einen maßgeblichen Einfluss aus.

Aber auch hier gewinnen die Autoren nicht das, was sie anstreben: Denn damit Organismen plastisch reagieren können, brauchen sie eben sozusagen *mehrere* „Baupläne“. Bekannte Beispiele sind die Ausbildung eines Helms beim Flohkrebs *Daphnia* bei Annäherung von

Fressfeinden oder die unterschiedlichen Zeichnungen der Sommer- und Winterform des Landkärtchens. Der Vergleich des Erbguts mit einem Bauplan wird durch das Phänomen der Plastizität nicht in Frage gestellt. Die Verhältnisse haben sich nur als viel komplexer erwiesen als früher angenommen wurde. Die Autoren schreiben selber von einer „ausgefeilteren Sicht, wie Organismen genetische Information nutzen“²⁸ (S. 12). Die teleologische Sprache und den Informationsbegriff können sie weder vermeiden noch zurückdrängen, vielmehr kommen sie vom Regen in die Traufe. Den Beweis dafür, dass „Maschine“, „Information“ oder „Bauplan“ *bloße* Metaphern sind, haben die Autoren damit gerade nicht erbracht, ganz im Gegenteil.

Die Autoren plädieren nun nicht dafür, überhaupt keine Metaphern zu benutzen, sondern passendere, die den neuen Erkenntnissen Rechnung tragen. So diskutieren sie, ob statt „Bauplan“ der Begriff „Rezept“ besser wäre und bejahen dies, da mit diesem Begriff die Phänomene der *Pleiotropie* (dasselbe Gen kann verschiedene Merkmale beeinflussen) und der *Epistasis* (Wechselwirkungen zwischen Genen) sowie der Entwicklungs- und Umweltaspekt berücksichtigt werden können. Aber auch diese Metapher stoße an ihre Grenzen, so finde sich beispielsweise in den Organismen nichts, was der Beschreibung des Endprodukts entsprechen würde.

Vermutlich wird jeder Vergleich hinken und nur Teilaspekte erfassen. Entscheidend ist aber, dass die vorgeschlagenen Metaphern oder Vergleiche durchweg Teleologie implizieren. Davon können sich auch PIGLIUCCI & BOUDRY nicht befreien. Und damit bleiben sie den Nachweis schuldig, dass es sich um bloße Metaphern handelt.

Bewertung

PIGLIUCCI & BOUDRY stellen zurecht fest, dass der Vergleich Maschinen/Bauplan – Lebewesen in einiger Hinsicht nicht passt. Das hatte bereits HUME in seinen *Dialogues* diskutiert und heute wissen wir sehr viel mehr darüber, wo diese Vergleiche dem Leben nicht angemessen sind.

²⁸ „more sophisticated view of how organisms deploy genetic information“

Aber sind sie deshalb irreführend? Oder sind sie einfach nur unzureichend? Wie aus den Ausführungen der beiden Autoren hervorgeht, greifen auch passendere Vergleiche auf teleologische Konzepte zurück und sie greifen, genau betrachtet, auf *noch stärkere* teleologischer Konzepte zurück. Es stellt sich vielmehr die Frage, *welche* von Menschen entworfene Technik den Systemen der Lebewesen am nächsten kommt. Die grundsätzliche Idee, Lebewesen mit menschlicher Technologie zu vergleichen, ist jedoch nicht fehlgeleitet. PIGLIUCCI & BOURDRIY tun das selber. Mit zunehmender Kenntnis der Lebewesen zeigt sich, dass zunehmend ausgefeiltere menschliche Technik als passender Vergleich erforderlich ist, wobei – wie eingangs festgestellt – auch verbesserte menschliche Technik im Vergleich zu lebenden Konstrukten immer noch deutlich den Kürzeren zieht. Die bisherigen Vergleiche erweisen sich nicht als qualitativ falsch, sondern vielmehr als zunehmend unzureichend. So ist es auch heute nicht verkehrt, das Wirbeltierauge in mancher Hinsicht mit einem klassischen Fotoapparat zu vergleichen. Der Vergleich mit einer leistungsfähigeren Digitalkamera kommt dem Linsenauge aber schon näher; eine Digitalkamera ist aber immer noch nur ein schwacher Abglanz des menschlichen Auges. Mit der Zunahme der technischen Fähigkeiten wird auch zunehmend die Genialität lebender Konstruktionen erkennbar. Es wird immer deutlicher: Die lebenden Systeme sind in vielerlei Hinsicht noch viel ausgeklügelter als wir zuvor dachten; es sei an die eingangs genannten Zitate von Gerhard BINNIG erinnert. Was sich auf dem makroskopischen Level ganzer Organe gezeigt hat (die den Technikern als Vorbild dienen, womit ihre Überlegenheit²⁹ dokumentiert wird), stellt sich ebenso auf dem zellulären und genetischen Level heraus, wo uns eine atemberaubende Informationstechnologie entgegentritt.

Die Tatsache, dass die Begriffe „Bauplan“ und „Maschine“ teilweise unzureichend für die Beschreibung lebender Systeme sind, bedeutet nicht, dass sie *durchweg* oder *in jeder Hinsicht* fehl am Platz sind. Für den Begriff „Bauplan“ wurde das oben bereits angemerkt. Aber auch der Maschinenbegriff hat keineswegs ausgedient. Zum einen macht die Tatsache, dass lebendige Systeme (viel) robuster sind als technische den Maschinenbegriff nicht verkehrt. Vielmehr haben wir es mit viel komplexeren Maschinen zu tun, die *einfache* Bauplananalo-

gien überfordern.³⁰ Zum anderen aber hat gerade die Zellforschung der letzten Jahrzehnte zu einer sprunghaften Zunahme der Verwendung des Maschinenbegriffs geführt. Die Rede ist von „molekularen Maschinen“. Nach GENE (2007, 39) hat die Forschung gezeigt, dass die Abläufe und „Maschinen“ im Zellgeschehen viel stärker technologischen Produkten ähneln, als von irgendjemanden je vorhergesagt worden war. Das Argument von David HUME, dass sich Leben von menschengemachtem Design stark unterscheidet, greife hier kaum. „Der Körper spiegelt die Designprinzipien unserer eigenen Technologie wider“³¹ (S. 40); dies zeige sich eindrucksvoll an einer großen Anzahl von Begriffen aus der Technik und der Programmierung, die zur Beschreibung verwendet werden. Dass es sich dabei nicht um irreführende Metaphern handeln kann, belegt GENE (2007, 48, 58, 60, 93) durch eindrucksvolle Vergleiche der Häufigkeit der Verwendung der betreffenden teleologischen Begriffe in verschiedenen Disziplinen. Anders als im Bereich der Physik oder der Geologie werden diese Begriffe in der Biologie gerade nicht unsinnig, wenn man sie wörtlich nimmt. Und anders als dort hat ihre Verwendung in der Biologie markant zugenommen. Es sei nicht nur auffallend leicht, „mechanische Ingenieurskonzepte in eine schlüssige Zusammenfassung der Molekularbiologie zu übersetzen“, sondern diese funktionalen Begriffe seien auch für unser Verständnis der Molekularbiologie wichtig (GENE 2010, 57), während diese Konzepte der Physik und Chemie fremd seien. GENE (2010, 102f.) hebt hervor, dass auf dem Level molekularer Maschinen die Ähnlichkeiten mit der Technik weitaus größer sind als auf dem Level der Anatomie. Die Analogie „Lebewesen-Technik“ greift hier in besonderem Maße.

Kommen wir noch einmal auf die Unterschiede zwischen Lebewesen und Technik zu-

²⁹ Diese Überlegenheit bezieht sich nicht auf einzelne Kennzahlen – manche Kameras liefern heute wohl mehr Megapixel als das menschliche Auge –, sondern die verwirklichte Technologie. So ist vom menschlichen Auge bekannt, dass es beständig gleichzeitig etwa 15 verschiedene Aspekte der Umwelt „aufnimmt“ (Helligkeit, Kontrast, Bewegung usw.).

³⁰ Man könnte es mit etwas zu tun haben, wofür die heutige menschliche Technologie noch keine *konkrete* Metapher liefert. Siehe z.B.: <http://www.nytimes.com/2006/07/25/science/25dna.html>

³¹ „The body echoes design principles of our own technology.“

rück. Neben den bereits genannten Eigenschaften wie Robustheit und Plastizität wird häufig auf die Variations- und Fortpflanzungsfähigkeit der Lebewesen hingewiesen, die sie von menschlicher Technik unterscheidet. Mit diesem Unterschied hat sich bereits PALEY (1802) befasst. Es wurde aber nicht gezeigt, weshalb diese (und andere) Kennzeichen der Lebewesen dazu beitragen sollen, eine nicht-teleologische Entstehung plausibel zu machen (vgl. JUNKER 2010, 82ff.). Die Unterschiede werfen vielmehr neue Fragen bezüglich ihrer Entstehung auf: Die Existenz des reproduktionsfähigen Apparats selbst muss erklärt werden, und die Technik der Lebewesen ist in der Regel erkennbar *leistungsfähiger* als menschliche Technik. Davon abgesehen stellt RAMMERSTORFER (2010, 33) heraus, dass es bei allen Unterschieden eine entscheidende fundamentale Gemeinsamkeit gibt, die erklärt, wie es zu den tiefgreifenden Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen Biologie und Technik kommt: das Durchdrungensein von Zwecken. Biologie und Technik machen sich Naturgesetze zunutze anstatt ihnen ausgeliefert zu sein. Sie benötigen apparativen Aufwand – Maschinen –, um ins Dasein zu kommen und ihre Existenz behaupten zu können. Um Form und Funktion technischer Geräte – und seien sie nur so einfach wie z. B. eine Schere – ausreichend beschreiben zu können, genügt es nicht, nur Bezug auf irgendwelche Gesetzmäßigkeiten zu nehmen; die Zwecksetzung eines Urhebers ist unerlässlich. MUTSCHLER (2003) bringt diesen Sachverhalt mit einem technikphilosophischen Argument auf den Punkt: Wir können Naturfinalität nicht umgehen, wenn Kybernetik, Informatik, Bionik und andere technisch-praktische Verfahren zur Interpretation von Naturphänomenen herangezogen werden. Denn Finalität sei in den entsprechenden Verfahren analytisch enthalten. Hier liege keine nomologische (gesetzmäßige) Erklärung vor, „sondern der Versuch, Naturprozesse isomorph auf technische Artefakte hin abzubilden. Da diese realteleologischen Charakter haben, überträgt sich diese immanente Teleologie auf die äußere Natur.“ Dass die Biologen auf Begriffe wie „Selektion“, „Programmierung“, „Flickschusterei“, „Bauplan“, „Rezept“, „Code“ und viele andere nicht verzichten können, ist ein sehr starkes Indiz dafür, dass Teleologie in der Biologie keine Metapher ist. Die verwendeten Begriffe sind vor allem Platzhalter für nicht-existente nichtteleologische Erklärungen (= nomologisch basierte Me-

chanismen) und fungieren als „Lückenbüßer“ unbekannter Prozesse.³²

Literatur

- AKGÜL G (2002) Bionik – Trends in Industrie und Gesellschaft und Anwendungen bei der Continental AG. http://www.biokon.net/bionik/download/Conti_bionic_studie_de.pdf (Zugriff: 20. 6. 2013)
- ALBERTS B (1998) The Cell as a Collection of Protein Machines: Preparing the Next Generation of Molecular Biologists. *Cell* 92, 291-294.
- ARDJOMANDY SAK (2004) Virtuelle Vorlesung. Die kognitiven, intuitiven und kommunikativen Aspekte einer emergenten Lehr- und Lernkultur. Inaugural-Dissertation zur Erlangung eines Doktorgrades der Philosophie an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Online: http://edoc.ub.uni-muenchen.de/7129/1/Ardjomandy_Sina-AmirKayvan.pdf (Zugriff am 20. 6. 2013)
- ARTHUR W (2004) Biased Embryos and Evolution. Cambridge University Press.
- BINNIG G (2006) Die Kreativität der Natur. Die schöpferische Kraft der Evolution als Richtschnur für unsere Forschung und Bildung. In: BLÜCHEL KG & MALIK F (Hg.) Faszination Bionik: Die Intelligenz der Schöpfung. München.
- BOCK WJ (2009) Design – an inappropriate concept in evolutionary theory. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 47, 7-9.
- CABEJ NR (2010) Epigenetic principles of evolution. Dumont, NJ.
- CAMPBELL NA, REECE JB & MARKL J (Hg, 2006) Biologie. München.
- CARROLL SB (2005) Endless Forms Most Beautiful. The New Science of Evo Devo and the Making of the Animal Kingdom. London.
- COWEN LE & LINDQUIST S (2005) Hsp90 potentiates the rapid evolution of new traits: drug resistance in diverse fungi. *Science* 309, 2185-2189.
- CRICK FHC (1988) What Mad Pursuit. Basic Books.
- DARWIN CR (1875) *The variation of animals and plants under domestication*. London: John Murray. 2d edition.
- DARWIN CR (1876) On the origin of species. 6th ed. London.
- DARWIN F (1887, ed) The Life and Letters of Charles Darwin including an autobiographical chapter. London: John Murray 1887, Bd. I.
- DENTON MJ, KUMARAMANICKAVEL G & LEGGE M (2012) Cells as irreducible wholes: the failure of mechanism and the possibility of an organicist revival. *Biol. Philos.*, doi:10.1007/s10539-011-9285-z
- DUBOCHET J (2011) Why is it so difficult to accept Darwin's theory of evolution? *BioEssays* 33, doi 10.1002/bies.201000142
- ENGELS E-M (2009) Charles Darwin: Person, Theorie, Rezeption. Zur Einführung. In: ENGELS E-M (Hg.) Charles Darwin und seine Wirkung. Frankfurt/M: Suhrkamp, 2009, S. 9-56.

³² Überspitzt kann man vielleicht sagen: Immer wenn Naturalisten einen teleologischen Begriff bemühen, tritt er als Lückenbüßer für eine (umfassend) fehlende wissenschaftliche, also nomologisch-mechanistische Erklärung auf.

- FODOR J & PIATTELLI-PALMARINI M (2010) What Darwin got wrong. New York.
- GENE M (2007) The Design Matrix. A Consilience of Clues. Arbor Vitae Press.
- GILLESPIE NC (1990) Divine Design and the Industrial Revolution. William Paley's Abortive Reform of Natural Theology. *Isis* 81, 214-229.
- GOMEZ-MESTRE I & BUCHHOLZ DR (2010) Developmental plasticity mirrors differences among taxa in spadefoot toads linking plasticity and diversity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 103, 19021-19026.
- JUNKER R (2006) Rezension von M. W. Kirschner & J. C. Gerhart: The Plausibility of Life. *Stud. Int. J.* 13, 53-56.
- JUNKER R (2010) Spuren Gottes in der Schöpfung? Eine kritische Analyse von Design-Argumenten in der Biologie. Holzgerlingen, 2. Aufl.
- KEIL G (1993) Kritik des Naturalismus. Berlin.
- KIRSCHNER MW & GERHART JC (2005) The Plausibility of Life. Resolving Darwin's Dilemma. New Haven and London.
- MILLER K (2008) Only a theory: Evolution and the battle for America's soul. New York.
- MUTSCHLER HD (2003) Gibt es Finalität in der Natur? In: KUMMER C (Hg.) Die andere Seite der Biologie. München.
- MUTSCHLER HD (2005) Intelligent Design. Spricht die Evolution von Gott? *Herder Korrespondenz* 59, 497-500.
- NEUKAMM M (2009) Populäre Fehlschlüsse und rhetorische Stilmittel. In: NEUKAMM M (Hg) Evolution im Fadenkreuz des Kreationismus. Göttingen, S. 305-320.
- PALEY W (1802) Natural Theology. Reprint 2005 Coachwhip Publications, Landisville, Pa.
- PENNISI E (2010) Shining a light on the genome's 'Dark Matter'. *Science* 330, 1614.
- PULTE H (2009) Darwin und die exakten Wissenschaften. Eine vergleichende wissenschaftstheoretische Untersuchung zur Physik mit einem Ausblick auf die Mathematik. In: ENGELS E-M (Hg.) Charles Darwin und seine Wirkung. Frankfurt/M: Suhrkamp, 2009, S. 139-177.
- RUDEN DM (2011) The (new) new synthesis and epigenetic capacitors of morphological evolution. *Nat. Genet.* 43, 88-89.
- RUTHERFORD SL & LINDQUIST S (1998) Hsp90 as a capacitor for morphological evolution. *Nature* 396, 336-342.
- SULTAN SE & STEARNS SC (2005) Environmentally contingent variation: Phenotypic plasticity and norms of reaction. In: Hallgrímsson A & Hall BK (eds) Variation. Amsterdam: Elsevier, pp 303-332.
- PIGLIUCCI M (2007) Do we need an extended evolutionary synthesis? *Evolution* 61, 2743-2749.
- PIGLIUCCI M (2010) Genotype-phenotype mapping and the end of the 'genes as blueprint' metaphor. *Phil. Trans. R. Soc.* 365B, 557-566.
- PIGLIUCCI M & BOUDRY M (2011) Why Machine-Information Metaphors are Bad for Science and Science Education. *Sci. & Educ.* 20, 453-471; doi 10.1007/s11191-010-9267-6
- RAFF RA (2005) Editorial: Stand up for evolution. *Evolution & Development* 7, 273-275.
- RAMMERSTORFER M (2006) Nur eine Illusion? Biologie und Design. Marburg.
- RAMMERSTORFER M (2010) Lebewesen und Design. Eine Einführung. Bod Hamburg.
- SEGAL E, FONDUFE-MITTENDORF Y, CHEN L, THÄSTRÖM AC, FIELD Y, MOORE IK, WANG JPZ & WIDOM J (2006) A genomic code for nucleosome positioning. *Nature* 442, 772-778. (vgl. dazu <http://www.nytimes.com/2006/07/25/science/25dna.html>)
- SOBER E (2008) Evidence and evolution. The logic behind the science. Cambridge.
- TAUTZ D (1992) Redundancies, development and the flow of information. *BioEssays* 14, 263-266.
- WILKINS A (2003) A special issue on molecular machines. *BioEssays* 25, 1145-1146