

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Spyridon A. Koutroufinis

Die prozessuale Teleologie A. N. Whiteheads und die aktuelle systemtheoretische Betrachtung biologischer und mentaler Vorgänge

Das Ziel dieses Beitrags ist es, die Eignung der Prozessontologie Alfred North Whiteheads für eine bio- und bewusstseinsphilosophische Fragestellung zu zeigen. Dabei wird ein Weg vorgestellt, wichtige Gedanken Whiteheads mit der modernen Theorie dynamischer Systeme, von der die Theoretische Biologie gegenwärtig beherrscht wird, zu verbinden. Dies erfordert jedoch eine kurze Einführung in das biologische Teleologie-Verständnis und in grundsätzliche Begriffe und Arbeitsweisen der modernen Theorie dynamischer Systeme, die für jede formale Reduktion organismischer Vorgänge unerlässlich sind.

1. Die teleologische Betrachtung biologischer Vorgänge

Jede philosophische Reflexion über naturwissenschaftliche Betrachtungen mentaler und generell biologischer Vorgänge muss sich früher oder später mit dem Begriff der Teleologie auseinandersetzen. Bei allen Schwierigkeiten, diesen Begriff genau zu bestimmen, kann man in erster Näherung Teleologie als die Lehre von der Existenz gerichteter Vorgänge in der lebendigen und leblosen Natur beschreiben, die dazu tendieren, bestimmte *Ziele* oder *Endzustände* zu erreichen, in ihnen zu verweilen oder auch um sie zu oszillieren (Hull 1974, S. 103ff.; Mayr 2000, S. 416, 405; Toepfer 2005, S. 36; Mayr 1991, S. 59).¹

Die Tatsache, dass der Teleologie-Begriff, trotz gewisser Unschärfe (Mayr 1991, S. 51f.), für die ältere und neuere Philosophie der Biologie gleichermaßen von Bedeutung ist,² könnte darauf verweisen, dass im ontologischen Verständnis dieses Begriffes – also in der Beurteilung der Natur der Ursachen, aus denen Organismen zu bestimmten Endzuständen tendieren – die metaphysische Wirbel-

¹ Dass einige Untersuchungen die Grenzen dieser Definition aufzeigen, ist für die Zwecke der vorliegenden Analyse ohne Belang. Hull diskutiert einige Probleme dieses Verständnisses von Teleologie (1974, S. 107ff.). Nach mehr als dreißig Jahren scheint er immer noch Recht zu behalten, wenn er sagt: “I am sure, we have not discovered the essence of teleological systems. On purely inductive grounds of the crudest sort, one should expect the search for the essence of teleological systems to be no more productive than the search for the essences of society, art, space, horses, and mankind” (ebenda, S. 103).

² Vgl.: Ruse 1973, Hull 1974, Rosenberg 1985, Ruse 1988, Mayr 1991, Mahner & Bunge 2000, Mayr 2000, Krohs & Toepfer 2005.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

säule des jeweiligen biologischen Denkens zu finden ist.³ Schließlich kreisen um diese Frage die großen ideologischen Kämpfe der Vergangenheit und Gegenwart der Biologie, wie der Vitalismus-Mechanismus-Streit, die wieder entflammten Auseinandersetzungen um den Evolutionsgedanken und natürlich auch die ältere und die aktuelle Geist-Gehirn-Diskussion.

Die Idee der Teleologie ist deswegen so wichtig für die Biologie, weil sie in enger Verbindung zu einigen Fragen steht, die zentral für das Verständnis des Lebendigen sind. Dies ist aus verschiedenen Gründen der Fall: Erstens, weil Lebewesen so beschaffen sind, als wären sie entworfen worden (Ruse 1988, S. 46). Unbeachtet unerbittlicher ideologischer Kämpfe, die bis heute in der Evolutionstheorie immer wieder heftig daran entflammen – es lässt sich nicht leugnen, dass dem Geflecht der Funktionen und der Struktur eines jeden Lebewesens zumindest die schwächste Form von Teleologie, die *Zweckmäßigkeit*, zukommt (Toepfer 2005, S. 40). Zweitens, weil die einzelnen Vorgänge bei der morphogenetischen Entwicklung von Embryonen und die einzelnen Etappen des Verhaltens von Tieren dermaßen einander angepasst sind, dass die Frage nach einer modernen Interpretation von „Teleologie“ inzwischen nicht nur die Evolutionsbiologen, sondern auch die Entwicklungs- und Verhaltensbiologen beschäftigt (Ruse 1988, S. 46f.; Mayr 1991, S. 68). Und drittens, weil sie den spezifischeren Bereich des Bewusstseins durchdringt; schließlich wurde in der Antike aus diesem Bereich die Idee der Teleologie gewonnen und auf Vorgänge der Natur übertragen.

In diesem dritten Punkt wurzeln logischerweise auch die chronischen Probleme, an denen die teleologische Sprechweise in der Biologie leidet. Denn das Selbstverständnis der Naturwissenschaften seit der Neuzeit wird von der Idee dominiert, dass alle Erklärungen physischer Vorgänge, die auf der Annahme mentaler Faktoren beruhen, unwissenschaftlich sind. Da aber die ursprüngliche Konzeption der Teleologie mit der intentionalen und ziel- bzw. zweckgerichteten Struktur des menschlichen Bewusstseins unlösbar verknüpft ist, sehen viele Autoren in der „Interpretation der Teleologie als intentionale[r] Zwecksetzung [...] die eigentliche Kernkonzeption *jeder* Teleologie“ (Toepfer, 2005, S. 40; Hervorhebung von S. K.). Insofern ist es nicht überraschend, dass die Vertreter der etablierten Philosophie der Biologie dem Teleologie-Gedanken zwar Bedeutung beimessen, sich aber doch einig sind, dass dieser uralten Idee nur noch eine methodologische Relevanz, und folglich keine ontologische, zukommt.⁴

³ Das bleibt gültig, selbst wenn das gesamte breite Bedeutungsspektrum von „Teleologie“ entschieden verworfen wird, wie dies für radikal materialistische Philosophen der Biologie typisch ist. Als solche sind z. B. Mahner und Bunge zu bezeichnen (2000, S. 357). Eine solche Haltung ist nicht minder identitätsstiftend.

⁴ Toepfer ist ein guter Exponent dieser Haltung (2005, S. 48ff.).

Führende Exponenten dieser Disziplin, wie Ruse (1988, S. 44), Hull (1974, S. 103) und Mayr (1991, S. 56) glauben die Teleologie-Problematik jenseits metaphysischer Fragen diskutieren zu können und dies auch tun zu müssen. Was sie davon abhält, diesen Begriff, trotz seiner Unschärfe und Problemhaftigkeit, zusammen mit der gesamten – ihrer Meinung nach – überflüssigen und störenden Metaphysik zu entsorgen, ist die Einschätzung, dass er der biologischen Forschung weiterhin gute methodische und heuristische Dienste leiste (Mayr 1991, S. 51, 73ff.; Ruse 1988, S. 48f.) und sie außerdem vor der methodologischen und theoretischen Reduktion auf Physik bewahre (Ruse 1988, S. 49). Die Diagnose, „Biologen können offenbar weder mit der Teleologie leben noch ohne sie“ (Mahner & Bunge 2000, S. 347), klingt vielleicht etwas zu drastisch, sie ist aber ernst zu nehmen. Wäre dies nicht der Fall, dann hätte man nicht nach anderen Begriffen gesucht, um die Tendenz lebendiger Vorgänge, hin zu bestimmten Endzuständen, beschreiben zu können, ohne der Implikation mentaler Konzepte (wie Antizipation, Intentionalität, Zweck- und Zielgerichtetheit) verdächtigt zu werden.

1.1. Teleonomisches Denken: der antimetaphysische Zugang zur Teleologie

In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde im Zuge der Begründung einer antimetaphysisch orientierten Naturwissenschaft der Versuch unternommen, jedes teleologische Denken aus der Biologie zu verbannen. Trotzdem ist heute immer noch die Rede von „Teleologie“, wenn auch entweder metaphorisch oder im Sinne von „Teleonomie“. Dieser Terminus wurde in die Biologie zuerst 1958 von Pittendrigh in einem Artikel über Anpassung, natürliche Selektion und Verhalten eingeführt. Führende Biophilosophen benutzen diesen Begriff häufig als ein Synonym für Teleologie (Hull 1974, S. 103; Mayr 1991).

Zur breiten Akzeptanz dieses Terminus hat Mayr Wesentliches beigetragen. Er nennt alle biologischen „Vorgänge oder Verhaltensweisen, deren Zielgerichtetheit auf das Wirken eines *Programms* zurückgeht“ teleonomisch (2000, S. 416; Hervorhebung von S. K.).⁵ Etwas ausführlicher: „Alles teleonomische Verhalten besitzt zwei charakteristische Komponenten. Erstens wird es durch ein Programm gesteuert, und zweitens hängt es von der Existenz eines Schlusspunktes, Zieles oder Endes ab, welches in dem für das Verhalten verantwortlichen Programm vorgesehen ist. Dieser Endpunkt kann eine Struktur, eine physiologische Funktion, das Erreichen einer neuen geographischen Position oder ein ‚abschließender‘ [...]“

⁵ Vgl. auch: Mayr 1991, S. 60ff..

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Verhaltensakt sein“ (Mayr 1991, S. 61).⁶

Es ist nicht überraschend, dass diese Vorstellung von Teleonomie für viele Philosophen der Biowissenschaften die angemessene Form biologischer Teleologie darstellt. Dieses eng an die Idee des Programms gebundene Verständnis von Teleonomie impliziert jedoch die Referenz auf einige (bio)kybernetische Begriffe, wie „Sollwert“, „negative Rückkopplung“, „genetisches Programm“, „ausführende Maschine“, „Software“, „Hardware“, „Information“ usw. (Hull 1974, S. 104ff.; Mayr 1991, S. 66ff.). Dies hat zur Folge, dass diese Art des teleologischen Denkens implizit annimmt, dass in jedem Organismus eine scharfe Grenze zwischen regelnden und geregelten Größen existiert. Aus diesem Grund entspricht diese auf der Basis von Kybernetik, Automatisierungs- und Informationstheorie entstandene Verbindung von Teleologie und Programm nicht den im Rahmen des Paradigmas der Komplexität und der Renaissance des organismischen Denkens gewonnenen Erkenntnissen bezüglich dessen, was das Wesen eines jeden Organismus ausmacht.

Unter den uns sinnlich gegebenen Objekten sind die Organismen diejenigen Ganzheiten, die den höchsten Grad an *innerer Kohärenz* aufweisen, denn sie haben räumlich und zeitlich aufs Engste zusammenhängende, d. h. sich gegenseitig bedingende, Strukturen und Funktionen – was ihre organismische Zweckmäßigkeit ausmacht.

Kraft seiner inneren Kohärenz tut ein Organismus – anders als ein technisches System – *immer als Ganzer* etwas. So wird ein Tier nicht von seinen Beinen bewegt, wie ein Fahrzeug von seinen Rädern, denn es ist immer der ganze Organismus, der die Bewegung unterstützt. Auch ein laufender Roboter erreicht keine besonders hohe Bewegungskohärenz, denn er besteht aus vielen starren Teilen, die bewegt werden, ohne an der Bewegung aktiv teilzunehmen. Die in einem Organismus zu einem Zeitpunkt aktuell verwirklichten Funktionen und stattfindenden Vorgänge sind – im scharfen Gegensatz zu technischen Systemen – nicht voneinander abgegrenzt, auch wenn sie in der Forschung sehr oft so betrachtet werden. Der Organismus-Begriff ist das Synonym für eine dynamisch geordnete Ganzheit, die aus einer Mannigfaltigkeit zusammenwirkender Elemente besteht, deren dynamische Relationen zueinander den Zusammenhalt dieser Ganzheit überhaupt erst bewirken. Das steht im scharfen Gegensatz zu allen Maschinen, denn sie werden so konstruiert, dass sie abgeschaltet werden können, ohne dass ihre materielle Beschaffenheit ihren Zusammenhalt verliert. Die Untrennbarkeit von Dynamik und materieller Beschaffenheit ist typisch für Lebewesen. Die organismische Dynamik ist zwar ohne die materielle Beschaffenheit nicht möglich, aber auch letztere ist ihrerseits Resultat der

⁶ Auch technische Systeme, wie eine zielsuchende Maschine, sind Mayr zufolge teleonomisch (1991, S. 70).

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Dynamik, denn Organismen sind instabile Ganzheiten, die pausenlos mittels ihrer eigenen Dynamik regeneriert werden müssen. Die Kontinuität der Dynamik ist hier notwendige Bedingung für die materielle Weiterexistenz. Der materielle Aufbau des Organismus enthält keine sich selbst genügende Hardware – die, als solche, abgeschaltet und wieder eingeschaltet werden könnte –, sondern ist seinerseits Produkt genau dieser Dynamik, die von ihm ermöglicht wird. Die Embryogenese präsentiert am deutlichsten die Untrennbarkeit von materieller Beschaffenheit und Dynamik, weil der sich aufbauende Organismus von Anfang an lebt und sich kraft seiner eigenen Dynamik selbst um- und aufbaut. Das steht im deutlichen Gegensatz selbst zum komplexesten Großrechner, der erst aufgebaut und dann eingeschaltet wird.

Die gesamte materielle Beschaffenheit des Organismus und seine Stoff- und Energiegewinnung, -transformation und -weiterleitung gehen unlösbar ineinander über. Aus diesem Grund lässt sich *eine durchgehende Trennung von verursachenden und verursachten Vorgängen nicht halten*, denn das Endresultat jedes innerorganismischen Vorgangs, sein Output, dient als Input, als Ursache, für andere Vorgänge. Jedes Lebewesen ist hochgradig komplex, denn es ist ein extrem verflochtenes Netz von Ursachen und Wirkungen. Aus diesem Grund findet man in einem Organismus keine zentrale, übermächtige Ursache seiner Dynamik und Organisation – wie auch die These der „kausalen Gleichheit“ besagt (Stotz 2005, S. 127). Infolge dieser Entwicklungen verlassen immer mehr Biologen die alte Vorstellung, die dem Genom die Rolle eines genetischen Programmes zuweist, das die Organisation des restlichen Lebewesens regelt. Neuere Erkenntnisse über die Natur der Gene und ihre hochgradige Angewiesenheit auf den restlichen Organismus – durch den sie überhaupt als Gene konstituiert und aktiviert werden (Beurton 2005, S. 195-211) – belegen, dass frühere Annahmen, die in den Organismen so etwas wie eine Trennung zwischen Hardware und Software sehen, inzwischen *dem Verständnis des Lebendigen im Wege stehen*. Die Nicht-Existenz von Trennungen, die für Maschinen unerlässlich sind, ist also ein besonderer Ausdruck organismischer Kohärenz und für alle lebendigen Vorgänge essentiell.

Je mehr also die moderne Biologie sich der kausalen Komplexität der Organismen bewusst wird, die keine absoluten wirklichen Trennungen zwischen regelnden und geregelten Größen zulässt, desto klarer wird es, dass die Programm-Metapher auf Organismen nicht ausgeweitet werden kann.

Das bedeutet aber nicht notwendig, dass die Idee der Teleonomie überhaupt aufzugeben ist. Ihr Potential ist noch nicht erschöpft. Das Wort „Telos“ ist nicht notwendig als „Ziel“ oder „Zweck“ zu verstehen, sondern kann auch im Sinne von

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

„Ende“ verwendet werden – was es schließlich in erster Linie auch bedeutet.⁷ Die Verbindung der griechischen Worte „Telos“ und „Nomos“ besagt dann nicht mehr, als dass der Endzustand eines Werdens auf der Basis von (natur)gesetzmäßigen Vorgängen erreicht, approximiert oder aufrechterhalten wird.

Davon ausgehend kann folgender Vorschlag gemacht werden: Wird heute der Teleonomie-Begriff verwendet, so wird lediglich behauptet, dass Organismen, Organe und Verhaltensweisen eine Affinität zu einem bestimmten Endzustand zeigen, d. h. ihn erreichen oder zu ihm tendieren oder um ihn oszillieren, *ausschließlich aufgrund ihrer eigenen, naturwissenschaftlich erforschbaren Wirkursachen-Kausalität.*

1.2. Theorie dynamischer Systeme: Die aktuelle Form der Teleonomie

Das moderne Paradigma der Komplexität bzw. Selbstorganisation ist mit der Theorie dynamischer Systeme zur tragenden Säule der modernen Theoretischen Biologie geworden. Infolge dieser neueren Entwicklungen kann weiterhin von Teleonomie gesprochen werden; allerdings in einem *systemtheoretischen* Sinne, der jenseits der Metapher des genetischen Programms – und ihres versteckten Substanzialismus (Janich & Weingarten 1999, S. 110ff.)⁸ – steht.

Ist von der „Selbstorganisation“ eines dynamischen Systems die Rede, so wird davon ausgegangen, dass die spontane Entfernung dieses Systems vom Zustand der größten Unordnung, d. h. seiner größtmöglichen Entropie,⁹ durch die gesetzmäßige Interaktion seiner Elemente entsteht und nicht durch das Wirken einer wirklichen oder ideellen Entität, wie einer „Seele“, einer „platonischen Idee“ oder eines Programms.¹⁰

⁷ Die in der Antike so häufig anzutreffende Interpretation von „Ende“ als „zielgerichtetes Streben“ ist im Rahmen der Substanzontologie verständlich. Außerhalb dessen ist sie jedoch keineswegs zwingend.

⁸ Für die verborgene Nähe der Programm-Metapher zur Substanzontologie spricht auch Mayrs Vorschlag, Begriffe wie „Entelechie“ und „Seele“ in den Schriften von Aristoteles und Hans Driesch mit dem Begriff des Programms zu ersetzen (2000, S. 34; 1991, S. 77).

⁹ Der Wert der größtmöglichen Entropie eines Systems hängt auch von externen Bedingungen ab. Zwei in einem ruhenden Zylinder eingeschlossenen Flüssigkeiten, werden sich auf der Erde bei Zimmertemperatur nicht vermischen, wenn sie verschiedene Dichten haben. Wird der Zylinder geschüttelt und anschließend in eine ruhende Position gebracht, so wird eine langsame Entmischung stattfinden – das System kann nicht in einem so hohen Wert von Entropie verweilen. In der Erdumlaufbahn ist einem solchen Gemisch eine höhere Entropie möglich, weil die externe Bedingung der Gravitation dort nicht mehr vorhanden ist, so daß die Flüssigkeiten miteinander vermischt bleiben, wenn der Zylinder kurzzeitig geschüttelt wird.

¹⁰ Die Ausdrücke *Seele* und *platonische Idee* stehen deswegen in Anführungsstrichen, weil sie von den führenden Vertretern des Selbstorganisations-Paradigmas als metaphysische Illusionen betrachtet werden. Der Autor will also an dieser Stelle nicht seine eigene Skepsis bezüglich der ontologischen Relevanz dieser Begriffe zum Ausdruck bringen.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Die Erforschung von Phänomenen selbstorganisierter Strukturbildung hat gezeigt, dass dabei zwei Bedingungen unabdingbar sind: Die Systeme müssen offen sein, d. h. ihnen müssen hochwertige Energie und/oder strukturierte Stoffe aus der Umgebung zufließen. Diese treiben im Systeminneren Vorgänge an, werden dabei entwertet („dissipiert“) bzw. abgebaut und müssen schließlich in einer verbrauchten Form das System verlassen („Entropieexport“). Systemische Offenheit ist jedoch nicht ausreichend für Strukturbildung. Die andere notwendige Bedingung ist, dass das Netzwerk der Relationen zwischen den Systemelementen, d. h. die Struktur des Systems, *nichtlineare* kausale Bindungen enthält (Prigogine & Stengers 1990, S. 153f.; Ebeling et al. 1990, S. 64). Dies ist der Fall, wenn im System kausale Rückkopplungen vorhanden sind, so dass zumindest einige Wirkungen seiner Dynamik als Ursachen für das weitere Funktionieren dieser Dynamik dienen.

Die Theorie der Selbstorganisation beschreibt die Entwicklung der Objekte, die sie studiert, als kontinuierliche oder diskrete Zustandsveränderungen. Der technische Begriff „Zustand“ ist eine Abstraktion. Er verbindet in sich alle messbaren Größen, die für die Beschreibung der Beschaffenheit eines konkreten dynamischen Systems für wichtig erachtet werden. Der jeweils momentane Zustand des Systems kann von einem einzigen Punkt in einem abstrakten Raum, der „Phasenraum“ genannt wird, erschöpfend beschrieben werden. Die Entwicklung des Systems wird, wenn sie kontinuierlich ist, durch eine Kurve im Phasenraum beschrieben – sie wird als „Trajektorie“ bezeichnet. Wie Abbildung 1 zeigt, kann die Entwicklung eines Systems mit z. B. nur zwei wichtigen Größen und kontinuierlicher Dynamik in einem zweidimensionalen Phasenraum beschrieben werden. Sie könnte wie folgt aussehen:

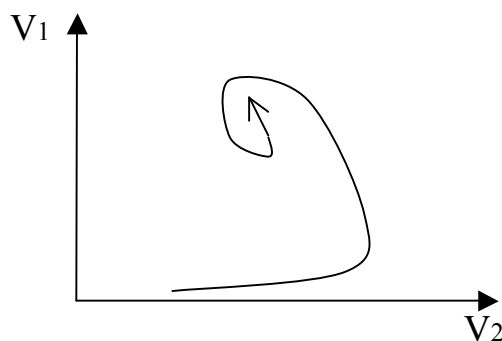


Abb. 1: Eine Trajektorie im Phasenraum der Variablen V_1 und V_2 .

1.2.a. Organismen als dynamische Systeme

Das Paradigma der Selbstorganisation übt gegenwärtig entscheidenden Einfluss auf

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

die moderne Theoretische Biologie aus. Organismen werden als besonders komplexe dynamische Systeme betrachtet – das wird jedoch meist aus einer methodischen und nicht aus einer ontologischen Perspektive behauptet. Die sogenannten *Systembiologen* versuchen, einzelne organismische Vorgänge mathematisch-numerisch zu beschreiben. Einige von ihnen gehen aber über dieses durchaus verständliche Ziel weit hinaus. Sie behaupten, dass Organismen bzw. Nervensysteme in ihrer Ganzheit dynamische Systeme *sind* und träumen von Computersimulationen ganzer Lebewesen mit Hilfe von innerhalb der nächsten fünfzig Jahren zu entwickelnden Großrechnern (Wolpert 1997, Tomita 2001; ferner: Normile 1999, Wayt Gibbs 2001). Damit sprechen sie der Theorie dynamischer Systeme ontologische und nicht nur methodische Relevanz zu, da sie nichts Geringeres behaupten, als dass nicht nur einzelne Vorgänge mit Hilfe dieser Theorie sich beschreiben lassen, sondern die gesamte organismische Dynamik.

Von eminenter Bedeutung für die formalen Reduktionen organismischer Vorgänge ist das Lösen von nichtlinearen Differentialgleichungen, das von Computersimulationen dieser Vorgänge begleitet wird. Mathematisierbarkeit ist jedoch kein Synonym für die prinzipielle Vorhersagbarkeit organismischer Vorgänge – geschweige denn ganzer Organismen – da schon viele sehr einfache nichtlineare Systeme unter bestimmten Bedingungen ein kaum vorhersagbares Verhalten zeigen.

Die mathematische Behandlung biochemischer Netzwerke ist von zentraler Bedeutung für die formale Beschreibung lebendiger Vorgänge. Die Systembiologie widmet den Signal-Netzen, die bei der Kommunikation zwischen Zellen aktiv sind, große Aufmerksamkeit, weil sie den Metabolismus, die Form und Bewegung der Zellen und folglich auch die embryonale Entwicklung beeinflussen. Es gibt ein großes Spektrum von Signal-Molekülen, die in Tieren aktiv sind, wie z. B. Hormone und Neurotransmitter, die auch für neuronale Vorgänge essentiell sind. Die systembiologische Literatur beschreibt Tausende solcher Netzwerke. Der in Abbildung 3 enthaltene Graph ist ein gutes Beispiel für ein sehr einfaches Signalnetzwerk, eine sogenannte „Signal-Leitbahn“ („Signal-pathway“) (Tyson et. al. 2003). Das Symbol S repräsentiert dabei eine Randbedingung – die konstant gehaltene Konzentration eines Signal-Moleküls, das als Stimulus, als Input, agiert – und R steht für die Konzentration eines Moleküls, das als Reaktion („Response“) darauf – als Output – erzeugt wird. Die Symbole E und E* repräsentieren die Konzentrationen von zwei Enzymen und k_1 , k_2 , k_3 und k_4 stehen für die sogenannten „Kontrollparameter“, welche die chemischen Reaktionen empfindlich beeinflussen. Sie werden ebenfalls als konstante Größen angenommen. Schließlich repräsentiert K_0 eine ebenfalls konstante Randbedingung. Die Größen S und K_0 machen die Offenheit des Systems aus und die Schleife zwischen K_0 , E*, R, E und

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

E^* (vgl. Graph), die eine kausale Rückkopplung darstellt, seine Nichtlinearität.

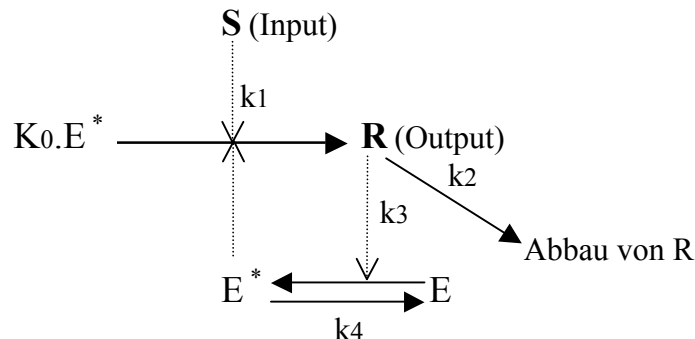


Abb. 2: Der Graph eines sehr kleinen Signal-Netzwerks (Signal-Leitbahn). Die Pfeile symbolisieren kausale Verhältnisse. Die durchgezogenen Pfeile zeigen welche chemischen Stoffe aus welchen erzeugt werden. Die gestrichelten Pfeile zeigen, was für Stoffe auf welche Reaktionen Einfluß nehmen. Die Kontrollparameter beeinflussen bestimmte Vorgänge, was durch die Nähe zu den entsprechenden Pfeilen gezeigt wird (Tyson et. al. 2003).

Von besonderem Interesse sind die sogenannten „stationären Zustände“ („steady states“). Bei ihnen ändert sich die Konzentration von R nicht. Die Stationarität von R wird von einer sehr komplizierten nichtlinearen Differentialgleichung beschrieben, die drei Lösungen hat, von denen aber nur zwei Lösungen stabile stationäre Zustände darstellen (ebenda). Das zeigt folgendes Bild:

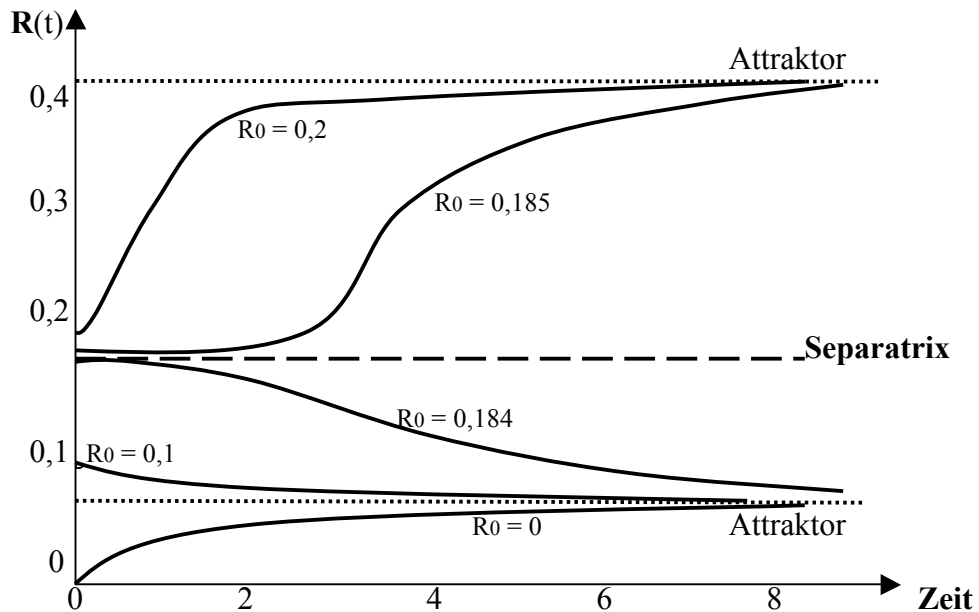


Abb. 3: Die möglichen Entwicklungen der Konzentration des Antwort-Moleküls R in Abhängigkeit von der Zeit.

Wie man sieht, besteht die Teleonomie dieses Systems in der Existenz von nur zwei möglichen Endzuständen. Solche Bereiche der Phasenräume werden als „Attraktoren“ bezeichnet, weil sie das System anzuziehen scheinen. Das System erreicht mit Notwendigkeit einen dieser beiden Attraktoren, in Abhängigkeit von der Konzentration seines Anfangszustands R_0 („Anfangsbedingung“).

Es ist besonders zu beachten, dass sich bei Anfangszuständen R_0 , die sich zwischen 0,184 und 0,185 befinden, das Verhalten des Systems radikal ändert. Die horizontale Linie (gestrichelt dargestellt), die durch diesen theoretisch unendlich kleinen Bereich verläuft, teilt den Phasenraum in zwei separate Gebiete, weshalb sie „Separatrix“ genannt wird. Die weitere Entwicklung aller Zustände des Systems, die sich genau auf der Separatrix befinden, ist nicht determiniert und somit – aus mathematischen Gründen – nicht vorhersagbar. Unmittelbar benachbarte Trajektorien, zwischen denen die Separatrix verläuft, divergieren mit der Zeit stark voneinander.¹¹ In enger Nähe zur Separatrix können thermische oder quantenphysikalische Fluktuationen, welche – aufgrund ihrer physikalischen Natur – immer zufällig und ungerichtet sind, den Übergang des Systems von einer Trajektorie zu einer anderen, unmittelbar benachbarten, verursachen. Es gibt also Phasenraumbereiche, in denen die Entwicklung von Netzwerkzuständen aus mathematischen und physikalischen Gründen indeterminiert und somit prinzipiell nicht vorhersagbar ist.

Die Systembiologie kennt viele mögliche Dynamiken biochemischer Netzwerke, wie z. B. periodische Oszillationen. Aber das oben beschriebene Verhalten, das als „Bistabilität“ bezeichnet wird, ist von besonderer biologischer Bedeutung und demonstriert außerdem, dass einige Phasenräume indeterminierte Bereiche enthalten, ohne chaotisch zu sein.

1.2.b. Das Gehirn als dynamisches System

Neurophysiologische Vorgänge sind ebenfalls Gegenstand systembiologischer Analysen. Hochgradig komplexes Verhalten ist bei verschiedenen Ebenen des Nervensystems beobachtet worden. Erstens ist es bei der Dynamik des Gesamtgehirns anzutreffen (King 1996, 200f.). Seit mehreren Jahren ist bekannt, dass Elektroenzephalogramme (EEGs) chaotische Dynamik bei verschiedenen Bewusstseinszuständen präsentieren. Deterministisches Chaos tritt bei unterschiedlichen Phasen der kortikalen Aktivität auf: beim Schlaf, bei ruhender Wachsamkeit und bei pathologischen Zuständen, wie der Epilepsie. An dieser Stelle ist allerdings festzuhalten, dass „deterministisches Chaos“ keineswegs

¹¹ Vgl. auch: Gardner et. al. 2000.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

bedeutet, dass das System sich ungeordnet durch alle möglichen Bereiche des Phasenraumes bewegt. Es werden nur ganz bestimmte Regionen des Phasenraumes „besucht“, allerdings in einer prinzipiell nicht vorhersagbaren Reihenfolge. Denn ein besonderes Merkmal deterministisch-chaotischer Dynamik ist die sehr häufig vorkommende Divergenz eng benachbarter Trajektorien. Unter realen physikalischen Bedingungen, d. h. wenn zufällige Fluktuationen, quantenphysikalischer oder thermischer Art, vorhanden sind, kann ein chaotisches System spontan auf eine benachbarte Trajektorie übergehen, die es mit der Zeit zu radikal verschiedenen Zuständen führt. Die im letzten Abschnitt dargestellte Instabilität ist also bei chaotischen Systemen in ihrem ganzen Phasenraum anzutreffen. Deterministisch-chaotische Sensibilität erlaubt dem Gehirn, verschiedene mögliche Zustände seines Phasenraumes einzunehmen, was dem Organismus evolutionäre Vorteile gewährt. Das Überleben in einer sich permanent veränderten Umwelt verlangt nach dem Vermögen, verschiedenste Wahrnehmungen zu verwirklichen, ohne in ihnen stecken zu bleiben – d. h. es verlangt danach, voneinander entfernte Zustände des Phasenraumes nacheinander einnehmen zu können, in ihnen kurz zu verweilen und sie wieder *leicht* verlassen zu können. So kann der Organismus auf externe oder interne Reize rechtzeitig und adäquat reagieren. Deterministisch-chaotische Sensibilität ist also ein Synonym für Flexibilität und Wachsamkeit, d. h. Bindung an die Umwelt, ohne von ihr determiniert zu werden. Zweitens tritt deterministisches Chaos bei einzelnen Zellen auf, die verschiedenen Zellarten angehören (King 1996, S. 201, 206). Es gestattet den Nervenzellen, leicht erregbar zu sein und somit für ihre innerorganismische Umwelt, also die anderen Nervenzellen, empfänglich zu bleiben (ebenda, S. 210). Drittens können auch die an den Synapsen der Nerven aktiven Ion-Kanäle, aufgrund nichtlinearer Interaktionen, an der Zellmembran chaotische Dynamik präsentieren (ebenda, S. 201, 208).

Besonders bezeichnend für die Komplexität der Architektur des Nervensystems ist, dass die makroskopische Ebene des Gehirns mit der mikroskopischen Ebene des einzelnen Neurons eng verknüpft ist. So steht z. B. eine pyramidale Nervenzelle des Hippokampus mit verschiedenen Gehirnarealen in Verbindung; und eine gewöhnliche Nervenzelle interagiert wegen ihrer dendritischen Verzweigungen mit tausend bis zehntausend, manchmal sogar mit mehr als hunderttausend anderen Nervenzellen. Diese Verschränkung der Ebene des gesamten Nervensystems mit der Ebene der einzelnen Nervenzellen in Verbindung mit dem Vermögen des Gehirns und der einzelnen Neuronen, sich unter bestimmten Bedingungen deterministisch-chaotisch zu verhalten, erlaubt dem Gehirn, den Zustand eines einzelnen Neurons radikal zu verändern (ebenda, S. 206f.). Sie ermöglicht aber unter besonderen Umständen auch einer Gruppe von

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Neuronen, oder sogar einer einzigen Nervenzelle, wie manche Autoren behaupten, den Zustand des Gesamtgehirns global zu beeinflussen (King 1996, S. 205f.).

1.2.c. Kritik

Es ist typisch für alle dem Autor bekannten mathematischen Darstellungen selbstorganisierten Verhaltens – biologischen und anorganischen –, dass sie von den Werten *vieler* Größen stark abhängig sind. Diese werden von den Theoretikern, bei ihren Berechnungen, bzw. von den Experimentatoren bei ihren Versuchen, vorgegeben und können von den Systemen nicht verändert werden. Im oben behandelten Beispiel der Signal-Leitbahn könnte die Variation schon einer einzigen der als konstant angenommenen Größen, wie der Randbedingung S und K_0 oder der Kontrollparameter, dramatische Veränderungen des Systemverhaltens mit sich bringen. Sie könnte die Struktur des Phasenraumes radikal verändern, so dass dem System völlig andere Trajektorien, folglich auch ganz andere Endzustände, zur Verfügung stehen würden. Bei realen Organismen beeinflusst jedoch das Output jeder Signal-Leitbahn das Input oder die Kontrollparameter einer oder mehrerer Leitbahnen. Die Dynamik aller Lebewesen ist *organisationell geschlossen*. Das bedeutet, dass sogar beim einfachsten Bakterium die genetischen, metabolischen und Signal-Netzwerke ein Gesamtnetzwerk enormer Komplexität formen. Im scharfen Gegensatz zum oben behandelten Beispiel werden *alle* Größen eines solchen realen organismischen Netzwerks von seiner eigenen Dynamik selbst variiert und aufeinander ausbalanciert. In diesem Sinne ist das Gesamtnetzwerk organisationell geschlossen – es ist *selbstorganisiert* im eigentlichen Sinne dieses Wortes, nicht nur in einem technisch-reduzierten. Die Ontogenese eines vielzelligen Organismus stellt eine solche selbstorganisierte Entwicklung dar. Sie ist das Resultat einer organisationell geschlossenen Dynamik, die den Organismus selbst und seine jeweils unmittelbare Umgebung einschließt.

Wäre aber ein Organismus nichts mehr als ein sehr komplexes dynamisches System – wovon der systemische Teleonomismus ausgeht –, so müsste die Anzahl seiner möglichen physikalischen Entwicklungen, *unter den realistischen Bedingungen einer vollkommen autonomen Selbstorganisation*, viel größer sein als sie auf der Basis der systembiologischen Arbeitsweise geschätzt werden muss. Denn in diesem Fall wäre die externe Vorgabe von Randbedingungen und von Kontrollparametern – die die Möglichkeiten der Dynamik des Systems kanalisiert und folglich seine Entwicklungswege einschränkt – weggefallen. Ein so komplexes, sich selbst überlassenes, dynamisches System würde oft Bereiche prinzipiell indeterminierter Dynamik betreten, in denen unmittelbar benachbarte Trajektorien stark voneinander divergieren. Dabei gibt es, zusätzlich dazu, keinen vernünftigen Grund, davon auszugehen, dass alle physikalisch möglichen Zustände

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

automatisch Zustände des Lebendig-Seins sind. Es gibt vielmehr gute Gründe, nur eine extrem geringe Anzahl physikalisch möglicher Zustände für biologisch sinnvolle zu halten, denn schon eine geringe Veränderung des physikalischen Gesamtzustands eines Organismus – was mit dem Übergang auf einen benachbarten Punkt abzubilden ist – kann seinen Tod bedeuten.

Auf der Basis dieser Überlegungen stellt sich mit Notwendigkeit die Frage, wie es einem Organismus gelingen kann, nur solche mögliche Entwicklungsbahnen einzuschlagen, die für die Regeneration seiner Struktur oder für das Erreichen einer für seine Art typischen Gestalt am Ende seiner Embryogenese stehen. Was erlaubt einem Organismus, der *Entgleisung* in Bereiche der Desorganisation bzw. der embryonalen Fehlentwicklung zu widerstehen, wenn er verschiedenen physikalisch gleichberechtigten Möglichkeiten begegnet und dabei über *keine teleologische Geistigkeit* verfügt, die ihm erlauben würde, unter diesen Möglichkeiten, eine biologisch sinnvolle Auswahl zu treffen?

Diese Frage lässt sich auch für die komplexe Organisation jedes Nervensystems auf eine ähnliche Weise formulieren: Wie kann es dem Gehirn gelingen, wenn es lediglich ein sehr komplexes dynamisches System ist, die Entgleisung auf solche Trajektorien, die für psychopathologische Zustände stehen, zu vermeiden? Wie kann ein solches System, angesichts der Existenz quantenphysikalischer und anderer Fluktuationen, vor dem Einschlagen solcher Trajektorien bewahrt werden, die zu Zuständen der hochgradigen geistigen Verwirrung führen, wenn es ihm an jeglicher Form von teleologischer Geistigkeit ermangelt – wovon jeder Teleonomismus ausgehen muss? Völlig analog zur Frage der organismischen Selbsterhaltung und Entwicklung kann man auch im Falle des Gehirns nicht davon ausgehen, dass alle Trajektorien automatisch nur zu solchen Bereichen des Phasenraumes führen, die Zustände psychologisch gesunder oder intentional gerichteter Organismen beschreiben. Zustände die der Physikochemie hochgradig defekter bzw. vollkommen zerstreuter und passiver Gehirne entsprechen, sind aus der Sicht der Physik gleichberechtigt mit Zuständen, die für biologische und psychische Gesundheit charakteristisch sind. Was erlaubt also dem Gehirn, wenn es *nur ein blindes deterministisches System* ist, eine angefangene Aufgabe zu erledigen, und bewahrt es von der *Abdrift* in solche Endzustände, die für den Verlust der konkreten Intention stehen?

Diesen Variationen der selben Fragen muss auch eine altbekannte philosophische Aporie ergänzend zur Seite gestellt werden: Wie sind mentale Zustände, die vielen Lebensformen zweifelsohne zukommen, in rein physische Zustände – mit denen der systembiologische Teleonomismus ausschließlich operieren darf – zu übersetzen? Diesbezüglich lässt sich nach wie vor nicht einmal

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

die Richtung eines Lösungsweges erahnen.

Zurückkommend auf die weiter oben erwähnte Zukunftsvision der rechnerischen Simulierbarkeit ganzer Organismen und Nervensysteme, kann an dieser Stelle Folgendes gesagt werden: Es ist rein theoretisch nicht auszuschließen, dass in der fernen Zukunft die Theorie dynamischer Systeme unter dem Einsatz von unvorstellbar leistungsfähigen Großrechnern den *modalen* Aspekt von Organismen und ihren Nervensystemen berechnen können wird, d. h. die *möglichen* Wege ihrer physikochemischen Zustandsentwicklung. Aber selbst wenn das gelingen sollte, wird sie nicht den *aktualen* Aspekt ihrer Entwicklung erfassen können. Dieser besteht in der *Verwirklichung* einer extrem geringen Zahl von Möglichkeiten, die zwar aus biologischer bzw. kognitiver Sicht sinnvoll, aber nach physikochemischen Kriterien den restlichen, nicht verwirklichten Möglichkeiten gleichberechtigt sind.

Die Lösung dieses Problems scheint dem Autor die Überwindung jedes noch so erweiterten Teleonomie-Denkens zu erfordern. Denn die eben beschriebene Verwirklichung ist nichts anderes als eine *Entscheidung* – im eigentlichen und nicht im metaphorischen Sinne des Wortes – und, als solche, verlangt sie notwendig nach einem bewertenden Erleben, das noch so primitiv sein kann. Bewertungen, Erlebnisse und Entscheidungen sind Akte, die einen völlig anderen ontologischen Rahmen als den des (naturwissenschaftlich-)systemischen Denkens erfordern, wenn sie nicht zu bloßen Metaphern karikiert werden sollen. Dies ist unvermeidbar, weil diese Akte, wie schon gesagt, in physikalische Kategorien prinzipiell nicht übersetzbar sind. Dabei muss es sich um eine Ontologie handeln, *die Kausalität nicht auf Wirkursachen reduziert*. Das eben beschriebene Problem der Nicht-Begründbarkeit der Auswahl unter gleichberechtigten Möglichkeiten würde nicht existieren, wenn in den abstrakten (Phasen-)Räumen des systembiologischen Teleonomismus auch andere Ursachen denkbar wären, die sich nach der Verwirklichung von *Sinn* ausrichten könnten, anstatt vollkommen blind zu sein.

Diese Überlegungen verweisen wieder auf die Idee der Teleologie – die ja wesentlich umfassender ist als die der Teleonomie –, und zwar auf ihre ursprüngliche Konzeption, die Intentionalität und Antizipation impliziert. Das darf allerdings nicht zu einem Rückfall in antike und mittelalterliche alt-metaphysische Konstruktionen führen, wie den sogenannten Vitalismus. Dem vitalistischen Teleologismus haften essentiell zwei Probleme an. Er kann erstens nicht erklären, wie eine geistige Entität, z. B. eine Seele, auf die organismische Materie wirken kann, ohne die kausale Geschlossenheit der physischen Welt, d. h. physikalische Erhaltungssätze, zu verletzen. Und er bleibt zweitens die Erklärung schuldig, wie etwas Geistiges auf Physisches überhaupt wirken kann, worin auch das altbekannte Geist-Materie- bzw. Leib-Seele-Problem besteht.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Whitehead hat im Rahmen seiner „spekulativen Kosmologie“ eine Teleologie-Konzeption vorgelegt, die einerseits die Möglichkeit anbietet, die Probleme des systembiologischen Teleonomismus zu überwinden, andererseits aber erlaubt, dessen Verdienste in ein erweitertes Bild vom Organismus aufzuheben. Das Whiteheadsche Verständnis von Teleologie kann folglich beträchtlich zur Entwicklung einer Biologie für das 21. Jahrhundert beitragen.

2. Biologische Vorgänge im Lichte der Whiteheadschen Prozessontologie

Alfred North Whitehead (1861-1947) wird oft als der bedeutendste Erneuerer der Naturphilosophie und der Metaphysik der Gegenwart angesehen. Seine in den zwanziger und dreißiger Jahren des letzten Jahrhunderts entstandenen philosophischen Werke bilden seine letzte große Schaffensperiode, die an seine überaus erfolgreichen Phasen als Logiker, Mathematiker und Physiker anschließt.

Whitehead gilt als der bekannteste Exponent einer philosophischen Richtung, die in den Jahrzehnten um 1900 vor allem im angelsächsischen Sprachraum entstanden ist. Diese philosophische Richtung, die viele Überschneidungen mit etablierten philosophischen Grundströmungen der Vergangenheit – wie der Lebensphilosophie und dem Pragmatismus – aufweist, kann als *Prozessphilosophie*, im weiteren Sinne dieses Wortes, bezeichnet werden. Sie wird heute – vor allem von der Whitehead-Forschung angestoßen – allmählich als eigenständige Tradition erkannt. Genuin prozessphilosophische Ideen durchziehen Werke von Henri Bergson, Friedrich Nietzsche, Charles Sanders Peirce, William James, John Dewey, Samuel Alexander, Nicholas Rescher und natürlich die Werke der Whitehead-Schüler Charles Hartshorne und Paul Weiss. Die Begründung dieser Denkrichtung wird jedoch nach wie vor Heraklit zugesprochen.

Die primär antimetaphysische Einstellung, die das späte 19. und das 20. Jahrhundert prägte, trug dazu bei, dass prozessphilosophisches Gedankengut bis vor kurzem aus der philosophischen und der weiteren geistig-kulturellen und weltanschaulichen Landschaft praktisch verbannt wurde. Deshalb gehört diese neo-metaphysische Richtung nicht zum philosophischem Establishment. Dies hat zur Folge, dass Whiteheads Denken, das sich vor allem in seinem monumentalen Hauptwerk *Process and Reality* verkörpert, bis vor wenigen Jahrzehnten beinahe ohne Wirkung geblieben ist. Um so erfreulicher ist folglich die in den letzten Jahren zu beobachtende wachsende Begeisterung für das Werk Whiteheads, die nicht allein auf die Philosophie beschränkt bleibt. Diese sich allmählich abzeichnende Änderung hat unterschiedliche Gründe – an erster Stelle wäre hier der zunehmende Abbau der Vorurteile gegen metaphysisches Denken überhaupt zu

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

nennen.¹²

2.1. Actual entities: die „elementarsten Fakten“

Die Grundintuition aller Prozessphilosophien besagt, dass die primären Entitäten des Universums *Prozesse* sind und keine Substanzen. Alles Persistierende wird zum Resultat der Aufeinanderfolge von miteinander zusammenhängenden Prozessen erklärt. Whitehead bezeichnet die „elementarsten Fakten“ der Wirklichkeit als *actual entities*. Die Whiteheadsche Version der Prozessphilosophie beruht auf einigen Grundideen, die auch anderen Protagonisten dieser Denkkultur vertraut sind.

2.1.a. Negation der Ontologie-Relevanz natürlicher und formaler Sprachen

Whitehead lehnt es entschieden ab, natürliche und formale Sprachen als Leitmittel des philosophischen Operierens zu sehen. Vielmehr müssen sie einer spekulativen Erkenntnis zur Seite stehen, die von der Erfahrung ausgeht, um einen wohlbegründeten Schritt über diese hinaus zu tun. Die Substanzontologie, als Resultat der Verfangenheit im Glauben an die Ontologie-Relevanz bzw. philosophische Überbewertung natürlicher Sprachen, ist die philosophische Position, von der er sich am meisten distanziert und zu der die Prozessmetaphysik eine Alternative eröffnen soll. Die sprachkritische Haltung Whiteheads kulminiert in der Zurückweisung der alt-metaphysischen Prämisse, dass die Natur der primären Entitäten des Universums, aus denen alles Dauernde besteht, vom Subjekt-Prädikat-Schema der Sprache adäquat beschrieben wird, worauf die verschiedenen Substanzphilosophien beruhen. Der Versuch, die ontologischen Fundamente der Realität nicht als Substanzen aufzufassen, ist also auch eine Konsequenz der sprachkritischen Haltung Whiteheads.

2.1.b. Physisch-mentale Bipolarität

Eine zweite Grundidee seiner Metaphysik ist die Annahme, dass die actual entities unlösbar *physisch-mentale Einheiten* sind – einer der zentralsten Punkte, an denen sich deutlich seine Verwandtschaft mit Leibniz zeigt. Auf diese Weise reagiert Whitehead auf das von ihm so benannte Problem der “bifurcation of nature”, der Zweiteilung der Natur in Geist und Materie, das seit dem 17. Jahrhundert in Philosophie und Wissenschaft eine wichtige Rolle spielt. Er sieht sonst keinen

¹² Eine Analyse der verschiedenen Gründe dieses „Klimawechsels“ kann hier nicht geleistet werden, zumal dies den Rahmen des vorliegenden Buches sprengen würde. Der Verweis auf die zunehmenden Zweifel, inwiefern die Kritiker der Metaphysik tatsächlich jenseits jeder Form metaphysischen Denkens stehen, soll an dieser Stelle ausreichend sein (vgl. auch: Hampe 1991, S. 13).

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

anderen Weg, noch so primitive Erlebensakte in eine vollkommen geistlose Natur zu integrieren. Dass die Erhöhung der neuronalen Komplexität einer auf Wirkursachen basierenden Dynamik plötzlich ein inneres, erlebtes Geschehen dazu addiert, hält Whitehead – mit Recht – für unverständlich. Deshalb konzipiert er die actual entities als *Erlebensprozesse* und *Subjekte* ihrer eigenen erlebten Unmittelbarkeit. Sie sind physisch-mentale bipolare Ganzheiten, d. h. sie sind mit Subjektivität begabte Entitäten, die sich immer auf raumzeitlich Existentes beziehen und dieses auch hervorbringen (s. Abschnitt 2.2.). Die Whiteheadsche Prozessphilosophie beruht also auf einer pansubjektivistischen Ontologie, ohne aber ein Panpsychismus zu sein (Wiehl 1990, S. 210-225).

Whitehead wird seinerseits nicht müde, gegen die Verwechslung von mentaler Aktivität mit Bewusstsein zu sprechen. Fast alle actual entities sind lediglich *protomentale* Erhebungen und, als solche, kaum mit Bewusstsein begabt. Die verschiedenen Prozesse sind Konstitutionskomplexe unterschiedlichster Art und können, je nach ihrer Komplexität, alle denkbaren Grade von Bewusstsein aufweisen, d. h. auch völlig bewusstlos sein. *Aber alle Prozesse sind Erfahrungskomplexe*. Damit weist Whitehead bei seiner Begründung der Subjekt-Konzeption auf prozessontologischer Basis dem Begriff der Erfahrung eine viel größere Rolle als dem des Bewusstseins zu. Die actual entities sind Subjekte, jedoch keineswegs im Sinne der alt-metaphysisch gedachten substantiellen Subjektivität. Da ein prozessuales Subjekt keine Substanz ist, kann es sich seinen Erfahrungen gegenüber nicht so verhalten wie ein logisches Subjekt, das seine Prädikate trägt, als wären sie ihm akzidentiell anhaftende Größen. Es kann nicht ein zugrundeliegender substanzieller Träger sein, der verschiedene Erfahrungen durchlebt.

Der Weg Whiteheads kann also nur darin bestehen, das prozessuale Subjekt nicht von seinen Erfahrungen zu trennen. Er konzipiert es als eine Ganzheit von Erfahrungen, die zu einer bestimmten Einheit *zusammenwächst*. Die Quelle dieser Erfahrungen kann aber nicht ausschließlich im Subjekt zu verorten sein, da dieses ja nicht eine monadische Substanz Leibnizscher Art sein kann¹³ – Erfahrungen muss das prozessuale Subjekt vielmehr auch durch dessen „Fenster“ seiner Beziehung zur Realität – die in der Totalität aller Prozesse besteht – machen können. Jede actual entity *ist* also ein Prozess der Verschmelzung der Erfahrungen, die sie mit anderen prozessualen Subjekten macht, zu einer bestimmten Erlebenseinheit.

¹³ Nicht nur die Negation jedes denkbaren Substanz-Begriffes, sondern auch die Skepsis bezüglich der ontologischen Relevanz von Sprachen und Logik verbieten Whitehead, Leibniz' Vorstellung des Einschließens der Prädikate ins Subjekt für eine echte Alternative zu halten. Diese Idee muss für ihn eine extreme Form des Panlogismus darstellen.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

2.1.c. Interne Relationalität

Das dritte Fundament der Whiteheadschen Ontologie folgt im Grunde automatisch aus der Verbindung von Prozessualität und Subjektivität. Wenn ein Prozess erst durch Erfahrungsrelationen zu anderen Prozessen zustande kommt, kann er von ihnen nicht im geringsten abgelöst werden, womit es sich dabei notwendig um *interne Relationen* handelt. Die größte Schwierigkeit der Whiteheadschen Ontologie kann darin gesehen werden, dass der Prozess, der die Erfahrungsrelationen hervorbringt, weder zeitlich noch logisch vor ihnen existiert. Das kann, wenn überhaupt, nur intuitiv erfasst werden. Denn es verlangt nach der Überwindung der Grenzen der Sprache, in der sich notwendig jeder Autor ausdrückt (was Whiteheads Kritik bezüglich der Ontologie-Relevanz der Sprache auch aus einer anderen Warte beleuchtet).

2.2. Der Prozess als Zusammenwachsen

Die elementarsten Fakten der Natur, die actual entities, sind Akte der Selbstkonstitution, Prozesse der Gestaltung der eigenen Beschaffenheit. Das *Wesen* einer actual entity besteht in ihrer erlebten Selbsterschaffung durch den Bezug auf andere, schon entstandene Prozesse, die konkrete Positionen in der Raumzeit einnehmen. Diese Art des wesensgründenden Bezugs nennt Whitehead „*Erfassen*“ („prehension“). Der Prozess ist ein Zusammenwachsen der vielen schon vollendeten Entitäten, die erfasst werden, zu einer neuen actual entity. Whitehead bezeichnet den Prozess als „*concrecence*“; dabei geht er vom lateinischen Verb „conresco“, das „zusammenwachsen“ bedeutet, aus. Man kann also folgende Formel verwenden: *actual entity = process = concrecence = essence (Wesen)*. Die concrecence einer actual entity ist also ihr Wesen; die neue actual entity ist nichts anderes als ihr concrecence-Prozess selbst.

Das Zusammenwachsen der verschiedenen internen Erfahrungsrelationen eines Prozesses zu einer Erlebenseinheit kann aber *kein* deterministischer Ablauf sein. Denn dafür müssten dem Prozess gestaltende Substanzen, physischer oder ideell-geistiger Natur, innewohnen. Die Prozessualität der primären Entitäten verbietet aber geradezu, sie für die Resultate substantieller Kräfte zu halten, denn unter „Zusammenwachsen“ versteht Whitehead eben nichts weniger als die Verschmelzung aller integrierten Tatsachen zu einer neuen Entität und nicht die Rekombination dieser zu einem neuen Konglomerat, als wären sie atomare Module. Der Prozess wird *weder von deterministischen Wirkursachen noch von unwandelbaren teleologischen Finalursachen durchzogen*. Sein prozessuales Wesen besteht in einer Selbsterschaffung, für die die Gesetzmäßigkeiten und

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Tatsachen der ideellen und physischen Realität – d. h. Mathematik, Logik, mentale Inhalte, physikalische Gesetze, physische Ganzheiten usw. – lediglich einen allgemeinen Rahmen von *Möglichkeiten* setzen, ohne die Entstehung ihrer Form festlegen zu können. Jedem Prozess wohnt also eine nicht weiter reduzierbare *Spontaneität* inne, was zur Folge hat, dass seine Selbstgestaltung einer ontisch und nicht bloß epistemisch bedingten Kontingenz unterliegt.

Die vielen Prozesse, die ein gerade entstehender Prozess vorfindet und erfasst, eröffnen der neuen concrescence verschiedene Möglichkeiten der Vereinigung der erfassten Vielheit zu einer neuen Entität. Der concrescence-Prozess kommt zu seinem Abschluss, wenn alle Unbestimmtheiten in bezug auf die Realisierung von Möglichkeiten beseitigt sind, womit die neue actual entity als ein raumzeitliches Datum in Erscheinung tritt. Diese abschließende Manifestation als Raum-Zeit-Datum ist der Ausdruck des Aktes einer *Entscheidung*, die im Verwirklichen einer einzigen der offenstehenden Möglichkeiten des Zusammenwachsens, und somit im Verwerfen der restlichen, besteht.

Viele moderne Interpretationen der Prozessphilosophie Whiteheads stimmen darin überein, dass mit der Konzeption der actual entities eine sehr inspirierende Beschreibung der *quantenphysikalischen* Aktualisierungsprozesse vorliegt. Diese bestehen in den Zusammenbrüchen der Wellenfunktionen zu raumzeitlich lokalisierten Teilchen – also zu mikrophysikalischen Entitäten, die erst am Abschluss dieses Kollapses sich in der Raumzeit manifestieren. Besonders interessant sind in diesem Zusammenhang die Arbeiten des bekannten Physikers Roger Penrose und des Gehirnforschers und Quantenbiologen Stuart Hameroff, die ausgehend von der Whiteheadschen Naturphilosophie für die Existenz von actual entities *mesokosmischer* Dimensionen argumentieren. Hameroff spricht von actual entities, die sich im menschlichen Gehirn mit einer Frequenz von 40 Hz manifestieren und in denen 10.000 bis 100.000 Neuronen involviert sein können (Hameroff, 2003, S. 76-78). Der Bewusstseinsstrom der menschlichen Personalität ist, so gesehen, eine Aufeinanderfolge hochkomplexer actual entities, deren mentale Seite die Schwelle des Bewusstseins erreicht hat.

2.2.a. Prozessuale Teleologie

Whitehead versteht jede concrescence einer actual entity als eine „teleologische Selbstschöpfung“ (“teleological selfcreation”) (1967, S. 195).¹⁴ Dabei spricht er natürlich keineswegs von „Teleologie“ im Sinne der substanzphilosophischen Konzepte Aristoteles’, Leibniz’ und der Vitalisten. Er vertritt ein moderates

¹⁴ Vgl. auch: Whitehead 1967, S. 194, 201; 1979, S. 214; Wolf-Gazo 1980, S. 15.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Teleologie-, bzw. Finalitäts-Konzept, dessen Kerngedanke darin besteht, dass zum Wesen jedes elementaren Subjekts auch die Herauskristallisierung des Zieles, nach dem es strebt, gehört: "Process is the growth and attainment of a final end" (1979, S. 150). Whitehead nimmt ein *final* ausgerichtetes Streben an, bei dem das Ziel im Kreieren der gesuchten Endform besteht. Das Ziel determiniert also nicht das Werden des Prozesses, denn es wird während des Prozesses, und durch ihn, modifiziert (1979, S. 83-84, 224, 167). Das Konvergenz-Ziel der Verschmelzung der erfassten Inhalte zu einer neuen Einheit ist also selbst dem Prozess der Transformation unterworfen. Das unorthodoxe Teleologie-Verständnis Whiteheads lässt sich wie folgt auf den Punkt bringen: *Der Prozess geht nicht in Teleologie auf, sondern die Teleologie im Prozess*. In diesem Sinne kann man von einer „prozessualen Teleologie“ sprechen.

2.2.b. Prozesse bilden Gesellschaften

Allen weltlichen actual entities ist gemeinsam, dass sie nicht persistieren, sondern nur von mikrochronischer Lebensdauer sind.¹⁵ Da sie Prozesse sind, verlieren sie ihre Existenzberechtigung, sobald ihr Werden abgeschlossen ist und sie als raumzeitliche Daten erfasst werden können. Würde man das Resultat ihres Werdens, ihre raumzeitliche Manifestation, mit Hilfe von Phasenräumen veranschaulichen, so dürfte man ihnen nur sehr begrenzte, meist beinahe punktförmige, Regionen zuweisen und keine Trajektorien.

Die über längere Zeit bestehenden Objekte unserer sinnlichen und wissenschaftlichen Erfahrung, denen Bewegung und Veränderung zukommt, versteht Whitehead als *Gesellschaften* von actual entities – er nennt sie "*societies*". Typisch für jede society ist, dass in ihr ein „gemeinsames Formelement“ durch die Zeit bestehen bleibt. Dieses Formelement, das Whitehead auch „definierendes Charakteristikum“ (1979, S. 34) nennt, macht die Form und Zusammensetzung dieser society aus. Es wird von ihren Mitgliedern, den Prozessen, auf ihre Nachfolger weiter vererbt. Fast alle societies bestehen aus parallel existierenden Strängen der Vererbung, von denen jeder eine eindimensionale Aufeinanderfolge von actual entities darstellt. Diese Stränge sind aber, den Fäden eines feinen Netzes ähnlich, stark miteinander verflochten, weil ihre Mitglieder auch die Mitglieder benachbarter Stränge erfassen und nicht nur ihren jeweiligen Vorgänger, den sie ersetzen. Somit sind die einzelnen Prozesse einer society Knoten eines Geflechts

¹⁵ Whitehead hat auf der Basis seiner Ontologie auch ein neues Gottesverständnis angeboten (1979, S. 342ff.). Gott wird als ein „immerwährender“ Prozess gedacht, der sich mit der weltlichen Realität in einem gegenseitigen Erfassungsverhältnis befindet. Er ist für sie konstitutiv, aber bezieht sie auch in seine eigene Wesensbildung ein. Da Gottes Werden nie abgeschlossen ist, erscheint er auch nie als ein raumzeitliches Datum und ist folglich die einzige nicht weltliche actual entity.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

der gegenseitigen Wesensinterdependenz. Sie existieren *ineinander* – in einem ontologischen Sinne dieses Ausdrucks.

Dieses Geflecht der gegenseitigen Erfassungen verleiht den societies Stabilität und somit raumzeitlich kontinuierliche Entwicklung, die mit Hilfe von Trajektorien in Phasenräumen dargestellt werden kann.

2.2.c. „Lebendige Gesellschaften“

Lebewesen sind besondere societies. Es ist essentiell für das Whiteheadsche Verständnis des Lebendigen, dass eine society nur dann lebendig ist, wenn sie actual entities enthält, deren mentaler Pol von besonderer Originalität ist (1979, S. 103). Diese actual entities nennt Whitehead “living occasions” (ebenda, S. 104). Die Originalität einer living occasion wurzelt darin, dass sie etwas einführt, das bis zum Zeitpunkt ihres Eintretens im Leben der lebendigen society noch nicht verwirklicht worden ist. Für ein „lebendiges Ereignis“ ist also wesentlich, dass es nicht nur der Vererbung eines definierenden Charakteristikums dient. Die Bedingung für die Spontaneität lebendiger Ereignisse ist die Freiheit vom Zwang der linearen Verlängerung der vergangenen Entwicklung einer society. Es ist vielmehr charakteristisch für die living occasions, dass sie nicht-konform mit der Vergangenheit gehen, die sie vererben, weshalb sie auch nicht allein durch Naturgesetze erklärbar sein können. Denn ganz anders als dies bei teleonomischen Systemen der Fall ist, führen sie etwas *Spontanes* in die Fortsetzung der Geschichte eines Lebewesens ein, das nicht in dessen Vergangenheit begründet ist (ebenda).

Der systembiologische Teleonomismus könnte, aus Whiteheadscher Sicht, nur dann die Lebewesen zufriedenstellend beschreiben, wenn sie bloße societies wären. Denn das auf Wirkursachen basierende Denken, das die tragende Säule allen teleonomischen Denkens bildet, verlangt, dass bestimmte Gesetzmäßigkeiten – sie seien von universeller Reichweite (Naturgesetze) oder ausschließlich für den speziellen Organismus gültige – durch die Zeit ihre Wirkung behalten. Whitehead erkennt diesen Punkt an, weigert sich aber, Leben darin zu verankern, geschweige denn zu begrenzen. Aus der Perspektive seines Denkens kann lediglich der Abdruck des Lebendigen durch Trajektorien erschöpfend wiedergegeben werden – der kreative Grund des Lebendig-Seins entgeht dagegen jeder quantifizierbar-metrischen Darstellung.

In Bezug auf die oben erläuterte Problematik, der Entgleisung der Entwicklung eines Organismus oder eines Nervensystems in Bereiche der Desorganisation, lässt sich, auf der Basis der prozessualen Teleologie der living occasions Whiteheads, die Richtung einer Antwort erahnen: Eine *einzig*e lebendige actual entity kann einen Organismus, der am Beginn der Divergenz benachbarter Trajektorien steht,

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

allein durch ihre Manifestation als raumzeitliches Datum bestimmter Beschaffenheit, in den einen oder anderen Bereich des Phasenraumes lenken. Besonders hilfreich sind diesbezüglich die Arbeiten der schon erwähnten Roger Penrose und Stuart Hameroff, die für die Existenz von actual entities *mesokosmischer* Dimensionen sprechen. Solche Quantenereignisse wären – da sie actual entities sind – keine blinden Quantenfluktuationen, sondern teleologische, d. h. gerichtete, Prozesse, und dank ihrer mesokosmischen Größe könnten sie organismische Entwicklungen vor der Entgleisung bewahren. Der mentale Pol dieser „lebendigen Ereignisse“ würde in einer *Entscheidung für physikalisch mögliche und zugleich biologisch und kognitiv sinnvolle Trajektorien* bestehen.

3. Zusammenfassende Schlussbetrachtung

Die Problematik der divergierenden Trajektorien, die das Abdriften eines Organismus in seine Selbstdesorganisation und eines Gehirns in Endzustände des Verlustes der Intention bedeuten kann, bietet der prozessualen Teleologie Whiteheads ein sehr fruchtbares Betätigungsfeld. Die Theorie dynamischer Systeme belegt, dass die lebendigen Prozesse – die “living occasions” – tatsächlich die Möglichkeit der Wahl haben. Die von den Systembiologen berechneten Divergenzen von Trajektorien zeigen nichts anderes, als dass es für viele biologische Prozesse tatsächlich mehrere mögliche Wege gibt, für die sie sich *entscheiden* können. Der systembiologische Teleonomismus und die Whiteheadsche Prozessphilosophie können in einer höheren Synthese aufgehen, deren Kern wie folgt auf den Punkt gebracht werden kann: Der modale Aspekt der Lebewesen kann prinzipiell vom biosystemischen Denken erfasst werden und ihr aktueller Aspekt, der in der Verwirklichung von Möglichkeiten besteht, von der Whiteheadschen Prozessphilosophie.

Diese Synthese ist frei von alt-metaphysischen Lasten: Denn auf prozessphilosophischer Basis kann die Frage, die jeder Spielart des Vitalismus essentiell anhaftet – wie eine geistige Substanz mit einer körperlichen interagieren kann –, nicht einmal formuliert werden, da jede actual entity ein bipolarer Prozess mental-physischer Natur ist. Damit erledigt sich nebenbei auch das jedem teleonomischen Zugang zu Fragen der Geist-Gehirn-Beziehung inhärente Problem bezüglich der Emergenz mentaler Phänomene aus physischen Strukturen.

Ausgehend von der Whiteheadschen Ontologie erledigt sich aber vor allem die größte Schwäche des Vitalismus, die in der Verletzung der kausalen Geschlossenheit der physischen Welt besteht. Aus Whiteheadscher Sicht ist die organismische bzw. neuronale Materie das Resultat permanenten Entstehens und

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

Vergehens. Sie aktualisiert sich immer wieder neu und zwar in dem von den lebendigen Prozessen jeweils angestrebten physischen Zustand. Die Prozesse manifestieren sich in der Raumzeit als Energie- und Materiequanten. Kraft ihrer physischen Seite sind sie also Energie und Materie und verletzen somit keinen Erhaltungssatz der Physik.

Literatur

Beurton, Peter, „Genbegriffe“. In: *Philosophie der Biologie*. (Hg.) Krohs, Ulrich – Toepfer, Georg. Frankfurt a. M. 2005, S. 195–211.

Ebeling, Werner – Engel, Andreas – Feistel, Rainer, *Physik der Evolutionsprozesse*. Berlin 1990.

Gardner, T. – Cantor, C. – Collins J., “Construction of a genetic toggle switch in *Escherichia coli*”. In: *Nature*, 2000 Jan 20; 403(6767), S. 339–342.

Hameroff, Stuart, “Consciousness, Whitehead and Quantum Computation in the Brain: Panprotopsychism Meets the Physics of Fundamental Space-Time Geometry”. In: *Searching for New Contrasts*. (Hg.) Riffert, Franz – Weber, Michel Frankfurt a. M. 2003, S. 61–86.

Hameroff, Stuart – Penrose, Roger, “Conscious Events as Orchestrated Space-Time Selections”. In: *Journal of Consciousness Studies* 3 (1996), No. 1, S. 36–53.

Hampe, Michael, „Whiteheads Metaphysik und das philosophische Selbstverständnis der Gegenwart“. In: *Prozess, Gefühl und Raum-Zeit*. (Hg.)

Hampe, Michael – Maaßen, Helmut. Frankfurt a. M. 1991, S. 10–31.

Hull, David, *Philosophy of Biological Science*. Englewood Cliffs, N. J. 1974.

Janich, Peter – Weingarten, Michael, *Wissenschaftstheorie der Biologie*, München 1999.

King, Chris, “Fractal Neurodynamics and Quantum Chaos: Resolving the mind-brain paradox through novel biophysics”. In: *Fractals of brain, fractals of mind*. (Hg.) McCormac, Earl – Stamenov, Maxim, I. Amsterdam/Philadelphia 1996, S. 179–233.

Krohs, Ulrich – Toepfer, Georg (Hg.), *Philosophie der Biologie*. Frankfurt a. M. 2005.

Mahner, Martin – Bunge, Mario, *Philosophische Grundlagen der Biologie*. Berlin/Heidelberg/New York 2000.

Mayr, Ernst, *Eine neue Philosophie der Biologie*. München/Zürich 1991.

Mayr, Ernst, *Das ist Biologie*. Heidelberg/Berlin 2000.

Normile, Dennis, „Building Working Cells ‘in Silico’”. In: *Science* 284 (1999), Nr. 5411, S. 80–81.

This is a DRAFT.

The final version has been published in: Lyssy, Ansgar (Hg.), *Geist und Wissenschaft*, Frankfurt/M.: Peter Lang, 2009, S. 109-135.

- Prigogine, Ilya – Stengers, Isabelle, *Dialog mit der Natur*. München/Zürich 1990.
- Rosenberg, Alexander, *The Structure of Biological Science*. Cambridge/London/New York 1985.
- Ruse, Michael, *The Philosophy of Biology*. London 1973.
- Ruse, Michael, *Philosophy of Biology Today*. Albany 1988.
- Toepfer, Georg, „Der Begriff des Lebens“. In: *Philosophie der Biologie*. (Hg.) Krohs, Ulrich – Toepfer, Georg. Frankfurt a. M. 2005, S. 157–174.
- Tomita, Masaru, „Whole cell simulation“. In: *Trends in Biotechnology* 19 (2001), Nr. 6, S. 205–210.
- Tyson, J. J. – Chen, K. C. – Novak, B., „Sniffer, Buzzers, Toogles and Blinkers: Dynamic of Regulatory and Signaling Pathways in the Cell“. In: *Current Opinion in Cell Biology* 15 (2003), S. 221–231.
- Wayt Gibbs, W. „Simulierte Zellen“. In: *Spektrum der Wissenschaft* 11 (2001), S. 54–57.
- Whitehead, Alfred North, *Process and Reality*. New York 1979.
- Whitehead, Alfred North, *Adventures of Ideas*. New York 1967.
- Wiehl, Reiner, „Whiteheads Kant-Kritik und Kants Kritik am Panpsychismus“. In: *Natur, Subjektivität, Gott*. (Hg.) Holzhey, Helmut – Rust, Alois – Wiehl, Reiner Frankfurt a. M. 1990, S. 198–239.
- Wolf-Gazo, Ernest, „Alfred North Whitehead“. In: *Klassiker der Naturphilosophie*. (Hg.) Böhme, Gernot. München 1989, S. 299–312.
- Wolpert, Lewis, „Embryonale Entwicklung: Ist das Ei berechenbar, oder: Könnten wir Engel oder Dinosaurier erzeugen?“. In: *Was ist Leben? Die Zukunft der Biologie*. (Hg.) Murphy, Michael, P. – O’Neill, Luke, A.J. Heidelberg/Berlin/Oxford 1997, S. 71–82.