

**This is a DRAFT**

The final version was published in: Gadebusch-Bondio, M; Siebenpfeiffer, H.; Fischer, T. (eds.): *Konzepte des Humanen*, 2012, Friburgo/Munich, Editorial Alber, pp. 191-206.  
ISBN 978-3-495-48498-2

**Spyridon Koutroufinis**

## **Organismus-Verständnis zwischen Zweckmäßigkeit und Entropie – eine historisch-theoretische Betrachtung**

### **1. Zum Organismus-Begriff**

Der Organismus-Begriff ist ein biologischer Basisausdruck. Neuere Ergebnisse der Ontogenese-, Kognitions- und Evolutionsforschung haben diesen Begriff wieder ins Zentrum der Aufmerksamkeit gerückt.

Die Begründung des organismischen Verständnisses im Abendland kann erst den Vorsokratikern und nach ihnen hauptsächlich Hippokrates und Aristoteles zugesprochen werden, aber das Wort „Organismus“ entsteht erst im 18. Jh. als ein wissenschaftlich reflektierter Begriff. Der Organismus-Begriff bezieht sich auf die Struktur, d.h. die Elemente und die zwischen ihnen herrschenden Relationen, der Körper von Lebewesen (Scharck 2005, 175).

Allerdings wird jeder, der nach einer scharf umrissenen Definition des biologischen Organismusbegriffes sucht, schnell enttäuscht sein. Dies folgt aus der grundsätzlichen Unverfügbarkeit des Lebendigen, die sich auf alle seine Basisausdrücke, wie z.B. „Leben“ und „Lebewesen“ niederschlägt.

#### **1.1. Eigenschaften des Organismus**

Trotz aller Unschärfe dieses Begriffs kann man annähernd sagen, daß für die moderne Biologie eine physische Entität erst dann als „Lebewesen“ oder als „Organismus“ zu bezeichnen ist, wenn sie folgende Eigenschaften *gemeinsam* aufweist:

- Metabolismus bzw. Stoffwechsel
- Räumliche Selbstbegrenzungen
- Geordnete Formveränderung und Beweglichkeit
- Selbstregulierte hierarchische Organisation
- Verletzbarkeit und Regenerationsfähigkeit
- Erregbarkeit
- Selbstkonstitution in wechselnden Beziehungen zu seiner Umwelt, zu der auch andere Organismen gehören.

Diese Liste könnte fortgesetzt werden. Viel wichtiger erscheint mir jedoch die Ausarbeitung von wesentlichen Grundeigenschaften aller Organismen, die jedem der eben genannten Merkmale und anderen zugrunde liegt.

## **1.2. Zum Wesen des Organismus: *zweckmäßiges* und *antientropisches* Werden**

Durch die *Verbindung* von zwei Grundeigenschaften unterscheidet sich jeder Organismus grundsätzlich von leblosen physischen Ganzheiten, auch wenn diese noch so komplex sind.

### **1.2.a. *Zweckmäßigkeit als durchgehende interne Kohärenz***

Der Organismus-Begriff ist das Synonym für dynamisch geordnete Ganzheiten, die den höchsten uns bekannten Grad gegenseitiger Anpassung der Teile aufweisen.

„Durchgehende interne Kohärenz“ oder einfach „interne Kohärenz“ des Organismus ist ein anderer Ausdruck für „Zweckmäßigkeit“. Dieser außerordentlich zentrale Begriff der Biologie referiert auf die raumzeitliche Anpassung organismischer Funktionen und Teile, durch alle makro- und mikroskopischen Ebenen ihrer Materialität hindurch, ohne notwendig nach der Ursache dieser Tatsache zu fragen.

Ein anschauliches Beispiel interner organismischer Kohärenz ist, dass ein Tier nicht von seinen Beinen bewegt wird, wie ein Fahrzeug von seinen Rädern. Es ist immer der ganze Organismus, bis hin zu den auf der mikrophysikalischen Ebene stattfindenden Bewegungen von Molekülen, auf der bei mobilen Organismen die makroskopische Bewegung beruht. Das trifft für ein Fahrzeug und selbst für einen laufenden Roboter nicht zu, denn beide technischen Systeme bestehen aus vielen starren Teilen, die nichts zur Bewegung beitragen. Ganz anders als ein technisches System tut ein Organismus immer als ganzer etwas.

Ein besonderes Charakteristikum der organismischen Körperlichkeit ist also das Fehlen von kausalen Trennungen zwischen verursachenden und

verursachten materiellen Teilen. Aus diesem Grund lässt sich in einem Organismus keine zentrale materielle Ursache seiner Dynamik finden, die ein zentrifugal organisierendes Zentrum seiner materiellen Beschaffenheit ist.

Diese Einsicht ist vor allem in 20 Jh. verfestigt worden. Immer mehr Biologen verlassen die alte Vorstellung, die den Genen die Rolle eines Programmes zuweist, das die Organisation des restlichen Lebewesens beherrscht.

### **1.2.b. Antientropisches Werden**

Aus der abstrakten Sicht der Theoretischen Physik lässt sich ebenfalls ein wesentliches Vermögen aller Organismen angeben. Eine essentielle Gemeinsamkeit *aller* Lebewesen besteht in ihrer Fähigkeit, autonom die Gegebenheiten ihrer Umgebung selektiv und zweckmäßig in ihr eigenes inneres Werden einzubeziehen, z.B. indem sie sich selbst ernähren. So gleichen sie die Degeneration ihrer materiellen Struktur aus, die dem 1865 von Rudolph Clausius formulierten *zweiten Hauptsatz der Thermodynamik* zufolge notwendig stattfindet. Dieser besagt die Produktion von Entropie bei *allen physikalischen Vorgängen*, wobei Entropie ein Maß für Unordnung, d.h. Unstrukturiertheit, Mangel an innerer Differenziertheit, von physikalischen Objekten ist. Sowohl die Aufrechterhaltung des Metabolismus aller Lebewesen als auch das Wachstum der inneren Ordnung bei der Embryogenese als auch die Evolution der Arten und ihrer Beziehungen zueinander in der Biosphäre kennzeichnen sich durch die Steigerung ihrer inneren Ordnung – kurz: durch *Reduktion ihrer Entropie*. Sie sind also besonders markante *antientropische Vorgänge*.

Mit der Formulierung des zweiten Hauptsatzes entstand folgendes Dilemma:

Jeder Organismus produziert notwendig Entropie, weil er der Physik unterliegt.  
*Wie gelingt es also einem Organismus nicht in der eigenen Entropie zu ersticken*, so dass er stabile Zustände niedriger Entropie erreicht und während eines mehr oder weniger langen Zeitraumes aufrechterhält?

### **1.2.c. Sind beide Wesensmomente gleichberechtigt?**

Beide Wesensmomente müssen eng zusammengehören, denn sie beziehen sich auf die Problematik der organismischen Ordnung, wenn auch aus zwei verschiedenen Perspektiven. Intuitiv neigt man zur Annahme, der zweckmäßige Aufbau eines Organismus ist fundamentaler und das antientropische Wirken ist sein Resultat.

Ist es aber auch denkbar, ausgehend von der physikalisch basalen Vorstellung der Entropie und den inzwischen gut erkannten Bedingungen ihrer Reduktion in physikalischen Gebilden, die Entstehung organismischer Kohärenz als etwas derivatives zu verstehen? *Kann, direkter ausgedrückt, die Biologie physikalisch begründet werden?*

Zahlreiche Physiker, Biophysiker und, was viel wichtiger ist, Theoretische Biologen betrachten Organismen als besondere physikalische Systeme und ihre Strukturbildung als einen *Sonderfall* physikalischer Selbstorganisation.

### 1.3. Selbstorganisation aus thermodynamischer Sicht

Die Idee, dass Lebewesen selbstorganisierte komplexe bzw. dynamische Systeme sind, ist zur tragenden Säule der modernen Theoretischen Biologie geworden.

„Selbstorganisation“ ist ein terminus technicus. Er besagt, daß die Erhöhung der Ordnung eines Systems, d.h. die Reduktion seiner Entropie, Resultat der gesetzmäßigen Interaktionen seiner Elemente ist und nicht durch das Wirken einer einzigen wirklichen oder ideellen Entität, wie einer handelnden Person oder eines Programms, entsteht.

Jedem System, das sich selbst organisiert, werden Gradienten energetischer und/oder stofflicher Art angelegt. Typische Beispiele solcher Gradienten sind die Temperaturdifferenz beim sogenannten Bénard-Effekt. Dieser Effekt tritt auf, wenn zwischen dem unteren und dem oberen Bereich einer relativ dünnen Flüssigkeitsschicht ein kritischer Temperaturunterschied herrscht. Es bilden sich kohärente makroskopische Flüssigkeitsbewegungen aus, aus denen ein Muster vieler sechseckiger Zellen entsteht (Velarde & Normand 1989). Die biologisch interessantesten Beispiele für Selbstorganisationsvorgänge sind natürlich chemischer und biochemischer Art. Hier waren die Erkenntnisse des Physikochemikers Ilya Prigogine bahnbrechend. Inzwischen existieren weltweit hunderte von Instituten für Theoretische Biologie, die metabolische, genetische und Signal-Vorgänge als selbstorganisierte Systeme zu berechnen und zu simulieren versuchen.

Es gibt eine bezüglich ihrer Aussagekraft für das gesamte Paradigma der Komplexität und vor allem für seine Relevanz für die Biologie kaum verstandene basale Erkenntnis der Thermodynamik. Sie besagt, dass *jede* Form von physikalisch-chemischer Selbstorganisation eines Systems nichts anderes darstellt als einen Versuch des Systems, den ihm aufgelegten Gradienten, die es aus dem thermodynamischen Gleichgewicht, d.h. aus dem Zustand des völligen Fehlens physischer Vorgänge, entfernen, entgegenzuwirken. Jedes selbstorganisierte System versucht zum Gleichgewicht zurückzukehren. Die sechseckigen Zellen des Bénard-Effekts transportieren schneller Wärme von unten nach oben als die einfache Wärmeleitung, was eine effizientere Bekämpfung des energetischen Gradienten darstellt. Zwei

bekannte Physiker bzw. Biophysiker, Schneider und Kay, bringen diese Erkenntnis sehr gut auf den Punkt:

*„Sobald man Systeme aus dem Gleichgewicht bringt, benutzen sie alle verfügbaren Wege, um den angelegten Gradienten entgegenzuwirken. Wenn diese zunehmen, nimmt auch die Fähigkeit des Systems zu, sich einer weiteren Entfernung vom Gleichgewichtszustand zu widersetzen [...] Je weiter ein System vom Gleichgewicht entfernt wurde, desto ausgefeilter sind seine Mechanismen, um der Entfernung aus dem Gleichgewicht Widerstand zu leisten. Wenn es die [...] Bedingungen zulassen, treten selbstorganisierte Vorgänge auf, die den Gradientenausgleich begünstigen [...] So ist das Auftreten kohärenter selbstorganisierender Strukturen nicht länger eine Überraschung, sondern vielmehr eine zu erwartende Antwort eines Systems, denn es versucht, von außen angelegten Gradienten, die das System aus dem Gleichgewicht entfernen würden, Widerstand entgegenzusetzen und sie auszugleichen“ (Schneider & Kay 1997, 188; Hervorhebungen von den Autoren).*

Alle selbstorganisierte Strukturbildung findet nur deswegen statt, weil je höher die Ordnung der Vorgänge eines Systems, *desto effizienter die Bekämpfung der Ursachen dieser Ordnung*, also der Gradienten, ist.

Nach dieser Interpretation *sinkt die Entropie im Inneren des Systems, damit es umso schneller Entropie produzieren und an seine Umgebung abgeben kann.*

Diese von den beiden Autoren vertretene Position, stellt viel mehr als nur ihre persönliche Überzeugung dar.

Um zu verstehen, wie die Vorstellung der Selbstorganisation so essentiell für die moderne Theoretische Biologie werden konnte, ist ein kurzer Blick in die Jahrtausende alte Geschichte des Organismus-Verständnisses nötig.

## **2. Zur Geschichte des Organismus-Verständnisses**

Die Geschichte der Vorstellungen von der Entstehung organischer Zweckmäßigkeit kann als ein Kampf zwischen zwei entgegengesetzten Grundlinien dargestellt werden.

### **2.1. Antike**

Für die „erste Grundlegung der Biologie“, wofür der bekannte Biologiehistoriker Theodor Ballauff die Erkenntnisse und Intuitionen der Vorsokratiker hält, ist das

markanteste Merkmal des Lebendigen das „Miteinander der Gegensätze zu einem jeweiligen Gesamt“ (Ballauff 1954, 11). Für die vorsokratische Metaphysik sind die sichtbaren Seienden der Welt Manifestationen des *Kampfes von Gegensätzen*, die das Sein in sich birgt. Die materiellen Dinge seien nur vorläufig stabile Resultate des Aufeinanderprallens von elementaren Prinzipien.

Um 500 v.Chr. beschrieb der griechische Arzt und Philosoph *Alkmaion* vom südtalischen Kroton jedes Lebewesen explizit als Einheit in der Gegensätzlichkeit. Er verstand Gesundheit als *Isonomie* bzw. Gleichberechtigung der im Lebewesen waltenden antagonistischen Kräfte, während die monarchische Herrschaft eines von ihnen ihm Krankheit bedeutete (Capelle 1968, 107).

Alkmaion übertrug als erster in die Philosophie des Lebendigen die fundamentale Intuition seiner Zeit, die Heraklit unübertroffen zum Ausdruck brachte:

„Das Widerstrebende vereinige sich und aus den entgegengesetzten (Tönen) entstehe die schönste Harmonie, und alles Geschehen erfolge auf dem Wege des Streites“ (Fragment 8) (ebenda, 134).

*Empedokles* (495-435 v.Chr.), aus dem südsizilischen Akragas, lehrte, dass jedes Lebewesen aus der Mischung der vier gleichberechtigten und unvergänglichen Elemente – Feuer, Wasser, Luft, Erde – entsteht und eine nur zeitweise stabile Verbindung ist. Zusammen mit Alkmaions Intuition der Isonomie der Elemente wurde diese Idee zur Grundlage der Medizin von der Antike bis in die Neuzeit.

Für die mit *Hippokrates* von Kos (460-375 v.Chr.) verbundene erste Entwicklung einer wissenschaftlichen Medizin wurden diese philosophischen Erkenntnisse essentiell, weil sie Gesundheit als dynamisches Gleichgewicht und Leben als in sich widerstrebige Harmonie, „in der die Einheit durch das Gegeneinander aufrecht erhalten wird“, zu denken halfen (Ballauff 1954, 34).

Mit der von Sokrates eingeleiteten und von Aristoteles vollendeten Wende der Philosophie in Athen wurden die Akzente sehr zuungunsten des frühgriechischen Ideals des Kampfes verschoben, was zu einer zweiten Grundlegung der Biologie in der Antike führte (ebenda, 35). Die geordneten Formen der Seienden werden nicht mehr als Resultate des Aufpralls triebhaft agierender Kräfte gedacht. *Ewigen immateriellen Formen wird jetzt das Primat über Kräfte zugesprochen.*

Für die platonisch-aristotelische Tradition ist die Form eines Seienden fundamentaler als sein Werden – die Form wird substantialisiert. Das Wesen eines physischen Seienden wird als *Substanz* – als «ὀυσία» („ousia“) – verstanden, d.h. als ein unveränderlicher, zeitloser Agent „hinter“ (oder „unter“) den jeweiligen

Erscheinungsweisen dieses Seienden. *Das was gestaltet wird, ist immer eine Verbindung von aktiver Form und passivem Stoff.*<sup>1</sup>

Diese Konzeption verlangt natürlich danach, die Materie des Lebewesens zu einem passiven Empfänger der zeitlosen ordnenden Formen zu reduzieren. In seiner einflußreichen Schrift *Über die Seele (Peri Psyche, De anima)* identifiziert Aristoteles die Seele als die formende Substanz des Organismus (*De anima* II, 2, 414 a14):

„Die Seele ist Ursache und Prinzip («αἰτία καὶ ἀρχή» „aitia kai arche“) des lebenden Körpers. [...] Sie ist nämlich sowohl Ursprung der Bewegung, als auch Zweck“ (*De anima* II, 4, 415 b8f.).

Für die Aristotelische Teleologie ist also der Wesenszweck des Lebewesens nicht durch seine Teile bedingt, sondern diese sind bezüglich ihrer Funktion, aber auch ihrer embryonalen Entstehung, von der Seele determiniert. In dem Werk *Von der Zeugung und Entwicklung der Tiere (Peri Zoon Geneseos, De generatione animalium)* sagt Aristoteles noch deutlicher, dass die Seele des Embryos dessen Körper als ihre Erscheinungsform gestaltet. Zusammenfassend:

In der Aristotelischen Philosophie ist die organismische Zweckmäßigkeit Resultat einer die materiellen Teile ordnenden immateriellen Ursache – der Seele.

In der Antike begann ein bis heute anhaltender Antagonismus von zwei biologischen Grundlinien: Die erste Linie, die im Folgenden die „dynamistische“ genannt wird, geht von den Vorsokratikern aus und führt die innere Kohärenz des Lebewesens auf die *gesetzmäßige Interaktion seiner materiellen Teile* zurück, die allerdings in der Antike als lebendige und triebhafte gedacht wurden. Die zweite Linie kann als die „essentialistische“ bezeichnet werden. Sie lässt im Organismus einen Faktor wirken, der die Teile organisiert und von ihnen scharf abgegrenzt werden kann – von der Antike bis ins frühe 20. Jh. wurde dieser Faktor meist als die Seele verstanden.

## **2.2. Zum Mechanizismus des 17. Jh.**

Das Denken der frühen Neuzeit stand noch sehr stark unter dem Platonisch-Aristotelischen Einfluss. Der Durchbruch in eine radikal andere Wissenschaftlichkeit, konnte erst in der zweiten Hälfte des 17. Jh. vollzogen werden.

---

<sup>1</sup> *Metaphysik* VII, 8, 1033b.

Die wichtigsten philosophischen Anstöße für die mechanistische Biologie des 17. Jh., und somit für die dynamistische Linie, kamen zweifellos von *René Descartes* (1596-1650). Descartes war in einem viel höheren Grad Physiker als Lebenswissenschaftler. Er verfasste 1632 die erste wissenschaftlich-mechanistische Physiologie mit dem Titel *Abhandlung über den Menschen*. Dort nimmt er an, dass der menschliche Organismus prinzipiell nicht anders funktioniert als ein mechanischer Automat. Die Funktion der Organe und die regenerative Wirkung des Metabolismus auf der mikroskopischen Ebene der Teilchen werden mechanistisch gedacht, d.h. *ohne jegliche Referenz auf aristotelische Teleologie*.

Die Embryogenese kommt, aus kartesischer Sicht, durch eine *Wirbelbewegung* zustande, bei der die Teile sich gegenseitig deterministisch umformen, so dass – ohne den Eingriff immateriell-psychischer Faktoren – der Organismus entstehen würde.

Descartes' Bedeutung für die weitere Entwicklung des biologischen Denkens *bis heute* besteht darin, die erste radikal mechanisch-materialistische Konzeption der metabolischen Selbsterhaltung und embryonalen Entwicklung des Lebewesens, sowie auch der unbewussten Beweglichkeit der inneren und äußeren Organe entworfen zu haben. Mit ihm beginnt „das konsequente kausalanalytische Denken in der Biologie und Physiologie“, wie der Medizinhistoriker Karl Rothschild betont (zitiert in: Poser 2003, 133).

### **2.3. Zwischen zwei Extremen: Vitalismus und Physikalismus im 18. und 19. Jh.**

Als kritische Reaktion auf die Grundüberzeugung der dynamistischen Linie, dass bloß Gesetze und Kräfte der Mechanik einen Organismus zu erzeugen vermögen, entstand der Vitalismus des 18. Jh., den ich also der essentialistischen Linie zuordne.

Eine Theorie kann generell als vitalistisch bezeichnet werden, wenn sie davon ausgeht, dass im Organismus „ein reales Ding“ wirkt, das „außerhalb des Geltungsbereichs der (bekannten) physikochemischen Gesetze (der leblosen Materie) liegt“ und die Gestalt des Organismus formt (Mayr 1991, 22; Ergänzungen von S.K.).

Seit dem Ende des 18. Jh. ist es möglich, zwischen einer *animistischen* und einer „*materialistischen*“ Grundrichtung des Vitalismus zu unterscheiden. Ihre bekanntesten Vertreter sind *Georg Ernst Stahl* (1660-1734) und *Johann Friedrich Blumenbach*. Stahl führte, von Aristoteles ausgehend, die Entstehung der Gestalt eines Organismus und



seine Selbsterhaltung auf seine *alle Lebensvorgänge steuernde immaterielle Seele* zurück.

Kant argumentierte im zweiten Teil der *Kritik der Urteilskraft* von 1790 gleichzeitig gegen den Vitalismus vieler Philosophen und Biologen und gegen mechanistische Auffassungen. Dabei gelang es ihm, die Besonderheit der organismischen Kausalität gegenüber der maschinellen hervorzuheben.

Die Schulbiologie des reifen 19. Jh. war jedoch nicht in der Lage, Kants Zurückweisung nicht nur des Vitalismus, sondern vor allem des Mechanizismus aufzugreifen. Die Hauptvertreter der physikalistischen Biologie, die im Deutschland der 1840er Jahre aufkam, waren die Begründer der modernen Zelltheorie *Matthias Schleiden* (1804-1881) und *Theodor Schwann* (1810-1882) und die berühmten Physiologen *Carl Ludwig* (1816-1895), *Emil DuBois-Reymond* (1818-1896) und *Hermann von Helmholtz* (1821-1894). Sie waren davon überzeugt, dass ein Organismus, „nach blinden Gesetzen der Notwendigkeit“ entsteht, so dass „der Grund der organischen Erscheinungen nur in einer anderen Kombination der Stoffe liegen (kann)“ (Schwann 1839, zitiert in: Rothsuh 1968, 255f.; Einfügung von S.K.). Davon ausgehend, wurden Messungen an einzelnen Organen, die aus Tieren entfernt wurden, unter konstanten Experimentierbedingungen und Variation *eines einzigen* Parameters durchgeführt. Ganz im Sinne der kartesischen Methode würde man nur noch die bei der Analyse isolierter Teile gewonnenen Erkenntnisse zusammensetzen brauchen, um die Funktionsweise des Ganzen abzuleiten. Offensichtlich wurden die Organe als die physiologischen „Atome“ des Organismus betrachtet.

Die fachwissenschaftliche Physiologie schlug im Frankreich der 40er Jahre des 19. Jh. einen wesentlich synthetischeren Weg ein. Hier gelang eine frühe Formulierung des Organizismus, die sich erst im 20. Jh. voll entfalten konnte. Maßgebend war dabei *Claude Bernard* (1813-1878). In seiner 1865 erschienenen berühmtesten Schrift konstatierte er:

„Der lebende Organismus ist nur eine bewundernswerte Maschine, ausgestattet mit den wunderbarsten, verwickeltsten und zartesten Mechanismen. [...] Man muß aber doch anerkennen, daß der Determinismus der Lebensvorgänge nicht nur sehr vielfältig ist, sondern daß er zugleich auch eine derartige harmonische Rangordnung aufweist, daß die vielfältigen physiologischen Vorgänge aus einer Reihe einfacher Vorgänge bestehen, die sich *gegenseitig determinieren*, indem sie sich zu einem gemeinsamen Endzweck verbinden“ (zitiert in: Rothsuh 1968, 272; Hervorhebung von S.K.).

Bernard betrachtete die Gesamtheit der blinden mechanischen Interaktionen als System. Der systemische Physikalismus war geboren.

Wie die Physikalisten folgen auch die Organizisten der dynamistischen Linie der Erklärung organismischer Zweckmäßigkeit, wobei letztere den systemischen Grundcharakter des Lebendigen hervorheben.

Interessanterweise erlebte am Ausgang dieses Jahrhunderts die essentialistische Richtung eine Renaissance.

#### **2.4. Vom späten 19. Jh. bis 1950: Neophysikalismus vs. Neovitalismus**

In den 1890er Jahren kamen in Europa neue vitalistische Theorien auf, deren Wirkung sich bis nach 1930 erstreckte. Der Biologe und Philosoph *Hans Driesch* (1867-1941) war der wichtigste Vertreter des Neovitalismus. Driesch glaubte bewiesen zu haben, dass in jedem Organismus ein zielgerichtet agierender autonomer elementarer Faktor am Werk sei (1928, 284). In seinem Hauptwerk *Die Philosophie des Organischen*, das zuerst 1908 erschien, wurde dieser Faktor als Substanz, im Aristotelischen Sinne dieses Begriffs, verstanden (ebenda, 365, 379). Die Substanz ist die Essenz des Organismus: „Sie ist der Inbegriff von allem, was an ihm ausgeprägt ist“ (ebenda, 379).

Dem Neovitalismus Driesch' haftet mindestens ein großes metaphysisches Problem an: Er bleibt, genauso wie Descartes lange vor ihm, die Erklärung schuldig, *wie etwas Immateriell-Geistiges auf Physisches wirken kann*.

Der Neovitalismus geriet aber primär wegen der enormen Fortschritte von Biochemie und Physik ins Abseits. Der Niedergang des Neovitalismus hing mit einem erneuten Durchbruch der organizistischen Biologie zusammen. *Ludwig von Bertalanffy* (1901-1972) verdient zweifelsohne mehr als jeder andere, mit dem Organizismus des 20. Jh. in Verbindung gebracht zu werden. Der wichtigste Ansporn seiner Forschungen war die Lösung des damals kardinalen Problems der physikalischen Betrachtung des Lebendigen, nämlich das mit dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik aufgeworfene Dilemma, *wie es einem Organismus gelingt, trotz seiner eigenen Entropie-Produktion, sich zu strukturieren*.<sup>2</sup>

Der Physiker und Mitbegründer der Quantentheorie *Erwin Schrödinger* (1887-1961) fasste in seinem 1944 veröffentlichten Buch *What is Life?* das organismische Geschehen in thermodynamische Begriffe und konnte somit den zweiten Hauptsatz mit der Entstehung und Erhaltung lebendiger Ordnung harmonisieren (1989, 123-129).

---

<sup>2</sup> Die Physikalismus-Vitalismus-Debatte hielt er dagegen grundsätzlich für ein Missverständnis (v. Bertalanffy 1990, 159).

Der Physikochemiker *Ilya Prigogine* (1917-2003) begründete 1947 die Erforschung irreversibler Vorgänge fernab vom thermodynamischen Gleichgewicht. Seine Verdienste bei der Selbstorganisation komplexer chemischer Systeme waren wegweisend für die moderne Theoretische Biologie.

Die Erkenntnisse von Prigogine, Schrödinger, von Bertalanffy u. a. kann man sehr vereinfacht wie folgt zusammenfassen:

Die energetische und/oder stoffliche Offenheit physikochemischer Systeme erlaubt ihnen, unter Umständen, Entropie zu produzieren und trotzdem sich selbst zu strukturieren, da sie aufgrund ihrer Offenheit, zumindest zeitweise, mehr Entropie exportieren können, als sie produzieren.<sup>3</sup>

## **2.5. Zwischen 1950 und heute: Selbstorganisationstheorie vs. Programm-Metapher**

Mit der endgültigen Etablierung der Molekularbiologie durch die Entdeckung der DNA und vieler anderer Makromoleküle in den 1950er Jahren, schien der Traum der Physikalisten des 19. Jh., der Reduktion des Organismus auf seine Teile, in Erfüllung zu gehen. Umso überraschender ist es, dass ausgerechnet die Linie des Essentialismus, die mit dem Fall des Neovitalismus endgültig besiegt zu sein schien, für viele Jahrzehnte erneut die Vorherrschaft gewann.

Der berühmte Zoologe und Mitbegründer der neodarwinistischen Evolutionstheorie *Ernst Mayr* (1904-2005) hat wesentlich dazu beigetragen. Mayr führte eine wissenschaftlich akzeptable Form von Teleologie ein, die er „Teleonomie“ nannte. Er bezeichnete alle biologischen „Vorgänge oder Verhaltensweisen, deren Zielgerichtetheit auf das Wirken eines *genetischen Programms* zurückgeht“, als teleonomisch (2000, 416; Hervorhebung von S.K.). Diese an die Idee des Programms eng gebundene Vorstellung nimmt in jedem Organismus eine scharfe Grenze zwischen regelnden und geregelten Größen an. Die Ablösbarkeit des Programms vom Organismus ist für Mayr zentral. Den Organismus betrachtete er nur als eine das Programm ausführende Maschine.<sup>4</sup>

Mayr und andere Biologen, die Organismen als Phänotypen genetischer Programme sehen, bilden die moderne Fortsetzung der essentialistischen Linie. Damit fällt aber

---

<sup>3</sup> Vgl. v. Bertalanffy 1940. Für andere wegbereitende Arbeiten anderer Autoren vgl. v. Bertalanffy et al. 1977, 2f..

<sup>4</sup> Dies geht aus folgender Stelle eindeutig hervor: „Im Fall eines Computerprogramms oder der DNA eines Zellkerns ist das Programm von der ausführenden Maschine völlig getrennt“ (Mayr 1991, 66). Vgl. auch: Mayr 2000, 45, 268.

diese auf der Basis von Kybernetik, Automatisierungs- und Informationstheorie entstandene Verbindung von Teleologie und Programm hinter die gegenwärtig sich immer mehr durchsetzenden Vorstellungen über die zweckmäßige kausale Verflechtung des gesamten Organismus deutlich zurück.

Aus diesem Grund verlassen immer mehr Forscher diese Vorstellung, die dem Genom die Rolle eines genetischen Programms zuweist, das die Organisation des restlichen Lebewesens regelt, denn, wie der bekannte Wissenschaftshistoriker Ernst Peter Fischer sagt, „ein Gen *ist* nicht, ein Gen *wird*“ (1989, 19) – und das ist eine Leistung des gesamten Organismus.

Je mehr die moderne Biologie sich vom Gen-Determinismus entfernt, desto deutlicher gewinnt das eingangs vorgestellte physikalische Paradigma der Selbstorganisation an Einfluss auf das biologische Denken.

### **3. Biologische Selbstorganisation aus thermodynamischer Sicht**

Auf der Basis des zweiten Hauptsatzes, der – wie wir weiter vorne sahen – zentral beim Verständnis von Selbstorganisation ist, *können Lebewesen, und das planetare Leben überhaupt, auf Gradienten-Ausgleicher reduziert werden*. Die schon erwähnten Biophysiker Schneider und Kay sagen:

„Wenn wir die Erde als ein offenes thermodynamisches System mit einem enormen von der Sonne aufgedrückten Gradienten betrachten, [...] schlagen (wir) folgende Formulierung vor: *Leben existiert auf der Erde als ein weiteres Mittel, um den sonneninduzierten Gradienten auszugleichen [...] Leben (ist) eine Antwort auf den thermodynamischen Imperativ, Gradienten auszugleichen*. [...] Die Artenvielfalt und die [...] Stufen der Nahrungsketten sind am Äquator besonders hoch, wo fünf Sechstel der Sonneneinstrahlung auf die Erde eintreffen. *Hier ist ein größerer Gradient zu vermindern*“ (Schneider & Kay 1997, 190; Einfügungen und Hervorhebungen von S.K.).

Auch die berühmte Evolutionsbiologin *Lyn Margulis* und der bekannte Wissenschaftsjournalist *Dorion Sagan* übernehmen in einem ihrer Bücher folgende Position:

„[D]as entropische Universum (ist) übersät mit begrenzten Bereichen hoher Ordnung (sogar mit Leben), denn *nur durch die geordneten (selbstorganisierten) Strukturen ergibt sich im Universum die größtmögliche Geschwindigkeit der Entropieentstehung*. Je mehr Leben es im Universum gibt, desto schneller werden die verschiedenen

Energieformen in Wärme (d.h. in Entropie) umgewandelt“ (1999, 23).  
(Hervorhebungen und erste, dritte und vierte Einfügung von S.K.).

An dieser Stelle ist an die weiter vorne gestellte Frage zu erinnern: ob beide Wesensmomente organismischer Ordnung – *durchgehende interne Kohärenz* und *antientropisches Wirken* – als gleichwertige betrachtet werden können. Es kann und darf nicht übersehen werden, dass die modernen Physiker nicht zögern, die *Entstehung lebendiger Zweckmäßigkeit auf das „Streben“ nach möglichst großer Entropieproduktion*, d.h. nach Energie-Verschwendung(!) zu reduzieren. *Das ist absurd!* Es widerspricht jedem intuitiven Zugang zum Lebendigen, der in den Energieverlusten nichts mehr als eine unerwünschte Begleiterscheinung der Aktivitäten der Organismen sieht.

Die Vertreter des Komplexitäts-Paradigmas sollten sich die einfache Frage stellen, wie es Lebewesen überhaupt gelingt, *sich selbst* energetisch-stofflich zu öffnen, d.h. sich selbst mit Nahrung zu versorgen, wenn sie als physikalische Systeme, für die sie in diesem Diskurs gehalten werden, *notwendig gegen das arbeiten, welches sie von der absoluten Ruhe des thermodynamischen Gleichgewichts entfernt...* Lebewesen konstituieren vielmehr *selbst*, was sie aus dem thermodynamischen Gleichgewicht entfernt, d.h. sie wirken aktiv und selektiv auf ihre Umgebung, *um überhaupt die Gradienten, die für sie relevant sind, zu erzeugen*. So passen sich z.B. Pflanzen so an die jeweilige Intensität der Sonnenenergie mit Hilfe hochkomplexer physiologischer Vorgänge an, dass das Tempo der Energieverwertung, d.h. der Umfang der Entropieproduktion, verringert und eine Schädigung durch zu hohe Lichtintensitäten vermieden wird. Mit anderen Worten:

Jeder einzelne Organismus bestimmt selbst, wie weit er sich vom Zustand des thermodynamischen Gleichgewichts entfernt, indem er durch autonome Nahrungsaufnahme sich selbst die geeigneten energetischen Gradienten aufzwingt. Dasselbe gilt für die Biosphäre als Ganzes.

Leben ist *nicht* „eine Antwort auf den thermodynamischen Imperativ, Gradienten auszugleichen“, denn jedes noch so primitive Lebewesen *verstößt gegen diesen „Imperativ“*, indem es sich selbst aktiv vom Gleichgewicht entfernt.

#### **4. Zusammenfassung und Schlussfolgerung**

1) Es gibt zwei sehr alte Linien der Erklärung der Entstehung organismischer Zweckmäßigkeit: Die dynamistische Linie verweist auf die Interaktion von Teilen. Die

essentialistische beruft sich auf eine zentrale Instanz (Seele, Programm bzw. genetische Information).

2) Beide Linien haben das Psychische vertrieben und Zweckursachen durch blinde Wirkursachen ersetzt. Aus der dynamistischen Linie ging das physikalistisch-thermodynamische Verständnis von Lebewesen als physikochemische dynamische Systeme hervor. Die essentialistische endete mit der Metapher des genetischen Programms.

3) Die erste Linie scheint die Oberhand zu gewinnen; allerdings um den Preis der Physikalisierung der Biologie. *Das antientropische Wesensmoment des Organismus, das physikalisch begründet ist, hat das Primat vor dem Wesensmoment der Zweckmäßigkeit, das genuin biologisch ist, errungen.* Durch die Ersetzung des mechanistischen Physikalismus des 19.Jh. vom thermodynamisch-systemischen des 20. wurde das Leben auf ein sehr effektives Mittel der Erhöhung von Entropie reduziert.

Die Reduktion einer Milliarden Jahre andauernden Evolution, die erlebensfähige Individuen hervorgebracht hat, von denen einige sogar über die Gründe dieses Prozesses reflektieren, auf möglichst effiziente Verschwendung von Energie ist nichts mehr als Resultat eines sich selbst beschränkenden Denkens, das alle mit den Mitteln der Physikochemie nicht fassbare Faktoren bewusst ignoriert. Die Biophilosophie des 21. Jh. wird m.E. eine Kombination beider hier vorgestellten historischer Linien kreieren müssen, *begleitet von der Wiedereinführung mentaler Faktoren*, ohne auf den Psychovitalismus oder die Substanzontologie zurückzufallen. Wir werden auf eine unserer Zeit angemessene Weise die antike Weisheit wiederentdecken, dass *Leben Erleben voraussetzt*.<sup>5</sup>

## Literatur

Aristoteles, *Metaphysik*, Würzburg: Königshausen & Neumann 2003.

- *Über die Seele (De anima)*, Hamburg: Felix Meiner, 1995.
- *Von der Zeugung und Entwicklung der Tiere (De generatione animalium)*, Aalen: Scientia Verlag, 1978.

---

<sup>5</sup> Inspiriert von der Philosophie Alfred North Whiteheads und den Werken anderer Denker, zu denen auch das sehr wenig zitierte Werk von Charles Darwin *Die Abstammung des Menschen* gehört, habe ich in meiner Habilitation und in anderen Schriften versucht zu zeigen, wie das Erleben als ein wichtiger Faktor der Genese des Organismus und der Evolution einbezogen werden kann (Koutroufinis 2007, 2009a, 2009b und im Druck sich befindende Buchbeiträge).

- Ballauff, Theodor, *Die Wissenschaft vom Leben. Eine Geschichte der Biologie*; Freiburg, München: Karl Alber, 1954.
- Bertalanffy, Ludwig von, *Das biologische Weltbild*, Wien, Köln: Böhlau, 1990.
- *General System Theory*, London: Allen Lane The Penguin Press, 1971.
  - „Vorläufer und Begründer der Systemtheorie“, in: Kurzrock, R. (Hg.), *Systemtheorie*, Berlin: Colloquium, 1972.
  - „Der Organismus als physikalisches System betrachtet“, in: *Die Naturwissenschaften*, 1940, 28 (Heft 33), 521-531.
- Bertalanffy, L. v.; Beier, W.; Laue, R., *Biophysik des Fließgleichgewichts*, Braunschweig: Vieweg, 1977.
- Capelle, Wilhelm, *Die Vorsokratiker*, Stuttgart: Alfred Kröner, 1968.
- Driesch, Hans, *Philosophie des Organischen*, Leipzig: Quelle&Meyer, 1928.
- Koutroufinis, Spyridon: *Organismus als Prozeß. Ontogenetisches Werden im Lichte der Naturphilosophien von A.N. Whitehead und H. Bergson*, Habilitationsschrift eingereicht an die Fakultät I-Geisteswissenschaften der Technischen Universität Berlin, 2009a. (Das Manuskript kann von der Universitätsbibliothek der TU-Berlin ausgeliehen werden.)
- „Die prozessuale Teleologie A. N. Whiteheads und die aktuelle systemtheoretische Betrachtung biologischer und mentaler Vorgänge“, in: Lyssy, A.: *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt: Peter Lang, 2009b, S. 109-135.
  - „Jenseits von Vitalismus und Teleonomie – die prozessuale Teleologie des Lebendigen“, in: Koutroufinis, S. (Hg.), *Prozesse des Lebendigen. Zur Aktualität der Naturphilosophie A.N. Whiteheads*, Freiburg, München: Alber, 2007, 112-147.
  - (ed.) *Life and Process. Towards a New Biophilosophy*, Frankfurt, Paris, Lancaster, New Brunswick: Ontos, (voraussichtlich 2011).
  - „Panpsychismus und Biologie – zur Idee des Bio-protopsyhismus“, in: Watzka, H.; Müller, T. (Hg.), *Ein Universum voller 'Geiststaub'? Der Panpsychismus in der aktuellen Geist-Gehirn-Debatte*, Paderborn: Mentis (voraussichtlich 2011).
  - „Die innere Seite des Organismus“ in: Spät, P.; Knaup, M.; Müller, T. (ed.), *Post-Physikalismus*, Freiburg, München: Alber, 2011.
- Margulis, L.; Sagan, D., *Leben. Vom Ursprung zur Vielfalt*, Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 1999.

- Mayr, Ernst, *Das ist Biologie*, Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 2000.
- *Eine neue Philosophie der Biologie*, München, Zürich: Piper, 1991.
- Poser, Hans, *René Descartes. Eine Einführung*, Stuttgart: Reclam, 2003.
- Rothschuh, Karl E., *Physiologie. Der Wandel ihrer Konzepte, Probleme und Methoden vom 16. bis 19. Jahrhundert*, Freiburg, München: Alber, 1968.
- Scharf, Marianne, „Lebewesen als ontologische Kategorie“, in: Krohs, U.; Toepfer, G. (Hg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M.: Suhrkamp, 2005, 175-192.
- Schneider, E.; Kay, J., „Die Thermodynamik der Komplexität in der Biologie“, in: Murphy, M.; O’Neill, L. (Hg.), *Was ist Leben? Die Zukunft der Biologie*, Heidelberg, Berlin, Oxford: Spektrum Akademischer Verlag, 1997, 183-196.
- Schrödinger, Erwin, *Was ist Leben?*, München, Zürich: Piper, 1989.
- Velarde, M.; Normand, Ch., „Konvektion“, in: Jürgens, H.; Peitgen, H.-O.; Saupe, D. (Hg.), *Chaos und Fraktale*, Heidelberg: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft, 1989, 38-51.