

Der Funktionsbegriff in der Biologie

Ulrich Krohs
Hamburg und Altenberg

1 Einleitung: Die biologische Rede von Funktionen als wissenschaftstheoretische Herausforderung

„Die Funktion des Herzens ist es, Blut zu pumpen und so die peripheren Gewebe mit Nährstoffen zu versorgen.“ Hinter einer physiologischen Aussagen wie dieser verbirgt sich nicht nur eine lange Vorgeschichte wissenschaftlicher Experimente, Beobachtungen, Vermutungen und Theoriebildung, sondern auch einer der größten Unterschiede der Biologie im Vergleich mit Physik und Chemie: die Zuschreibung von Funktionen. Versucht man, die angeführte Erkenntnis verständlich und einprägsam darzustellen (was vielleicht in diesem Fall nicht nötig ist, aber bei neueren oder weniger bekannten Erkenntnissen der Biowissenschaften oft geschieht), so möchte man sofort von der Erfüllung von Zwecken reden: Das Herz *ist dazu da*, Blut zu pumpen, *um so* die peripheren Gewebe mit Nährstoffen zu versorgen. Eine solche Formulierung ist anschaulich, aber sie scheint den Organismus wie eine willentlich konstruierte Maschine zu beschreiben, deren Komponenten intendierten Zwecken oder Zielen dienen. Wie sollte dies im Rahmen einer Naturwissenschaft zu rechtfertigen sein? Diese Formulierung verschärft das Teleologieproblem, das ohnehin mit der Verwendung von Funktionszuschreibungen verbunden ist: das Problem, die Zweckmäßigkeit der Struktur der Organismen zu erklären, ohne auf zwecksetzende Instanzen zu verweisen. Biologinnen und Biologen wollen offenbar weder einem Organ wie dem Herzen noch biochemischen Molekülen Intentionen zuschreiben, auch nicht „der Natur“ oder dem Evolutionsprozess, noch berufen sie sich im Rahmen naturwissenschaftlicher Erklärung auf Intentionen von übernatürlichen Wesen. Bleiben wir also bei der ursprünglichen Formulierung. Diese zu verstehen ist Herausforderung genug, unterscheidet sie sich doch grundlegend von Aussagen, die im wissenschaftstheoretisch viel besser untersuchten Gebiet der Physik anzutreffen sind.

Zweckmäßigkeit ohne Zwecksetzung

Teleologie in der Biologie ist kein terminologisches Problem

Griechisch „telos“ heißt „Ziel“ oder „Zweck“, Teleologie ist also die Lehre von der Ziel- oder Zweckgerichtetheit oder auch von der Zielverursachung. „Zielverursachung“ ist ein verwirren-

der Terminus, der leicht die Konnotation einer Rückwärtsverursachung aus der Zukunft annimmt. Diese mehr als zweifelhafte Vorstellung lag aber gerade nicht der Aristotelischen Lehre von den Zielursachen zu Grunde, auf die sich teleologische Überlegungen meist stützen. Aristoteles sprach von dem „worum willen“ (*hou heneka*) eines Prozesses und meinte damit den angestrebten oder auch bloß natürlich sich einstellenden Endzustand eines Prozesses: das fertige Haus als Ziel der Bautätigkeit, aber auch die Ruhe des Steines, nachdem er fallen gelassen wurde, auf dem Boden als seinem „natürlichen Ort“. Nun kann die Physik heute die Bewegung des Steines sehr gut ohne Rückgriff auf Zielursachen erklären. Die Frage ist also, weshalb in der Biologie die Rede von Zielgerichtetheit oder Zweckmäßigkeit, wie sie mit Funktionszuschreibungen verknüpft zu sein scheint, nicht ebenfalls obsolet ist. Keinesfalls lässt sich das Teleologieproblem also lösen, indem ein neuer Terminus eingeführt wird, der die (ohnehin in der Biologie keinesfalls unterstellte) Konnotation der Rückverursachung definitiv ausschließt, wie etwa der Terminus „Teleonomie“ (Pittendrigh 1958). Nicht der Terminus führt das Problem über eine bestimmte Konnotation ein, die Verwendung von Funktionszuschreibungen bedarf der Erklärung.

**Dysfunktion:
Normativität
des Funktions-
begriffs**

Da in physikalischen Theorien dieser Funktionsbegriff nicht vorkommt, kann die naturwissenschaftliche Verwendung des Begriffs aus der Perspektive einer an physikalischen Theorien geschulten und entwickelten Wissenschaftstheorie nicht ohne weiteres verstanden werden. Am klarsten wird die Besonderheit des Funktionsbegriffes vielleicht daran, dass mit ihm Vorstellungen von „richtig funktionieren“ und „falsch funktionieren“ verbunden ist: Die Verwendung von Funktionszuschreibungen impliziert, dass der Ausfall einer Funktion als Fehlfunktion zu klassifizieren ist. Der Funktionsbegriff ist, anders als Beschreibungen von Prozessen, in noch zu untersuchender Weise *normativ*.

Mehrdeutigkeit von „Funktion“

Nur der *mathematische* Funktionsbegriff spielt in der Physik eine Rolle, er beschreibt allerdings nur die Eigenschaften bestimmter Abbildungen und hat, außer gemeinsamen historischen Wurzeln des Wortes „Funktion“, nichts mit dem biologischen Funktionsbegriff gemein.

An diese Überlegung schließen sich eine Reihe von Fragen an:

- Wie ist der Funktionsbegriff angemessen zu explizieren?
- Welche Rolle spielen Funktionsaussagen in biologischen Theorien?
- Haben Funktionsaussagen wirklich immer eine normative Komponente?
- Wie werden Funktionsaussagen de facto gerechtfertigt?
- Sind Funktionsaussagen als naturwissenschaftliche Befunde überhaupt rechtfertigbar?
- Handelt es sich beim Funktionsbegriff um einen einheitlichen Begriff oder um eine ganze Familie unterschiedlicher Begriffe?
- Sind Funktionen Eigenschaften von Objekten oder sind Funktionszuschreibungen bloß begriffliche Hilfsmittel zur Konzeptualisierung von Organismen?

Alle diese Fragen werden in der Wissenschaftstheorie kontrovers diskutiert. Der Hauptteil dieses Kapitels soll aber der Diskussion der wichtigsten alternativen Theorien der Funktionalität gewidmet sein. Wir werden dabei sehen, dass die anderen Fragen bei der Suche nach einer solchen Theorie immer eine Rolle spielen, sie jedoch nicht einheitlich beantwortet werden. Im Anschluss werden die mit den verschiedenen Explikationen verbundenen Probleme nochmals zusammengestellt. Es folgen ein Ausblick auf die gegenwärtige Fortführung der Diskussion und ein kurzer Literaturüberblick.

2 Explikationen des biologischen Funktionsbegriffs

In den Biowissenschaften werden Funktionszuschreibungen vorgenommen, ohne dass der Funktionsbegriff in einer Weise geklärt wäre, die aus philosophischer Perspektive befriedigt. Dennoch gibt es kaum Streit unter Biologen, was jeweils unter „Funktion“ zu verstehen sei. Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Bedeutung des Begriffs sehr wohl im jeweiligen Kontext seiner Verwendung implizit festgelegt ist. Um aber aus der Warte der Wissenschaftstheorie den Gehalt biologischer Funktionsaussagen zu rekonstruieren, muss der Begriff expliziert werden. Zentral für die Diskussion sind drei paradigmatische Ansätze, zu denen jeweils eine unterschiedliche Zahl von Unterpositionen entwickelt wurde. Alle versuchen, die Frage befriedigend zu beantworten, was denn eine biologische Funktion im Unterschied zu einer physikalischen Wirkung sei.

Auch physikalistische (d. h. ganz in der Sprache der normalen Physik rekonstruierbare) Aussagen über Wirkungen werden in der Biologie eingesetzt, sogar zur Beschreibung derselben Phänomene, die auch funktional beschrieben werden (siehe grauen Kasten). Es gilt also zum einen, zu erläutern, was den Unterschied zwischen beiden Aussagen bzw. zwischen den Typen solcher Aussagen ausmacht. Zum anderen stellt sich die Frage, wie die Funktionszuschreibung gerechtfertigt ist, welcher Art also die Geltungsbedingungen der Funktionszuschreibung sind.

Korrespondenz funktionaler und physikalistischer Aussagen

Betrachten wir die Funktionszuschreibung „die Funktion des Herzens ist es, die peripheren Gewebe mit Nährstoffen zu versorgen“, so korrespondiert dieser die physikalistische Aussage „das Herz bewirkt die Bewegung von Flüssigkeit durch den Körper, die Moleküle enthält (gelöst oder an in der Blutflüssigkeit suspendierte Träger gebunden), die von anderen Geweben aufgenommen und chemisch umgesetzt werden“.

So unterschiedlich die Ansätze zur Rekonstruktion des Funktionsbegriffs sind, eines ist ihnen gemeinsam: sie greifen jeweils eine

**Ansatzpunkte
für die
Explikation**

-Struktur
-Evolution

-inhärente natürliche Werte

von der Verwendung des Funktionsbegriffs unabhängige Eigenart auf, die biologische Gegenstände auszeichnet, und machen den Funktionsbegriff von dieser Eigenart abhängig. Solche Eigenarten können sowohl in der Struktur oder Organisation von Organismen, als auch in Besonderheiten der biologischen Evolution auszumachen sein. Als dritte Möglichkeit wird manchmal versucht, Organismen als relevante Eigenheit inhärente natürliche Werte zuzuschreiben, wie z.B. Wohlergehen, Fortpflanzung und Langlebigkeit. Jeder der drei Ansätze gibt der Frage nach der Funktion einer Komponente eines Organismus eine andere Deutung.

2.1 Der systemanalytische Standpunkt

Aus systemtheoretischer Sicht erlaubt die besondere Struktur von Organismen die Verwendung von Funktionszuschreibungen. Die Frage nach der Funktion einer Komponente wird mittels einer Analyse beantwortet, wie die Komponente in das System eingebettet ist und was sie zu einer Systemleistung beiträgt. Das zu betrachtende System kann ein Organismus oder auch eines seiner Untersysteme, z.B. ein Organ sein.

Beispiel: Homöostase der Körpertemperatur

Eine organismische Systemleistung eines Säugetieres oder Vogels ist es beispielsweise, eine konstante Körpertemperatur zu halten. Ein erheblicher Teil der hierzu nötigen Wärme wird von der Leber bereitgestellt. Die Leber trägt also durch Wärmeproduktion zu der betrachteten Systemleistung bei. Die Wärmeproduktion kann damit als ihre Funktion bezeichnet werden, genauer, als eine ihrer Funktionen. (Andere Funktionen wären die Produktion verschiedener Eiweißstoffe und deren Ausschüttung ins Blut sowie die Ausscheidung chemischer Abbauprodukte bestimmter Nährstoffe über die Galle.) Aber nicht nur die Leber, auch andere Organe tragen zur Konstanz der Körpertemperatur bei. So produzieren auch die Muskeln Wärme, über die Haut wird Wärme abgegeben. Die Wärmeabgabe über die Haut wird weiter erhöht durch Schweißbildung. Auch die Schleimhäute (Hecheln beim Hund) und ggf. bewegliche Körperanhänge mit großer Oberfläche wie die Ohren des Elefanten haben ihre Funktion im Wärmehaushalt.

funktionale Analyse

Zu einer organismischen Systemleistung tragen in der Regel mehrere Komponenten bei, und zwar in koordinierter Weise. Um die Leistung zu erklären, reicht nicht der Verweis auf nur eine Komponente und ihre Wirkung, sondern mehrere Komponenten müssen in ihrem Zusammenspiel analysiert werden. Man spricht von einer *funktionalen Analyse* der Systemleistung. Diese kann auch auf Leistungen von Untersystemen angewandt und somit iteriert werden. Die funktionale Analyse ist der Bezugspunkt der ersten Explikation des Funktionsbegriffs.

Iterierbarkeit der funktionalen Analyse

Jeder der genannten funktionalen Beiträge zur Homöostase der Körpertemperatur kann selbst als eine Systemleistung betrachtet werden, nämlich als eine solche eines Subsystems. Diese kann

wiederum funktional analysiert werden. Zur Leistung der Leber, Wärme zu produzieren, tragen verschiedene chemische und elektrochemische Prozesse bei. Einige sind wiederum in Teilschritte zerlegbar.

Es ist nicht festgelegt, auf welcher Ebene eine Systemleistung ausgezeichnet wird und es ist auch keine höchste Ebene ausgezeichnet. Es zeigt sich lediglich, dass die funktionale Analyse iterierbar ist, nicht aber, wo die Iteration endet.

Die funktionale Analyse ist zunächst eine Methode der Physiologie, der biologischen Teildisziplin, die sich mit den Funktionen biologischer Strukturen beschäftigt. Um den zu Grunde liegenden biologischen Funktionsbegriff zu fassen, hat Robert Cummins die daraus ablesbaren Charakteristika in einer Explikation des Funktionsbegriffs zusammengefasst. Dieser Ansatz wird nun ebenfalls als funktionalanalytischer Ansatz bezeichnet.

Was eine Komponente eines Systems *bewirkt*, kann als ihre systemische Rolle bezeichnet werden. Komponenten haben grundsätzlich viele Rollen, z.B. auch die, zur Masse und damit zum Gewicht des Systems beizutragen, ebenso zu seinem Volumen, in manchen Fällen zu seiner Farbe – die Liste ließe sich fortsetzen. Funktionen sind nach Cummins nun alle solche Rollen der Komponenten, die als Beiträge zu Systemleistungen beschrieben werden. Er hat seine Explikation semiformal dargestellt, wie unten wiedergegeben. (Diese Art der Darstellung erleichtert das Erfassen der Struktur der Explikation und den Vergleich verschiedener Ansätze, erlaubt aber gerade keine formalen Ableitungen, da zahlreiche nicht definierte aber dennoch inhaltlich bestimmte Relationen eingesetzt werden.)

Vielfalt der systemischen Rollen

Der Funktionsbegriff nach Robert Cummins (1975):

x funktioniert in s als Φ (oder: die Funktion von x in s ist zu Φ -en) bezüglich einer Analyse A von s 's Fähigkeit (Systemleistung) zu Ψ -en genau dann, wenn

x in s Φ -en kann und A zur angemessenen und hinreichenden Beschreibung der Fähigkeit von s zu Ψ -en auf die Fähigkeit von x zu Φ -en zurückgreift.

Um Cummins' Formel anhand des Standardbeispiels zu erläutern wird „Herz“ für x gesetzt, eine Bezeichnung eines Tieres mit Herz für s : Das Herz funktioniert in einem Hund als Blutpumpe (... [eine] Funktion des Herzens in einem Hund ist es, Blut zu pumpen) bezüglich einer physiologischen Analyse der Fähigkeit des Hundes, seine peripheren Gewebe mit Sauerstoff und Nährstoffen zu versorgen, genau dann, wenn es im Hund Blut pumpen kann und die physiologische Analyse der Versorgung der peripheren Gewebe zur angemessenen und hinlänglichen Beschreibung auf die Fähigkeit des Herzens, Blut zu pumpen, zurückgreift. Die Funktion muss dabei keinesfalls immer aktualisiert sein, es besteht lediglich die Anforderung, dass die Disposition besteht, die Funktion also aktualisierbar ist.

Disposition

**Bezug auf
analytische
Beschreibung**

Cummins hatte den expliziten Bezug auf eine *analytische Beschreibung* einer Systemleistung eingeführt, um überhaupt Funktionen von beliebigen weiteren Rollen unterscheiden zu können. Ein Problem ergibt sich nun daraus, dass er nicht definiert, was als Systemleistung gelten kann. Diese kann ja nicht selbst als Funktion individuiert werden ohne in einen definitorischen Zirkel oder infiniten Regress zu geraten. Cummins ermöglicht die Beendigung des Regresses, indem er von der Ebene dessen, was Funktion bzw. Systemleistung *ist*, auf die Ebene wechselt, was als Systemleistung *beschrieben* wird, denn dies ist immer eine bestimmte Leistung. Als Systemleistung kann alles gelten, was biologische Theorien als Leistung ausweisen und funktional analysieren. Kriterium ist ausschließlich die theoretische Behandlung mittels eines wissenschaftlichen Modells. De facto mögen zwar nur solche Leistungen funktional analysiert worden sein, die physiologisch relevant sind. Nichts innerhalb des Ansatzes spricht aber dagegen, die angesprochenen Systemeigenschaften wie Masse und Volumen ebenfalls als Leistung zu klassifizieren und funktional zu analysieren. Ebenso spräche nichts dagegen, auch komplexe Eigenschaften nicht-biologischer, z.B. rein physikalischer Systeme, beispielsweise solche eines Atoms oder des Sonnensystems, funktional zu analysieren.

Problem: Anwendbarkeit des funktionalen Analyse auch in der Physik

Bezogen auf die „Leistung“ eines Atoms, Lichtquanten einer bestimmten Wellenlänge zu absorbieren, hätte ein Elektron nach Cummins die „Funktion“, die Energie durch Wechsel in ein anderes Orbital aufzunehmen. Andererseits gilt auch für organismische Leistungen: Liegt faktisch keine funktionale Analyse der Leistung vor, so *haben* die beteiligten Komponenten Cummins zufolge auch keine Funktionen.

Probleme

**epistemisch
und
ontologisch
subjektiv**

Diese Überlegungen verweisen auf zwei Probleme des systemanalytischen Ansatzes: er ist nicht hinreichend selektiv, und Funktionalität wird ontologisch abhängig vom tatsächlichen Vorliegen einer funktionalen Analyse. Ob eine solche Analyse angefertigt wird, ist aber auch von der Entscheidung einzelner Wissenschaftler abhängig. Ohne diese Analyse sind Funktionen diesem Ansatz zufolge also weder individuierbar noch existent. Sie sind epistemisch und ontologisch subjektiv.

Ein weiterer Einwand wiegt schwer, gerade weil er die Behandlung einer für die Physiologie zentralen Unterscheidung trifft: diejenige zwischen Funktion und Fehl- oder Dysfunktion. Physiologen sprechen von Nieren- oder Herzinsuffizienz, Schilddrüsenüber- und -unterfunktion, einer Unterfunktion der Pflanzenwurzeln bei beschädigten Wurzelhärcchen usw. Damit dies möglich ist, muss mit einer Funktionszuschreibung eine Norm verbunden sein: Eine physiologische Funktion kann erfüllt oder nicht erfüllt werden, sie kann auch bloß teilweise, zu einem bestimmten Grad erfüllt oder gar übererfüllt werden. Cummins' Explikation gibt

keine Handhabe, diese Rede zu rekonstruieren. Sie verfehlt damit, obwohl sie einige Aspekte tatsächlicher biologischer Funktionsbeschreibung zur Grundlage nimmt und somit zur Rekonstruktion einer Reihe von Funktionsaussagen fruchtbar eingesetzt werden kann, in einem wesentlichen Punkt den Gehalt des biologischen Funktionsbegriffs.

**Fehlende
Normativität**

2.2 Der ätiologische (historisch-evolutionäre) Standpunkt

Das heute meistdiskutierte Paradigma zum Funktionsbegriff berücksichtigt den normativen Aspekt des Funktionsbegriffs und erlaubt deshalb auch die Rekonstruktion der Rede von Dysfunktionen. Es bindet Funktionalität an die evolutionäre Vorgeschichte von Funktionsträgern. Nach der Evolutionstheorie von Darwin und Wallace gilt Folgendes: Organismen stammen von ihnen ähnlichen Organismen ab, und die Komponenten eines Organismus entsprechen hinsichtlich ihrer Morphologie und Wirkung gleichen oder ähnlichen Komponenten im bzw. in den Vorfahren. Modifikationen innerhalb der Abstammungslinien und damit der Artwandel kommen durch Variation der Merkmale und natürliche Selektion zustande, da in einer Population ähnlicher, aber nicht gleicher Organismen diejenigen Individuen höhere Überlebenschancen haben, deren Merkmale am besten zu den Umweltbedingungen passen. Ein Merkmal, und damit auch jede Komponente eines Organismus, bleibt demzufolge nur dann über eine große Zahl von Generationen hinweg erhalten, wenn seine Wirkung im Organismus oder in der Auseinandersetzung des Organismus mit seiner Umwelt dessen Überlebenschancen erhöht.

Die evolutionäre Perspektive erlaubt es also, die Ätiologie, die kausale Vorgeschichte eines Merkmals zu untersuchen. Ätiologische Theorien des Funktionsbegriffs greifen darauf zurück. Funktion ist in dieser Perspektive diejenige Wirkung einer Komponente, die dazu beigetragen hat, dass die Komponente weiterhin vorhanden ist, also die im Selektionsprozess herausgebildete angestammte Rolle der Komponente (z.B.: das Herz hat die Funktion, Blut zu pumpen, da es wegen der entsprechenden Wirkung im Selektionsprozess erhalten geblieben ist).

**Selektions-
relevante Rolle
einer Kompo-
nente**

Grundannahmen ätiologischer Ansätze:

- Jeder Organismus hat mindestens einen Vorfahren.
- Jede Komponente eines Organismus hat ein nahezu identisches Pendant im Vorfahren des Organismus.
- Jede Wirkung (physikalisch und/oder chemisch) einer Komponente in einem Organismus ist ähnlich oder gleich der Wirkung, welche die Vorgängerkomponente im Vorfahren hatte.

- Organismen, die diese Komponente hatten, wurden im Evolutionsprozess selektiert, da die Wirkung der Komponente die Überlebenschancen erhöhte.

Terminologische Vereinbarung der ätiologischen Ansätze:

- Wirkungen von Komponenten, die (über den Umweg der Selektion der Organismen) dazu beitragen bzw. beigetragen haben, dass Komponenten dieses Typs (weiterhin) vorhanden sind, heißen „Funktionen“.

Dysfunktion

Durch den Rückgriff auf frühere Instantiierungen der funktionalen Komponente und auf deren Wirkungen wird mit diesem Ansatz eine Norm bereitgestellt, an dem die Funktion einer gerade betrachteten Komponente gemessen werden kann. Hat das Herz eines betrachteten Individuums nicht die Wirkung, die Herzen in anderen Individuen derselben Art „schon immer“ hatten, ist beispielsweise die Pumpleistung signifikant geringer, so liegt eine Dysfunktion vor. Im Gegensatz zu Cummins' funktionsanalytischem Ansatz erlauben ätiologische Ansätze also, die Rede von Dys- oder Fehlfunktionen, Unter- und Überfunktionen und Funktionsausfällen zu rekonstruieren.

Es wurden mehrere Varianten des ätiologischen Ansatzes entwickelt. Die erste breit rezipierte Version stammt von Larry Wright (1973):

Larry Wright (1973):

„Die Funktion von X ist Z“ hat die Bedeutung:

- (W1) X ist vorhanden, weil es Z (die Wirkung) vollführt,
- (W2) Z ist eine Folge davon, dass X vorhanden ist.

Der Bezug auf einen Selektionsprozess ist zunächst nur implizit vorhanden (die Anwendbarkeit des Ansatzes sollte nicht auf den Bereich der Evolutionsbiologie beschränkt sein), wurde aber in einer späteren Arbeit verdeutlicht (Wright 1975/76). Wrights Formulierung sollte, so berühmt sie auch geworden ist, nur als Gedächtnisstütze verwendet und nicht als Versuch einer eindeutigen Begriffsexplikation verstanden werden, denn sie ist unsauber und interpretationsbedürftig. Insbesondere müssen folgende beiden Punkte geklärt werden: (a) Bezieht sich „X“ auf individuelle Komponenten (Instantiierungen oder *token*) oder auf Typen oder Sorten von Komponenten? (b) Wie ist das „weil“ in (W1) zu verstehen: ursächlich, begründend, gar zielursächlich?

Zunächst zu (b): In Anwendung auf biologische Funktionen ist das „weil“ laut Wrights späterer Klärung kausal zu verstehen und bezieht sich auf evolutionäre Ursächlichkeit. Zur type-token Unterscheidung (a): Es gibt mehrere Möglichkeiten, hier eine Klärung zu versuchen, alle erfordern aber Eingriffe in (W1)

und/oder (W2). Nur ein Präzisierungsversuch sei hier angeführt, der alle Aussagen auf *token* der funktionalen Komponente bezieht.

Wright-Ansatz, *token*-Interpretation:

„Die Funktion von x-en ist Z“ hat die Bedeutung:

(W'1) x ist vorhanden, weil frühere x-e Z vollführt haben

(W'2) Z ist jeweils eine Folge davon, dass ein x vorhanden ist.

Mitgedenken ist jeweils, dass x-e immer als Komponenten von Organismen betrachtet werden.

Beispiel für die *token*-Interpretation von Wrights Formel: Fidos Herz

Die Herzen von Fidos Vorfahren haben Blut gepumpt. Dies ist evolutionär die Ursache davon, dass auch Fido ein Herz hat (W'1). Zugleich ist das Blutpumpen in Fido eine Folge davon, dass Fido ein Herz hat (W'2). Damit ist es die (eine) Funktion von Fidos Herz, Blut zu pumpen.

Trotz wohlwollender Interpretation bleibt jedoch unbefriedigend, dass Wrights Funktionsbegriff zu weit ist, wie folgendes Beispiel zeigt: Herzen (oder Herzklappen) machen auch Geräusche. Ohne diese Geräusche zu produzieren können sie kein Blut pumpen. Damit sind Herzen heute nur deshalb vorhanden und machen Schlaggeräusche, weil schon frühere Herzen diese Geräusche gemacht haben. Wenden wir hierauf Wrights Explikation an, so wäre es auch eine Funktion des Herzens, Geräusche zu machen. Das jedoch sieht die Physiologie anders – und es geht ja um eine Rekonstruktion des Funktionsbegriffs, wie er in biologischen Theorien angewendet wird. Es wurden deshalb eine Reihe weiterer ätiologischer Funktionstheorien entwickelt mit dem Anspruch, unter den Wirkungen biologischer Organe und Merkmale genau diejenigen als Funktionen auszuzeichnen, die auch in der biologischen Fachwelt als solche gelten.

Die wichtigste dieser Weiterentwicklungen stammt von Ruth Millikan. Sie definiert einen Begriff der *eigentümlichen Funktion*: Die eigentümliche Funktion eines biologischen Merkmals ist diejenige Rolle, für die es im Evolutionsprozess selektiert wurde.

**zu großer
Begriffsumfang**

**eigentümliche
Funktionen
(proper
functions)**

Millikans Terminologie:

Millikans hier mit „eigentümliche Funktion“ übersetzter englischer Terminus lautet „proper function.“ Das „proper“ möchte sie verstanden wissen wie in „proper name“ („Eigenname“; es bietet sich also auch die Übersetzung „Eigenfunktion“ an). Es soll anzeigen, dass diese Funktion ihrem Träger eigentümlich ist oder anhaftet. Oft wurde, durch Millikans Wortwahl fehlgeleitet, der Gegensatz in einer „improper function“ gesehen, die als Dysfunktion aufgefasst wurde. Der Gegensatz ist aber die „accidental function“, eine bloß ausgeübte Funktion, die dem Funktions-träger nicht wesentlich zu Eigen ist.

Bevor wir aber auf die Definition zu sprechen kommen, soll der Punkt beleuchtet werden, in dem sich Millikans Charakterisierung von Funktionen von Wrights Ansatz am deutlichsten unterscheidet:

Das Spezifikum von Millikans Ansatz:

Nach Wright übt jeder Funktionsträger seine Funktion auch aus. Bei Millikan entfällt die Aktualitätsbedingung. Die einmal evolutionär erworbene eigentümliche Funktion bleibt Funktion des Merkmals, selbst wenn ihr dessen aktuelle Rolle nicht entspricht. Es gibt nicht einmal eine Aktualisierbarkeitsbedingung, es muss keine Disposition zur Ausübung der Funktion vorliegen. Die eigentümliche Funktion bleibt selbst dann erhalten, wenn sie aufgrund weiterer evolutiver Modifikationen gar nicht mehr erfüllt werden kann. Es können lediglich weitere eigentümliche Funktionen hinzukommen.

Einen größeren Exkurs benötigt Millikan, um das Abstammungsverhältnis zu klären, das als zwischen Komponenten von Organismen bestehend vorausgesetzt wird, wenn die Organismen selbst in einer Abstammungslinie stehen.

Die Abstammungsbeziehung laut Millikans Ansatz

Millikan definiert zwei Begriffe von „reproduktiv etablierten Familien“ (REF): Eine „REF erste Ordnung“ ist eine Menge von Entitäten, die reproduktiv auseinander hervorgehen und deren Eigenschaften unmittelbar voneinander abgeleitet sind.

Beispiel einer REF erster Ordnung: eine Menge von Genkopien, die durch Replikation eines ersten Exemplars auseinander hervorgegangen ist. Mit „Genkopien“ sind hier strukturgleiche oder -ähnliche Abschnitte von DNA gemeint. Die Struktur wird im Kopiervorgang unmittelbar vom kopierten Molekül abgeleitet.

Eigentümliche Funktionen

Millikan definiert nun ihren Begriff der eigentümlichen Funktion eines Mitglieds m einer REF als eine solche Wirkung oder systemische Rolle der Mitglieder einer REF, die von Vorfahren von m ausgeübt wurde, und deren Ausübung kausal darauf Einfluss hatte, dass m hervorgebracht wurde.

Beispiel: Die Rollen, mit denen Gene zu Leistungen von Organismen beitragen, sind damit als eigentümliche Funktionen dieser Gene ausgewiesen. Dies können z.B. regulatorische Funktionen oder Matrizenfunktionen in der Proteinbiosynthese sein.

Allerdings schreiben Biologen keineswegs nur Genen Funktionen zu. Andere Funktionsträger wie Enzymmoleküle und Organe sind jedoch nicht Mitglieder einer REF erster Ordnung. Sie gehen nicht unmittelbar als Kopien auseinander hervor, sondern werden in komplexen ontogenetischen und physiologischen Prozessen jeweils neu gebildet. Deshalb führt Millikan einen weiteren Begriff ein, der

es erlaubt, nicht nur Gene, sondern auch phänotypische Merkmale zu REFs zusammenzufassen: den Begriff einer REF höherer Ordnung.

REF höherer Ordnung

Eine reproduktiv etablierte Familie höherer Ordnung ist eine Menge von Entitäten, die Produkt einer REF erster Ordnung sind, sofern es die eigentümliche Funktion der Mitglieder der REF erster Ordnung ist, Mitglieder der REF höherer Ordnung zu produzieren.

Damit ist die Anwendbarkeit von Millikans Funktionsbegriff auf alle genetisch fixierten Merkmale von Organismen ausgeweitet. Da diese Funktionen ihren Trägern eigentümlich sind, handelt es sich hier um ontologisch objektive Funktionen. Sie sind auch epistemisch objektiv, da verbindliche Individuationskriterien angegeben werden.

**ontologisch
und episte-
misch objektiv**

Im Gegensatz zu Wright unterscheidet Millikan klar zwischen *type* und *token* eines Merkmals und klärt die vorliegenden Kausalverhältnisse. Problematisch bleibt das genannte Spezifikum der fehlenden Berücksichtigung der Aktualisierbarkeit von Funktionen. Nach ihrem Ansatz hätten unsere Gehörknöchelchen immer noch die eigentümliche Funktion, die Bewegung des Unterkiefers zu ermöglichen, da sie (vermutlich) aus dem primären Kiefergelenk der Fische hervorgegangen sind. Um diesem Einwand zu entgehen, wurden verschiedene Modifikationen des Ansatzes entwickelt. Das Problem wird im „recent history approach“ umgangen (z.B. Peter Godfrey-Smith 1994): hier zählt nicht die gesamte evolutionäre Vorgeschichte einer Merkmals als relevant für die Zuschreibung von eigentlichen Funktionen, sondern lediglich die jüngere evolutionäre Vergangenheit. Im Falle der Gehörknöchelchen der Säugetiere wäre dann die Kiefergelenks-Funktion schon „ausgeblichen“, da sie nur in der älteren Vorgeschichte eine Rolle gespielt hat.

**Modifikationen
des ätiologi-
schen Ansatzes**

**jüngere
evolutionäre
Vorgeschichte**

Ein weiterer Einwand wird in Form eines Gedankenexperiments vorgebracht, das ein zwar beliebig unwahrscheinliches, aber kein undenkbares Szenario entwirft:

Das Gedankenexperiment über die „Sumpforanismen“:

Stellen Sie sich vor, per Zufall ordneten sich Atome spontan genau in derselben Weise an wie in einem bestehenden biologischen Organismus, z.B. einem Bakterium. (Solche als spontan entstanden vorgestellten Doppelgänger werden in Anlehnung an frühere Vorstellungen von spontaner Urzeugung als *Sumpforanismen* bezeichnet.) Haben die Komponenten dieses „spontanen Doppelgänger-Bakteriums“ Funktionen? Die meisten von uns wären vermutlich geneigt, hier keine Unterschiede in der Funktionszuschreibung bezüglich der Komponenten des biologisch generierten und des spontan entstandenen Bakteriums zu machen. Dennoch erlauben es weder Wrights noch Millikans Ansatz (auch nicht bei Berücksichtigung bloß der jüngeren Evolutionsgeschichte), den Komponenten des spontan entstandenen Bakteriums Funktionen zuzuschreiben, da keine Abstammungslinie vorhanden ist.

**evolutive
Neuheiten**

Dieses Beispiel kann vielleicht mit der Begründung zurückgewiesen werden, es sei völlig unrealistisch. Ein ähnliches Problem tritt aber bezüglich evolutiver Neuheiten auf: ein neues Merkmal gehört keiner REF an, es kann demnach auch keine eigentümliche Funktion haben. Diese Klassifizierung erscheint z.B. für die ersten Federn, die eine Rolle in der Wärmeregulation gespielt haben mögen, problematisch.

**evolutionäre
Zukunft**

Auch solchen Einwänden begegnet eine Variante des ätiologischen Ansatzes: Sie bemüht nicht die evolutionäre Vorgeschichte, sondern die anzunehmende evolutionäre Zukunft eines Merkmals als Kriterium für die Zuschreibung von Funktionen: Eine Funktion wäre demnach ein solcher Beitrag eines Merkmals zu einer organismischen Leistung, der zur biologischen Fitness des Organismus beiträgt (Bigelow und Pargetter 1987). Auch hier können allerdings sofort Fälle angeführt werden, in denen dies zu kontraintuitiven Ergebnissen führt. Wie sieht es dann mit Merkmalen von sterilen Organismen aus, z.B. mit solchen von Arbeiterbienen oder von sterilen Bastarden wie Maulesel oder Rackelhuhn (Auerhenne gekreuzt mit Birkhahn)? Biologische Fitness im Sinne von zu erwartendem Fortpflanzungserfolg kommt solchen Individuen nicht zu. Haben deshalb ihre Herzen keine Funktion? Die Möglichkeit, in solchen Fällen ersatzweise auf die evolutionäre Vorgeschichte als Kriterium für Funktionalität zurückzugreifen, wird durch Peter McLaughlins ultimativen anti-ätiologischen Organismus versperrt: das spontan entstandene Maultier. Es hat weder evolutionäre Vorgeschichte noch eine solche Zukunft.

Unbrauchbarkeit der ätiologischen Norm

2.3 Natürliche Werte als Bezugspunkt

Die ätiologischen Ansätze führen zwar zu normativen Funktionsbegriffen, die auch die Rede von Dysfunktion zulassen. Die Frage ist aber, ob die Normativität des Funktionsbegriffs hier tatsächlich auf eine adäquate Basis gestellt wird. Zwei Einwände werden häufig erhoben:

- a) Biologen haben Komponenten von Organismen Funktionen zugeschrieben lange bevor die Evolutionstheorie sich durchsetzen konnte, insbesondere lange bevor die Selektionstheorie aufgestellt wurde. Vor diesem Zeitpunkt konnten Funktionszuschreibungen gar nicht ätiologisch gerechtfertigt werden.
- b) Zwar kann die historisch etablierte systemische Rolle von Komponenten eines bestimmten Typs zum Maßstab für die Beurteilung späterer Token genommen werden, die Normativität selbst aber, die diesem Maßstab zuerkannt wird, ist nicht aus der Naturbeschreibung ableitbar. Es ist zusätzlich eine Erhebung des historisch

Beschriebenen zur Norm erforderlich, die jedoch bei der Darlegung des Ansatzes unterschlagen wird. Dies korrumpiert den reklamierten Naturalismus des Ansatzes.

Dieser Kritik zufolge scheitert also nicht nur der funktional-analytische, sondern auch der ätiologische Ansatz an der Normativität des Funktionsbegriffs. Mark Bedau kommt deshalb zu dem Schluss, man müsse, wolle man die Normativität des Funktionsbegriffs verstehen, einen Rekurs der funktionalen Rede auf natürliche Werte unterstellen. Einer Komponente könne nur dann eine Funktion in einem Organismus zugeschrieben werden, wenn sie für ihn einen intrinsischen Wert oder Nutzen habe. Dieser Wert müsse als echte, nicht eliminierbare natürliche Eigenschaft verstanden werden (Bedau 1991; 1992). Diese ontologisch höchst problematische Position soll hier nicht deshalb vorgestellt werden, weil sie zur Fundierung des biologischen Funktionsbegriffs tatsächlich geeignet wäre – fast alle auf dem Gebiet des Funktionsbegriffs arbeitenden Wissenschaftstheoretiker bestreiten dies –, sondern weil sie die Problematik der Normativität des Funktionsbegriffs auf ganz andere Weise beleuchtet als Millikans Ansatz.

Bedau entwickelt lediglich den ersten Schritt zu einer Werttheorie, ohne sie jedoch soweit auszuführen, dass die Anwendbarkeit eines solchen Ansatzes auch nur plausibel würde. Sein naturalistischer Wertbegriff ist nur dann erfüllt, wenn eine Entität ihr eigenes Gut hat und wenn weiterhin dieses Gut nicht von Interessen anderer abhängt, also weder vom Interesse des beschreibenden Wissenschaftlers, das bei Cummins ins Spiel kam, noch vom Interesse von Nutzern der Tiere, Fressfeinden, etc. Natürlichen Wert hat dann alles, was ein solches Gut befördert.

**Werte als
nicht elimi-
nierbare
natürliche
Eigenschaften**

Bedaus Explikation von „X ist gut für Y“:

- (i) Y ist ein Ding solcher Art, dass es seine eigenen Interessen hat (ein eigenes „Gut(es)“);
- (ii) Y's Gut ist unabhängig von Werten, die einen dritte Partei (ein Nutzer, ein Betrachter) mit ihm verbinden mag;
- (iii) X ist in Y's Interesse, d.h., X trägt zur Verwirklichung von Y's Interessen bei oder ist (Teil von) Y's Interesse.

Als „intrinsische Interessen“ von Pflanzen sieht Bedau beispielsweise Überleben und Gedeihen. Hierzu trägt u.a. Wasser bei. Wasser befördere somit das Interesse der Pflanze oder sei in ihrem Interesse (was nicht auch heiße, das die Pflanze Einstellungen wie ein „Interesse an“ Wasser habe). Ein Wasserstrudel habe im Gegensatz dazu kein intrinsisches Interesse oder Gut für sich selbst. Bedau möchte zumindest festhalten, *dass* wir offenbar in dieser Einschätzung weitgehend übereinstimmen. *Warum* sich Organismus

und Wasserstrudel in dieser Hinsicht unterscheiden, könne auf dieser Ebene jedoch nicht beantwortet werden. Diese Antwort erfordere eine ausgearbeitete Werttheorie.

Hierzu ist anzumerken, dass dieser Unterschied ja allgemein anerkannt wird, eine Explikation des Funktionsbegriffs diesen aber gerade erklären soll. Zumindest soll sie es erlauben, die Abgrenzung des Bereichs vorzunehmen, in dem Funktionalität zu Recht zugesprochen werden kann. Solange Werte nicht ausgewiesen, sondern bloß ihre Existenz postuliert wird, ohne dass ein Kriterium aufgestellt würde, das ihre Individuation erlaubt, hat Bedaus Ansatz keinen Erklärungswert. Analog zum obigen Kritikpunkt (a) ist deshalb zu fragen, ob es nicht ein starkes Argument gegen die Richtigkeit von Bedaus Ansatz ist, dass Biologen Funktionen zuschreiben, obwohl die Werttheorie, die diesen Zuschreibungen erst die Grundlage sichern soll, auch nach Bedaus eigener Aussage gar nicht verfügbar ist.

2.4 Zusammenfassung der Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Ansätze

In der folgenden Tabelle ist aufgeführt, welches der bei einzelnen Ansätzen besprochenen Probleme des Funktionsbegriffs jeder der Ansätze befriedigend („ja“) oder nicht befriedigend („nein“) löst.

	Funktionale Analyse (Cummins)	Ätiologischer Ansatz (Millikan)	Werteansatz (Bedau)
Biologischem Gebrauch entsprechend	ja (aber nur die Grundannahme)	nein	nein
Normativität	nein	ja	ja
Adäquat beschränkter Anwendungsbereich	nein	ja	unklar
Aktualisierbarkeit- bedingung	ja	nein	ja (hier nicht besprochen)
Funktionen von evolutiven Neuheiten und in „spontanen Doppelgängern“	ja	nein	ja
Epistemische Objektivität	nein	ja	ja
Abbilden der ontologischen Voraussetzungen der Biologie	ja	ja (bedingt)	nein

2.5 Die so genannte funktionale Erklärung

Eine etwas anders gelagerte Debatte muss noch angesprochen werden, denn sie bildet den Ausgangspunkt der gesamten besprochenen Diskussion um den Funktionsbegriff: die Debatte um die so genannte funktionale Erklärung. Diese versteht biologische Funktionsaussagen als Erklärungen der Existenz des Funktionsträgers aus seiner Wirkung. Es wird damit versucht, Funktionsbeschreibungen auf Beschreibungen von Wirkungen und Bedingungen zur Erfüllung dieser Wirkung aufzufassen und so von jeder Konnotation der Zielgerichtetheit zu befreien.

Carl Gustav Hempel (1959) unternimmt den Versuch, die funktionale Erklärung an das Schema der deduktiv-nomologischen Erklärung anzubinden, um die Wissenschaftlichkeit von Funktionsaussagen zu überprüfen. Das Ergebnis ist jedoch ein nicht gültiges Schlusschema und ein entsprechendes Verdikt über biologische Funktionsaussagen.

Erklärung der Existenz des Funktionsträgers

ein ungültiges Schlusschema

Die funktionale Erklärung nach Hempel

Alle normalen Wirbeltiere haben zirkulierendes Blut
Alle Herzen bewirken Blutzirkulation
Fido ist ein normales Wirbeltier

also hat Fido ein Herz

Hempel stellt fest, dass der Schluss ungültig ist. Geschlossen werden könne allenfalls nach einem modifizierten Schema auf das Vorhandensein eines Elements der Klasse Blut bewegender Strukturen, also funktionaler Äquivalente von Herzen.

Hempel schlägt noch eine abgeschwächte Version vor, in der auch die multiple Realisierbarkeit von Funktionen berücksichtigt ist. Das Schlusschema ist zwar gültig, aber trivial. (Der Schluss führt z.B. (verkürzt) von der Prämisse, dass Blut zirkuliert, zu der Konklusion, dass etwas die Blutzirkulation Bewirkendes vorhanden ist.)

Auch Ernest Nagel (1961) deutet Funktionsaussagen als solche über die Notwendigkeit des Vorhandenseins einer bestimmten Komponente für den Vollzug einer Systemleistung. Das Vorhandensein von Chlorophyll sei notwendige Bedingung für den Ablauf der Photosynthese. Nichts anderes sei mit der Aussage gemeint, dass Chlorophyll die Funktion habe, Photosynthese auszuführen (bzw. zur Photosynthese beizutragen). Allerdings sind Funktionen multipel realisierbar. Es gehört zu unserem Konzept von Funktionalität, dass dieselbe Funktion prinzipiell von unterschiedlichen Funktionsträgern ausgeübt werden kann (vgl. Carrier 2000). Auch Hempel hatte dies ja in der abgeschwächten Form seines Schlusschemas berücksichtigt. Selbst wenn für Chlorophyll faktisch keine Alternative in der Evolution aufgetreten sein sollte (was bei Einbeziehung der bakteriellen Photosynthese nicht

Schluss auf ein Element der Klasse funktionaler Äquivalente

Funktionalität als Erfüllung notwendiger Bedingungen

stimmt), hieße dies noch nicht, dass keine andere Realisierung der wasserspaltenden Funktion möglich wäre. Auch Nagels Anbindung von Funktionalität an notwendige Bedingungen scheitert.

Die ätiologischen Ansätze bauen auf jenen der funktionalen Erklärung auf. Sie versuchen aber nicht mehr, das Vorhandensein funktionaler Komponenten durch ihre physiologische Wirkung zu begründen. Ihr Rekurs auf Wirkungen früherer Instantiierungen dient dazu, die Herkunft der Funktionen zu erläutern. Nur Wrights Version des ätiologischen Ansatzes von 1973 zeigt noch größere Nähe zum Ansatz der funktionalen Erklärung.

3 Die aktuelle Diskussion

Die wissenschaftstheoretische Debatte um den Funktionsbegriff hat offenbar noch nicht zu einem befriedigenden Ende geführt. Verschiedene Explikationen des Funktionsbegriffs stehen nebeneinander. Der Austausch der Argumente hat die meisten Akteure der Debatte zu der Einsicht geführt, dass keiner der Ansätze die biologische Rede von Funktionen in all ihren Aspekten erfasst. Deshalb wird derzeit versucht, Lehren aus den erarbeiteten Resultaten zu ziehen und neue Impulse aus einem Vergleich biologischer Funktionszuschreibungen mit solchen in den Technikwissenschaften zu gewinnen. Dies führt unter anderem zu einem Überdenken der Frage, was der angemessene epistemische und ontologische Status von Funktionen ist. Auf verschiedenen Ebenen zeichnen sich mögliche Resultate der Debatte ab, auch neue Ansätze, die nun Lehren aus der besprochenen Diskussion ziehen.

3.1 Funktionenpluralismus

Nimmt man den Spielraum der Interpretation von Funktionsausagen als mit den vorliegenden Ansätzen ausgeschöpft an (und akzeptiert zugleich die Einwände gegen jede der Positionen), so erscheint ein pluralistischer Ansatz den Ausweg zu bieten: die Annahme, es gebe nicht nur einen biologischen Funktionsbegriff, sondern mindestens zwei, den systemanalytischen und den ätiologischen (der Werteansatz wird in der Regel aus den genannten Gründen nicht für adäquat erachtet). Genau genommen müssen noch mehrere Unterarten des ätiologischen Ansatzes mit einbezogen werden. Die pluralistische Position wird jetzt z.B. von Ruth Millikan vertreten (in: Ariew et al. 2002).

Tatsächlich ist es nicht geklärt, ob in der Biologie bloß einer oder aber mehrere Funktionsbegriffe verwendet werden. Die erwähnte Form des Pluralismus kann aber keinesfalls die genannten Probleme lösen. Es werden nämlich in einem solchen synthetischen Funktionsbegriff nicht bloß die Vorteile beider Ansätze vereinigt,

sondern auch Nachteile von beiden Seiten übernommen. So deckt eine plurale Theorie zwar sowohl die Zuschreibung evolutionär etablierter Funktionen ab als auch die Zuschreibung physiologischer Funktionen auf Grund funktionaler Analyse. Sie erkaufte dies aber damit, dass sie sowohl die viel zu weite Anwendbarkeit von Cummins' Begriff übernimmt als auch das Fehlen der Aktualisierbarkeitsbedingung in Kauf nimmt, das an Millikans Ansatz kritisiert wurde. Auch greift der plurale Ansatz auf die Normativität des ätiologischen Ansatzes zurück, ohne das im Abschnitt 2.3 angesprochene Problem zu klären, dass der Normcharakter der Ätiologie dieser selbst nicht zu entnehmen ist. Und er kann zwar sowohl Komponenten von evolvierten Organismen eigentümliche Funktionen zuschreiben als auch die Funktionalität von Komponenten „spontaner Doppelgänger“ erfassen, aber diese werden als zwei unterschiedliche Sorten von Funktionen behandelt. Es werden also weiterhin funktionale Unterschiede zwischen evolviertem Organismus und Doppelgänger konstatiert.

**Kombination
auch von
Nachteilen**

**Beibehaltung
problematischer
Grundlagen**

Scheinlösungen

3.2 Klärung des Verhältnisses zum Funktionsbegriff in der Technik

Lange Zeit galt der Funktionsbegriff der Technik als Bezugspunkt für die Explikation des biologischen Funktionsbegriffs. Hier scheint die Intentionalität des Entwicklers oder des Nutzers die teleologische Rede zu decken. Als ein Hauptproblem bei der Explikation des biologischen Funktionsbegriffs galt es deshalb, einen Ersatz für den Bezug auf die Intentionalität zu finden – z.B. in Form der Berufung auf die evolutionäre Ätiologie eines Merkmals. Inzwischen hat sich jedoch eine theoretische Philosophie der Technikwissenschaften etabliert, die nun ähnlich große Probleme mit der Explikation „ihres“ Funktionsbegriffs hat wie sie bezüglich des biologischen Begriffs bekannt sind. Sie stützt sich sogar in vielen Hinsichten auf die Explikationen des biologischen Funktionsbegriffs (Preston 1998; Kroes und Meijers (Hrsg.) 2006).

**Unklarheit
auch des
technischen
Funktions-
begriffs**

Damit steht eine Klärung des Verhältnisses zwischen den Funktionsbegriffen beider Disziplinen an (Lewens 2004; Kroes und Kroes (Hrsg.), im Erscheinen). Vielleicht kann die parallele Behandlung der Funktionsbegriffe aus Biologie und Technik sogar zu einer vereinheitlichenden Lösung führen.

3.3 Neue Alternativen

Da keiner der besprochenen Ansätze, auch nicht der Funktionenpluralismus, funktionale Rede in der Biologie adäquat rekonstruieren kann, geht die Suche nach Alternativen weiter. Inzwischen liegen drei Ansätze vor, die in unterschiedlicher Weise Aspekte der

**Berücksichtigung
der
Ontogenese**

Selbst-re- produktion

Ontogenese (Individualentwicklung) der Organismen einschließlich der Selbsterneuerung von deren Komponenten berücksichtigen und hieraus teilweise auch einen normativen Maßstab für Funktionalität ableiten. Der unbefriedigende Rekurs auf die evolutionäre Ätiologie kann damit überwunden werden.

Gerhard Schlosser (1998) und Peter McLaughlin (2001) führen Begriffe der Selbstreproduktion ein. Beide konzipieren Selbstreproduktion als Selbstwiederherstellung und Selbsterhalt des Systems, wobei Schlosser zusätzlich die Reproduktion in einer Abstammungslinie einbezieht. An McLaughlins schärfer abgegrenztem Begriff wird der Vorzug eines solchen Ansatzes klar: Unter dem Gesichtspunkt der Selbstwiederherstellung ist jedes Organ selbst Grund für sein Vorhandensein, und zwar ohne dass es dazu aus evolutionärer Perspektive betrachtet werden müsste. Das individuelle Herz wird nur erhalten, solange es schlägt und somit zu seiner Selbstwiederherstellung Nährstoffe herbeischafft – wozu auch eine Vorbedingung ist, dass es zum Erhalt der übrigen Komponenten des Organismus beiträgt. Dieser Ansatz erlaubt eine nicht-evolutionäre, aber dennoch naturalistische Lesart von Wrights Definition.

Typfixiertheit

Einen Schritt weiter geht Krohs (2004), indem er einen innerbiologisch verfügbaren Maßstab aufgreift: Biologische Modelle oder Theorien arbeiten bei der Beschreibung von Ontogenese und Selbsterhalt der Organismen mit einer Unterscheidung von Typen und Instantiierungen der Komponenten. Im einfachen Fall von Proteinmolekülen (*token*) wird deren Typ als in der DNA fixiert beschrieben: die Basensequenz legt die Struktur des Proteins fest. (Diese direkte Form der Typfixierung gilt allerdings nur in seltenen Fällen). Jedes *token* (also ein bestimmtes Molekül) einer Komponente kann an dem als fixiert beschriebenen Typ gemessen werden. Insbesondere kann die systemische Wirkung eines *tokens* mit der zu erwartenden Wirkung eines solchen *tokens* verglichen werden, das den Typ getreu instantiiert. Damit ist bereits in der biologischen Beschreibung eine Norm für Funktionalität enthalten, die es erlaubt, Funktion und Dysfunktion zu unterscheiden. Der Ansatz ist ohne wesentliche Änderungen auch auf Funktionen in der Technik anwendbar.

Eine genauere Analyse und Kritik aller drei ontogenetischen Ansätze steht noch aus.

3.4 Der epistemische und der ontologische Status von Funktionen

Die Untersuchung des Funktionsbegriffs der Technik hat ins Bewusstsein gerufen, dass sich der epistemische Status von Funktionen von ihrem ontologischen Status unterscheiden kann. Funktionen können ontologisch von der Intentionalität des Entwicklers

und/oder Nutzers abhängig sein. Zugleich kann es aber Individuationskriterien geben, die ihnen epistemische Objektivität sichern. In der Wissenschaftstheorie der Biologie wurden hingegen der epistemische und der ontologische Status von Funktionen meist entweder beide als objektiv (Millikan), oder beide als subjektiv rekonstruiert (Cummins).

Die Alternativen sind mit den genannten Positionen aber noch nicht erschöpft. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Funktionen wie in der Philosophie der Technik als nach objektiven Kriterien individuierbar zu rekonstruieren *ohne* zugleich ontologische Objektivität zu reklamieren. Funktionen werden damit zu theoretischen Termen in biologischen Modellen, für deren Individuation es, wie auch für theoretische Terme in physikalischen Modellen, objektive Kriterien gibt (epistemische Objektivität). Als theoretische Terme bleiben sie ontologisch jedoch davon abhängig, ob Modelle, in denen sie eine Rolle spielen, überhaupt aufgestellt werden (ontologische Subjektivität). Ein solcher Ansatz würde vor epistemischer Beliebigkeit bewahren und somit die Wissenschaftlichkeit von Funktionszuschreibungen verteidigen. Ob so tatsächlich vermieden werden kann, mit der Zuschreibung von Funktionen eine ontologische Verpflichtung einzugehen, ist noch nicht abschließend untersucht (vgl. Krohs 2004). Die meisten derzeit publizierenden Biophilosophen wollen allerdings gerade die ontologische Objektivität von Funktionen nachweisen. Auch der Erfolg dieses Projekts ist aber derzeit nicht gesichert.

Die Unabhängigkeit des ontologischen vom epistemischen Status erlaubt auch die umgekehrte Kombination: ontologische Objektivität und epistemische Subjektivität von Funktionen. Der Werteansatz kann als Vertreter dieser Konstellation aufgefasst werden.

**epistemisch
objektiv und
ontologisch
subjektiv**

**epistemisch
subjektiv und
ontologisch
objektiv**

4 Literaturhinweise

Verschiedene Aspekte der wissenschaftstheoretischen Debatte um den Funktionsbegriff sind in dem von Krohs und Toepfer (2005) herausgegebenen Sammelband aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet, insbesondere in den ersten Beiträgen von Peter McLaughlin, Georg Toepfer, und Ulrich Krohs, außerdem aber z.B. in den Beiträgen von Christine Hertler, Frank Bruggeman et al. sowie von Marianne Scharck zur Relation zwischen Organismus und Maschine. Deutsche Übersetzungen einiger wichtiger Originalarbeiten haben Gerhard Schlosser und Michael Weingarten (2002) herausgegeben. Die Debatte um die funktionale Erklärung wird von Peter McLaughlin (2001) aufgearbeitet. An anderem Ort (2002) diskutiert er mit Bedaus Ansatz verwandte Positionen. Mark Perlman (2004) bespricht und klassifiziert zahlreiche, auch weniger aus wissenschaftstheoretischer denn aus naturphilosophischer Perspektive interessierende Positionen. Reichhaltiges Material zum biologischen Zweckbegriff arbeitet Georg Toepfer (2004) auf. Er bietet auch, ebenso wie Peter McLaughlin

(1989), den Einstieg in Kants Abhandlung des Themas in der „Kritik der Urteilskraft“, die neben der Lehre des Aristoteles sicher der bedeutendste philosophische Bezugspunkt der Funktionsdebatte ist.

Die klassischen Vorschläge zur Explikation des Funktionsbegriffs wurden bereits zitiert. Die grundlegenden Texte der behandelten Autoren finden sich auch in den beiden von Colin Allen, Marc Bekoff und George Lauder (1998) und von David Buller (1999) herausgegebenen Sammelbänden, die jeweils noch zahlreiche weitere Originalarbeiten enthalten. Neuere Stellungnahmen haben die Hauptakteure der Debatte zu dem von André Ariew, Robert Cummins und Mark Perlman (2002) herausgegebenen Band beigesteuert. Zur Frage der Dysfunktion siehe auch die Artikel von Karen Neander (1995) und Paul Sheldon Davies (2000).

- Allen, C., Bekoff, M. & Lauder, G. (Hrsg.) (1998) *Nature's purposes. Analyses of function and design in biology*. MIT Press, Cambridge.
- Ariew, A., Cummins, R. & Perlman, M. (Hrsg.) (2002) *Functions: New essays in the philosophy of psychology and biology*. Oxford University Press, Oxford.
- Bedau, M. A. (1991) Can biological teleology be naturalized? *The Journal of Philosophy* 88, 647-655.
- Bedau, M. A. (1992) Where's the good in teleology? *Philosophy and Phenomenological Research* 52, 781-805.
- Bigelow, J. & Pargetter, R. (1987) Functions. *The Journal of Philosophy* 84, 181-196.
- Buller, D. J. (Hrsg.) (1999) *Function, selection, and design*. SUNY Press, New York.
- Carrier, M. (2000) Multiplicity and heterogeneity: On the relations between functions and their realizations. *Studies in the History and Philosophy of Biology and Biomedical Science* 31, 179-191.
- Cummins, R. (1975) Functional analysis. *The Journal of Philosophy* 72, 741-765.
- Davies, P. S. (2000) Malfunctions. *Biology and Philosophy*, 15, 19-38.
- Godfrey-Smith, P. (1994) A modern history theory of functions. *Noûs* 28, 344-362.
- Hempel, C. G. (1959) The logic of functional analysis. In: L. Gross (Hrsg.), *Symposium on sociological theory*. Harper and Row, New York, 271-307. (Wiederabgedruckt in: Hempel, C. G. (1965) *Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science*, Free Press, New York, 297-330.)
- Kroes, P. & Meijers, A. (Hrsg.) (2006) *The dual nature of technical artefacts*, Special issue, *Studies in the History and Philosophy of Science* 37(1), 1-158.
- Krohs, U. (2004) *Eine Theorie biologischer Theorien: Status und Gehalt von Funktionsaussagen und informationstheoretischen Modellen*. Springer, Berlin.
- Krohs U. & Toepfer G. (Hrsg.) (2004) *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Suhrkamp, Frankfurt/Main.
- Krohs U. & Kroes P. (Hrsg.) (im Erscheinen) *Functions and more. Comparative philosophy of technical artifacts and biological organisms*. MIT Press, Cambridge.
- Lewens, T. (2004) *Organisms and artifacts: design in nature and elsewhere*. MIT Press, Cambridge.
- McLaughlin, P. (1989) *Kants Kritik der teleologischen Urteilskraft*. Bouvier, Bonn.
- McLaughlin, P. (2001) *What functions explain: Functional explanation and self-reproducing systems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- McLaughlin, P. (2002) On having a function and having a good, *Analyse und Kritik* 24, 130-143.

- Millikan, R. G. (1984) *Language, thought and other biological categories: New foundations for realism*. MIT Press, Cambridge.
- Nagel, E. (1961) *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation*. Harcourt Brace & World, New York.
- Neander, K. (1995). Misrepresenting and malfunctioning. *Philosophical Studies*, 79, 109-141.
- Perlman, M. (2004). The modern philosophical resurrection of teleology. *The Monist*, 87, 3-51.
- Pittendrigh CS (1958) Adaptation, natural selection, and behavior. In: Roe, A. & Simpson, G. G. (Hrsg.) *Behavior and evolution*. Yale University Press, New Haven, 390-416. (Dieser Beitrag ist nicht in der auszugsweisen deutschen Übersetzung des Bandes (Frankfurt am Main: Suhrkamp 1969) enthalten.)
- Preston, B. (1998) Why is a wing like a spoon? A pluralist theory of function, *The Journal of Philosophy* 95, 215-254.
- Schlosser, G. (1998). Self-re-production and functionality: A systems-theoretical approach to teleological explanation. *Synthese*, 116, 303-354.
- Schlosser, G. & Weingarten, M. (Hrsg.) (2002) *Formen der Erklärung in der Biologie*. Verlag für Wissenschaft und Bildung, Berlin.
- Toepfer, G. (2004) *Zweckbegriff und Organismus: Über die teleologische Beurteilung biologischer Systeme*. Königshausen & Neumann, Würzburg.
- Wright, L. (1973) Functions. *Philosophical Review* 82, 139-168.
- Wright, L. (1975/76) Reply to Grim. *Analysis* 36, 156-157.