

Jenseits von Vitalismus und Teleonomie:

Whiteheads prozessuale Teleologie des Lebendigen

*Spyridon A. Koutroufinis*

## **Einleitung**

Die Frage nach der Subjektivität und Geistigkeit der Organismen ist seit der Antike ein genuiner Gegenstand naturphilosophischer Betrachtungen des Lebendigen. Der folgende Text thematisiert den seit dem Altertum biophilosophisch zentralen Gedanken der Teleologie, bzw. finalen Kausalität – eine der ältesten Ideen seit dem Erwachen der abendländischen Reflexion über die Natur des Lebendigen – mit dem Ziel, ihn im Lichte der Whiteheadschen Ontologie neu zu formulieren. Damit wird der gegenwärtig die Philosophie der Biologie dominierende Vorstellung widersprochen, daß von „Teleologie“ frei von jeglicher Metaphysik die Rede sein soll. Zu diesem Zweck wird, aus der Perspektive des Organismus-Begriffs, auf die drei abendländischen Ontologien – Substanz-, System- und Prozeßontologie – Bezug genommen. Der Sinn des vorliegenden Versuchs ist die Verbindung zentraler Gedanken Whiteheads mit dem modernen systemischen Ansatz, der die Theoretische Biologie gegenwärtig dominiert.

## **1 Biologische Teleologie**

Jede philosophische Reflexion über die Denkstrukturen der Biologie muß sich früher oder später mit dem Begriff der Teleologie auseinandersetzen. Bei allen Schwierigkeiten, diesen Begriff genauer zu bestimmen, kann man in erster Näherung Teleologie als die Lehre von Vorgängen 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.<sup>1</sup> Daß einige Untersuchungen die Grenzen dieser Definition aufzeigen, ist für die Zwecke der vorliegenden Analyse ohne Belang.<sup>2</sup>

Die Tatsache, daß der Teleologie-Begriff, trotz gewisser Unschärfe,<sup>3</sup> für die ältere und neuere Philosophie der Biologie gleichermaßen von Bedeutung ist,<sup>4</sup> könnte darauf verweisen, daß im ontologischen Verständnis dieses Begriffes – also in der Beurteilung des Wesens der Ursachen, aus denen Organismen zu bestimmten Endzuständen tendieren – die metaphysische Wirbelsäule des jeweiligen biologischen Denkens zu finden ist. Selbst wenn das gesamte breite Bedeutungsspektrum von „Teleologie“ entschieden verworfen wird, wie dies für radikal materialistische Biophilosophen typisch ist,<sup>5</sup> dient sie nicht minder als identitätsstiftend. 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 sowie 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

---

<sup>1</sup> D. Hull, *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs, N. J. 1974, S. 103 ff.; E. Mayr, *Das ist Biologie*, Heidelberg, Berlin 2000, S. 416 und S. 405; G. Toepfer, „Teleologie“, in: U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005, S. 36-52, S. 36; E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, München, Zürich 1991, S. 59.

<sup>2</sup> Hull diskutiert einige Probleme dieses Verständnisses von Teleologie (D. Hull, *Philosophy of Biological Science*, S. 107 ff.). 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“ (ebd., S. 103).

<sup>3</sup> E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 51 f.

<sup>4</sup> Vgl. M. Ruse, *The Philosophy of Biology*, London 1973; D. Hull, *Philosophy of Biological Science*; A. Rosenberg, *The Structure of Biological Science*, Cambridge, London, New York 1985; M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, Albany 1988; E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*; M. Mahner, M. Bunge, *Philosophische Grundlagen der Biologie*, Berlin, Heidelberg, New York 2000; E. Mayr, *Das ist Biologie*; U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005.

<sup>5</sup> Als solche sind z.B. Mahner und Bunge zu bezeichnen (M. Mahner, M. Bunge, *Philosophische Grundlagen der Biologie*, S. 357).

entworfen worden.<sup>6</sup> Ungeachtet unerbittlicher Ideologien-Kämpfe, die bis heute immer wieder heftig an diesem Punkt entflammen, läßt es sich nicht leugnen, daß dem Geflecht der Funktionen und der Struktur eines jeden Lebewesens zumindest die schwächste Form von Teleologie, die *Zweckmäßigkeit* (vgl. den Beitrag von Barbara Muraca in diesem Band), zukommt. Aus diesem Grund sind die Diskussionen um die organismische Teleologie mit dem Begriff der Funktion eng verbunden.<sup>7</sup> Zweitens, weil die einzelnen Vorgänge bei der morphogenetischen Entwicklung von Embryonen und die einzelnen Etappen des Verhaltens von Tieren dermaßen aufeinander angepaßt sind, daß die Frage nach einer modernen Interpretation von „Teleologie“ inzwischen nicht nur die Evolutionsbiologen, sondern auch die Entwicklungs- und Verhaltensbiologen beschäftigt.<sup>8</sup> Und drittens, weil dieser Begriff die spezifischere Problematik des Bewußtseins durchdringt – schließlich wurde in der Antike aus diesem Bereich die Idee der Teleologie gewonnen und auf Vorgänge der Natur übertragen.

In dem letzten der drei Punkte wurzeln verständlicherweise auch die chronischen Probleme, unter denen die teleologische Denkweise in der Biologie leidet. Für das Selbstverständnis der Naturwissenschaften seit der Neuzeit ist es eben essentiell, 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 menschlicher Bewußtseinsakte unlösbar verknüpft ist, sehen viele Autoren in der „Interpretation der Teleologie als intentionale[r] Zwecksetzung [...] die eigentliche Kernkonzeption jeder Teleologie“.<sup>9</sup> Insofern ist es nicht überraschend, daß die meisten Vertreter der Philosophie der Biologie dem Teleologie-Gedanken zwar Bedeutung beimessen, sich aber doch darüber einig sind,

---

<sup>6</sup> M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, S. 46.

<sup>7</sup> P. McLaughlin, *What Functions Explain*, Cambridge 2001; P. McLaughlin, „Funktion“, in: U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005, S. 19-35, S. 20; G. Toepfer, „Teleologie“, S. 36.

<sup>8</sup> M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, S. 46 f.; E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 68.

<sup>9</sup> G. Toepfer, „Teleologie“, S. 49, Hervorhebung S. K.

daß dieser uralten Idee nur noch eine methodologische, jedoch keine ontologische Relevanz zukommt.<sup>10</sup>

Die etablierte Philosophie der Biologie hat kein Verständnis für metaphysische Faktoren, wie die Finalursachen es nun mal sind.<sup>11</sup> Führende Exponenten dieser Disziplin, wie Ruse, Hull und Mayr glauben, die Teleologie-Problematik jenseits metaphysischer Fragen diskutieren zu können und dies auch tun zu müssen.<sup>12</sup> Denn dieser Begriff dürfe, trotz seiner Unschärfe und Problemhaftigkeit, nicht mit der gesamten – ihrer Meinung nach überflüssigen und störenden – Metaphysik über den Haufen geworfen werden, weil er der biologischen Forschung weiterhin gute methodische und heuristische Dienste leiste<sup>13</sup> und sie außerdem vor der methodologischen und theoretischen Reduktion auf Physik bewahre.<sup>14</sup> Die Diagnose, „Biologen können offenbar weder mit der Teleologie leben noch ohne sie“<sup>15</sup>, klingt vielleicht etwas zu drastisch, sie ist aber ernstzunehmen. Wäre dies nicht der Fall, dann hätte man nicht nach anderen Begriffen gesucht, um die Tendenz lebendiger Vorgänge zu bestimmten Endzuständen hin beschreiben zu können, ohne der Implikation mentaler Konzepte – wie Antizipation, Intentionalität, Zweck- und Zielgerichtetheit – verdächtigt zu werden.

### **1.1 Teleonomie – die nicht-metaphysische Teleologie**

---

<sup>10</sup> Toepfer ist ein guter Exponent dieser Haltung (ebd, S. 48 ff.).

<sup>11</sup> Diese Entwicklung wird von einer eindringlich vorgetragenen Überzeugung Mayrs auf den Punkt gebracht: „Nichts charakterisiert die moderne Biologie besser als ihre radikale Abkehr von aller Metaphysik“ (E. Mayr, „Zur Begegnung zweier Kulturen“, Geleitwort zu G. Vollmer, *Biophilosophie*, Stuttgart 1995, S. 193-197, S. 196).

<sup>12</sup> M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, S. 44; D. Hull, *Philosophy of Biological Science*, S. 103 und E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 56.

<sup>13</sup> E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 51 und S. 73 ff.; M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, S. 48 f.

<sup>14</sup> M. Ruse, *Philosophy of Biology Today*, S. 49. Andere, wie Mahner und Bunge, gehen weiter und fordern die Streichung dieses Begriffes aus dem biologischen Vokabular (M. Mahner, M. Bunge, *Philosophische Grundlagen der Biologie*, S. 357).

<sup>15</sup> M. Mahner, M. Bunge, *Philosophische Grundlagen der Biologie*, S. 347.

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 weiterhin von „Teleologie“ die Rede, allerdings 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 Philosophen der Biologie benutzen diesen Begriff häufig als ein Synonym für Teleologie.<sup>16</sup>

Zur breiten Akzeptanz dieses Terminus hat der berühmte Zoologe und Mitbegründer der neodarwinistischen Evolutionstheorie Ernst Mayr (1904–2005) Wesentliches beigetragen, denn er hat seine Bedeutung erheblich spezifiziert – leider aber auch mehr als nötig eingeschränkt. Mayr bezeichnet alle biologischen „Vorgänge oder Verhaltensweisen, deren Zielgerichtetheit auf das Wirken eines *Programms* zurückgeht“, als teleonomische.<sup>17</sup> 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’ [...] Verhaltensakt sein.“<sup>18</sup> Mayrs Unterscheidung ist hilfreich, weil sie erlaubt, Teleologie (verstanden als Teleonomie) bestimmten einfachen physikalischen Abläufen, die notwendig einen bestimmten Endzustand erreichen (z.B. die Abkühlung eines Körpers auf seine Umgebungstemperatur), absprechen zu können.

Insofern ist es nicht überraschend, daß viele Philosophen der Biologie in dieser Vorstellung von Teleonomie die angemessene Form biologischer Teleologie sehen. Dieser eng an die Idee des

---

<sup>16</sup> D. Hull, *Philosophy of Biological Science*, S. 103; E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*.

<sup>17</sup> E. Mayr, *Das ist Biologie*, S. 416, Hervorhebung S. K.; vgl. auch ders., *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 60 ff.

<sup>18</sup> E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 61. Auch technische Systeme, wie eine ziel-suchende Maschine, sind Mayr zufolge teleonomisch (ebd., S. 70).

Programms gebundene Sonderfall von Teleologie impliziert jedoch die Referenz auf einige (bio)kybernetische Begriffe, wie „Sollwert“, „negative Rückkopplung“, „genetisches Programm“, „ausführende Maschine“, „Software“, „Hardware“, „Information“ usw.<sup>19</sup> Dies hat zur Folge, daß diese Art des teleologischen Denkens in jedem Organismus eine *scharfe Grenze* zwischen regelnden und geregelten Größen implizit annimmt. Diese auf der Basis von Kybernetik, Automatisierungs- und Informationstheorie entstandene Verbindung von Teleologie und Programm entspricht allerdings *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.<sup>20</sup>

Unter den uns sinnlich gegebenen Objekten sind die Lebewesen 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 – worin ihre organismische Zweckmäßigkeit besteht. Kraft seiner inneren Kohärenz tut ein Organismus – anders als ein technisches System – *immer als ganzer* etwas. So weist z. B. ein laufendes Tier eine viel höhere Bewegungskohärenz als ein laufender Roboter auf, da letzterer aus vielen starren Teilen besteht, die bewegt werden, ohne an der Bewegung aktiv teilzunehmen. Die in einem Organismus zu einem Zeitpunkt aktuell stattfindenden Vorgänge sind – im scharfen Gegensatz zu technischen Systemen – nicht voneinander abgegrenzt. Im Gegenteil, sie geben sich gegenseitig die nötigen Bedingungen ihrer Entwicklung. Der Organismus-Begriff ist also das Synonym für eine dynamisch geordnete und *organisationell geschlossene* Ganzheit. Als solche besteht sie aus einer Mannigfaltigkeit zusammenwirkender Elemente, deren dynamische Relationen zueinander den Zusammenhalt dieser Ganzheit überhaupt erst bewirken.

---

<sup>19</sup> D. Hull, *Philosophy of Biological Science*, S. 104 ff.; E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 66 ff.

<sup>20</sup> Kritisch zu dieser Verbindung von Teleologie und Programm: E. Fox-Keller, *Das Buch des Lebens. Wer schrieb den genetischen Code?*, München, Wien 2001.

Die Nicht-Existenz von Trennungen, die für Maschinen *unerlässlich* sind, ist also ein besonderer Ausdruck organismischer Kohärenz. Jedes Lebewesen ist ein hochgradig komplexes Geflecht von Ursachen und Wirkungen. Aus diesem Grund läßt sich in einem Organismus keine zentrale, übermächtige Ursache seiner Dynamik und Organisation finden – wie auch die These der „kausalen Gleichheit“ bzw. „kausalen Parität“ bezüglich der Relevanz vieler einzelner Entwicklungsfaktoren bei der Embryogenese eines Individuums besagt.<sup>21</sup> 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 – *um überhaupt als Gene konstituiert und aktiviert zu werden*.<sup>22</sup> – belegen, daß frühere Annahmen, die in den Organismen so etwas wie eine Trennung zwischen Hardware und Software oder zwischen regelnden und geregelten Größen sehen, nur bei der Erforschung sehr begrenzter Vorgänge hilfreich sein können, aber *dem Verständnis der organismischen Ganzheit im Wege stehen*.

Je mehr also die moderne Biologie sich der kausalen Komplexität der Organismen bewußt wird, die keine durchgehenden Trennungen zwischen regelnden und geregelten Größen zuläßt – eine solche Trennung ist für Mayr essentiell<sup>23</sup> –, desto klarer wird die Grenze der Anwendbarkeit des auf der Programm-Metapher basierenden Teleonomie-Konzeptes sichtbar. Sie liegt innerhalb technischer Systeme, und aufgrund ihrer essentiellen Angewiesenheit auf die eben genannte Trennung und andere von ihr abgeleitete kann sie nicht auf Organismen ausgeweitet werden.<sup>24</sup>

---

<sup>21</sup> K. Stotz, „Organismen als Entwicklungssysteme“, in: U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005, S. 125-143, S. 127.

<sup>22</sup> P. J. Beurton, „Genbegriffe“, in: U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005, S. 195-212; P. J. Beurton, „Was sind Gene heute?“, in: *Theory in Biosciences* 117/1998, S. 90-99, S. 91 ff.; vgl. auch P.J. Beurton, R. Falk, H.-J. Rheinberger (Hrsg.), *The Concept of the Gene in Development and Evolution*, Cambridge 2000.

<sup>23</sup> E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 66; vgl. auch ders., *Das ist Biologie*, S. 45 und S. 268.

<sup>24</sup> Ch. Rehmann-Sutter, *Zwischen den Molekülen. Beiträge zur Philosophie der Genetik*, Tübingen 2005.

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 (was eigentlich eine mentale Entität voraussetzt), sondern kann auch im Sinne von „Ende“ verwendet werden – „Telos“ bedeutet schließlich in erster Linie „Ende“.<sup>25</sup> Die Verbindung der griechischen Worte „Telos“ und „Nomos“ besagt dann nichts mehr, als daß der Endzustand eines Werdens auf der Basis von (natur)gesetzlichen 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.*

### *1.1.a Theorie dynamischer Systeme: Eine aktuelle Form der Teleonomie*

Das moderne Paradigma der Komplexität bzw. Selbstorganisation ist mit Hilfe der Theorie dynamischer Systeme zur tragenden Säule der modernen Theoretischen Biologie geworden. Auf der Basis dieser neueren Entwicklungen kann weiterhin von Teleonomie gesprochen werden; allerdings in einem *systemtheoretischen* Sinne, der jenseits der Metapher des genetischen Programms steht.

Der Terminus „Selbstorganisation“ besagt, daß die spontane Entfernung eines dynamischen Systems vom Zustand der größten Unordnung, d. h. der maximal ihm möglichen Entropie, Resultat

---

<sup>25</sup> Die in der Antike so häufig anzutreffende Verbindung von „Ende“ mit „zielgerichtetem Streben“ ist im Rahmen einer finalistischen Naturauffassung verständlich. Außerhalb dieser ist sie jedoch keineswegs zwingend.



der gesetzmäßigen Interaktionen seiner Elemente ist und nicht durch das Wirken einer wirklichen oder ideellen Entität, wie einer „Seele“, einer „platonischen Idee“ oder eines Programms, entsteht.<sup>26</sup>

Die Erforschung von Phänomenen selbstorganisierter Strukturbildung hat gezeigt, daß dabei zwei Bedingungen notwendig 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 verbraucht – Energie wird dissipiert und Stoffe abgebaut – und müssen schließlich in einer entwerteten Form das System verlassen; die entstandene Entropie muß eben exportiert werden. 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.<sup>27</sup> Dies ist der Fall, wenn im System kausale Rückkopplungen vorhanden sind, so daß zumindest einige Wirkungen seiner Dynamik die Form dieser Dynamik selbst beeinflussen.

Die Entwicklung eines selbstorganisierten Systems, d. h. die Aufeinanderfolge seiner Zustände, wird durch Trajektorien in *abstrakten Räumen*, den sogenannten „Phasen-“ bzw. „Zustandsräumen“, veranschaulicht (vgl. den ersten Teil dieses Beitrags). Dieses Mittels bedient sich auch die formal-systemische Erforschung biotischer Vorgänge.

### *1.1.b Organismen als dynamische Systeme*

Das Paradigma der Selbstorganisation übt gegenwärtig entscheidenden Einfluß auf die moderne Theoretische Biologie aus. Die Forschungsrichtung der *Systembiologie* versucht, einzelne organismische Vorgänge mathematisch-numerisch zu beschreiben, d. h. rechnerisch zu analysieren

---

<sup>26</sup> Die Ausdrücke *Seele* und *platonische Idee* stehen deswegen in Anführungsstrichen, weil sie im Rahmen 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.

<sup>27</sup> I. Prigogine, I. Stengers, *Dialog mit der Natur*, München, Zürich 1990, S. 153 f.; W. Ebeling, A. Engel, R. Feistel, *Physik der Evolutionsprozesse*, Berlin 1990, S. 64.

und mit Computersimulationen zu rekonstruieren. Diese im Entstehen befindliche Disziplin ist gegenwärtig die Sperrspitze der mathematisch-formalen biosystemischen Forschung. Das zentrale Anliegen dieser Forschungsrichtung ist es, das in der Molekularbiologie gesammelte Wissen in eine systemtheoretische Betrachtung organismischer Vorgänge zu integrieren. Angestrebt wird eine Bewegung „vom molekularen Detail zum systemischen Funktionieren [...] statt – wie oft zuvor in der Molekularbiologie – in umgekehrter Richtung zu gehen“.<sup>28</sup> Das Hauptbetätigungsfeld der gegenwärtigen Systembiologie ist das Studium komplexer zellulärer Vorgänge. Ausgehend von molekularen Eigenschaften werden „die systemischen Konsequenzen [...] für zelluläres Verhalten mit Hilfe mathematischer Modellbildungen berechnet [...] und die Ergebnisse im Anschluß daran im Labor auf den Prüfstand gestellt“<sup>29</sup>, denn ein zentrales Ziel der Systembiologie ist es, zum besseren Verstehen solcher Krankheiten wie Krebs und Parkinson und zur Entwicklung neuer Medikamente wesentlich beizutragen.

Einige Biowissenschaftler scheinen sich jedoch mit den Zielen der Systembiologie nicht zufriedengeben zu wollen. Sie gehen – fast immer implizit – davon aus, daß Organismen in ihrer Ganzheit nichts mehr als dynamische physikochemische Systeme *sind* und träumen von Computersimulationen ganzer Lebewesen mit Hilfe von innerhalb der nächsten fünfzig Jahre zu entwickelnden Großrechnern.<sup>30</sup> Damit sprechen sie der Theorie dynamischer Systeme ontologische und nicht nur methodische Relevanz zu, da sie nichts Geringeres behaupten, als daß sich nicht nur einzelne Vorgänge mit Hilfe dieser Theorie beschreiben lassen, sondern die gesamte organismische Dynamik.

---

<sup>28</sup> F. J. Bruggemann, F. C. Boogerd, R. C. Richardson, A. Stephan, „Interaktion von Biologie und Wissenschaftsphilosophie: Mechanistische Erklärungen emergenten Verhaltens bei Zellen“, in: U. Krohs, G. Toepfer (Hrsg.), *Philosophie der Biologie*, Frankfurt/M. 2005, S. 379-399, S. 395.

<sup>29</sup> Ebd.

<sup>30</sup> L. Wolpert, „Embryonale Entwicklung: Ist das Ei berechenbar, oder: Könnten wir Engel oder Dinosaurier erzeugen?“, in: M. P. Murphy, L.A.J. O’Neil (Hrsg.), *Was ist Leben? Die Zukunft der Biologie*, Heidelberg, Berlin, Oxford 1997, S. 71-82; M. Tomita, „Whole cell simulation“, in: *Trends in Biotechnology* 19(6)/2001, S. 205-210; ferner D. Normile, „Building Working Cells ‘in Silico’“, in: *Science* 284/1999, S. 80-81; W. Wayt Gibbs, „Simulierte Zellen“, in: *Spektrum der Wissenschaft* 11/2001, S. 54-57.

*1.1.c Zur mathematischen Analyse biomolekularer Vorgänge*

Von essentieller 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 (vgl. Abschnitt 2.2 des Beitrags von Dirk Holste). 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, den metabolischen und den genetischen Netzwerken große Aufmerksamkeit, weil sie den Metabolismus, die Form und Bewegung der Zellen und folglich auch die embryonale Entwicklung entscheidend beeinflussen. Im folgenden wird anhand des Beispiels eines kleinen Signal-Netzes gezeigt, wie das Verhalten solcher Systeme veranschaulicht werden kann und welche Voraussetzungen erfüllt sein müssen, damit dies möglich ist.

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 1 enthaltene Graph ist ein gutes Beispiel für ein sehr einfaches Signalnetzwerk, eine sogenannte „Signal-Leitbahn“ („Signal-pathway“).<sup>31</sup> 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  $k_4$

---

<sup>31</sup> J. J. Tyson, K. C. Chen, B. Novak, „Sniffer, Buzzers, Toogles and Blinkers: Dynamics of Regulatory and Signaling Pathways in the Cell“, in: *Current Opinion in Cell Biology* 15/2003, S. 221-231.

stehen für die sogenannten „Steuer-“ und „Kontrollparameter“ (vgl. Abschn. 1.1 des Beitrags von Dirk Holste), 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  $E^*$ , die eine positive kausale Rückkopplung darstellt, seine Nichtlinearität.

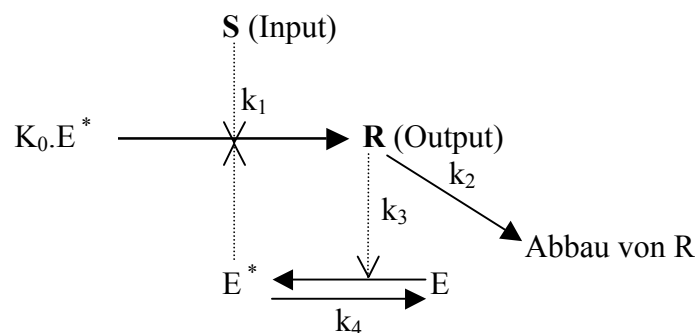


Abb. 1: Der Graph eines sehr kleinen Signal-Netzwerks (Signal-Leitbahn). Die Pfeile symbolisieren kausale Verhältnisse. Die durchgezogenen Pfeile zeigen, welche chemischen Stoffe aus welchen erzeugt werden. Die gestrichelten Pfeile zeigen, welche Stoffe auf welche Reaktionen Einfluß nehmen. Die Kontrollparameter beeinflussen bestimmte Vorgänge, was durch die Nähe zu den entsprechenden Pfeilen gezeigt wird.

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 Gleichung beschrieben, die drei Lösungen hat, von denen aber nur zwei Lösungen stabile stationäre Zustände darstellen.<sup>32</sup> Das zeigt folgendes Bild:

<sup>32</sup> Ebd.

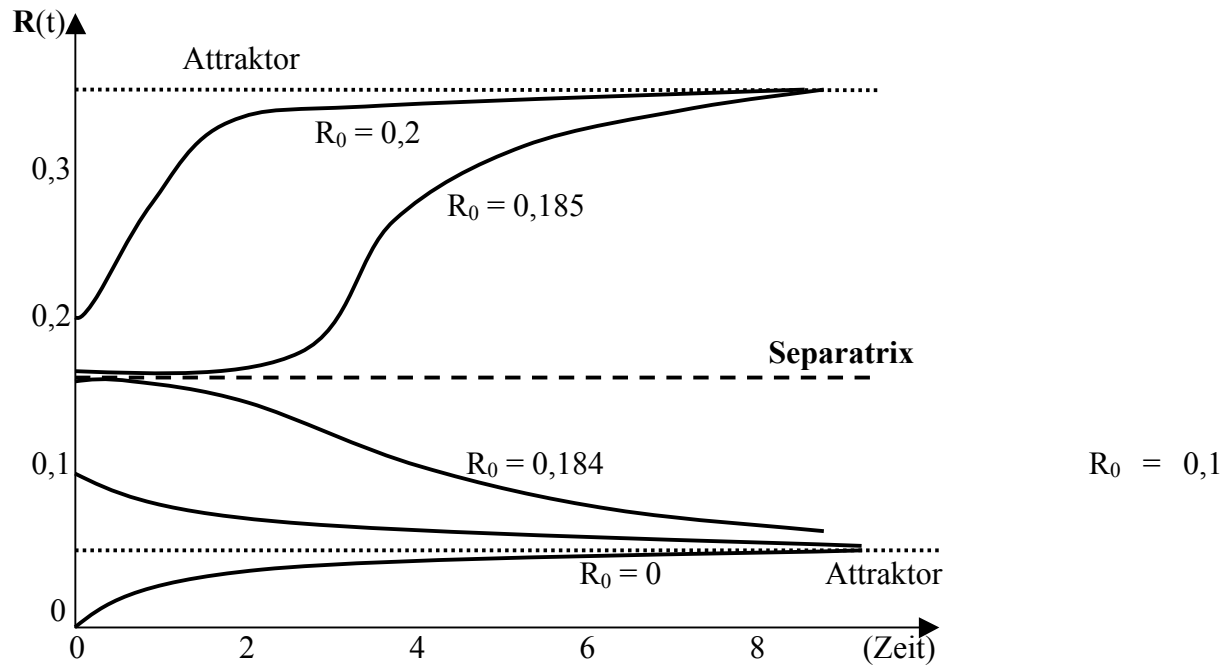


Abb. 2: Der Zustandsraum der möglichen Entwicklungen der Konzentration des Antwort-Moleküls R in Abhängigkeit von der Zeit.

Wie man sieht: Die Teleonomie dieses Systems besteht in der Existenz von nur zwei möglichen Endzuständen. Solche Bereiche der Phasenräume werden als „stabile Attraktoren“ bezeichnet, weil sie das System anzuziehen scheinen (vgl. Abschnitt 2 des Beitrags von Dirk Holste). Das System erreicht – je nach der Konzentration seines Anfangszustands  $R_0$  (Anfangsbedingung) – mit Notwendigkeit einen dieser beiden Attraktoren.

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.<sup>33</sup> Bei deterministisch-stochastisch gekoppelten Systemen (d. h. bei Systemen in denen zufällige Störungen eine Rolle spielen) beschränkt sich die Unbestimmtheit nicht auf die Separatrix, sondern greift auf die Region in ihrer unmittelbaren Nähe über. 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. Wie auch Dirk Holste am Ende seines Textes sagt, ist bei solchen Systemen „das Verlassen von Attraktoren oder deren Einzugsgebiete oder *das ‘Tunneln’ von Separatrizen* möglich“ (Hervorhebung S.K.). 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. 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.

*1.1.d Kritik und Würdigung: Die Theorie dynamischer Systeme kann Organismen nicht erklären, liefert aber eine wichtige Basis zu ihrem besseren Verständnis*

Es ist typisch für alle dem Autor bekannten mathematischen Darstellungen selbstorganisierten Verhaltens – biologischen und anorganischen –, daß sie essentiell an die Vorgabe vieler Größen gebunden sind. Diese werden von den Theoretikern bei ihren Berechnungen bzw. von den Experimentatoren bei ihren Versuchen festgelegt und können von den Systemen nicht verändert werden. Im oben behandelten Beispiel der Signal-Leitbahn hat die Variation schon einer einzigen

---

<sup>33</sup> Vgl. auch T. S. Gardner, C. R. Cantor, J. J. Collins, „Construction of a genetic toggle switch in *Escherichia coli*“, in: *Nature*, 403/2000, S. 339-342.

der als konstant angenommenen Größen, wie der Randbedingungen  $S$  und  $K_0$  oder der Kontrollparameter, die Veränderung der möglichen Endzustände zur Folge. Übersteigt jedoch die Variation einer oder mehrerer dieser Größen einen bestimmten Höchstwert, so verändert sich sogar die Form des Zustandsraumes radikal, womit dem System völlig andere Trajektorien, folglich auch ganz andere Endzustände zur Verfügung stehen.<sup>34</sup> Bei realen Organismen beeinflusst jedoch das Output jeder Signal-Leitbahn das Input oder die Kontrollparameter einer oder mehrerer anderer Leitbahnen. Die Dynamik aller Lebewesen ist organisationell geschlossen. Das bedeutet, daß sogar beim einfachsten Bakterium die genetischen, metabolischen und Signal-Vorgänge einen Gesamtvorgang enormer Komplexität formen. Im deutlichen Gegensatz zum oben behandelten Netzwerk-Modell sind alle Größen eines solchen realen organismischen Geflechts von dessen eigener Dynamik abhängig und werden von dieser aufeinander ausbalanciert. Das reale Gesamtgeflecht ist also 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 notwendig 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

---

<sup>34</sup> Ein Netzwerk, dessen Systemverhalten seine qualitative Form (Bistabilität, Oszillativität etc.) beibehält, wenn der Wert bestimmter Größen einen relativ breiten Wertbereich nicht verläßt, wird „robust“ genannt.

unmittelbar benachbarte Trajektorien stark voneinander divergieren. Dabei darf man nicht davon ausgehen, daß viele physikalisch mögliche Zustände automatisch Zustände des Lebendigseins sind. Nur eine extrem geringe Anzahl physikalisch möglicher Zustände sind biologisch sinnvoll, denn schon eine geringe Veränderung des physikalischen Gesamtzustands eines Organismus – die im Zustandsraum mit dem Übergang auf einen nicht entfernten Punkt abzubilden ist – kann seinen Tod bedeuten.

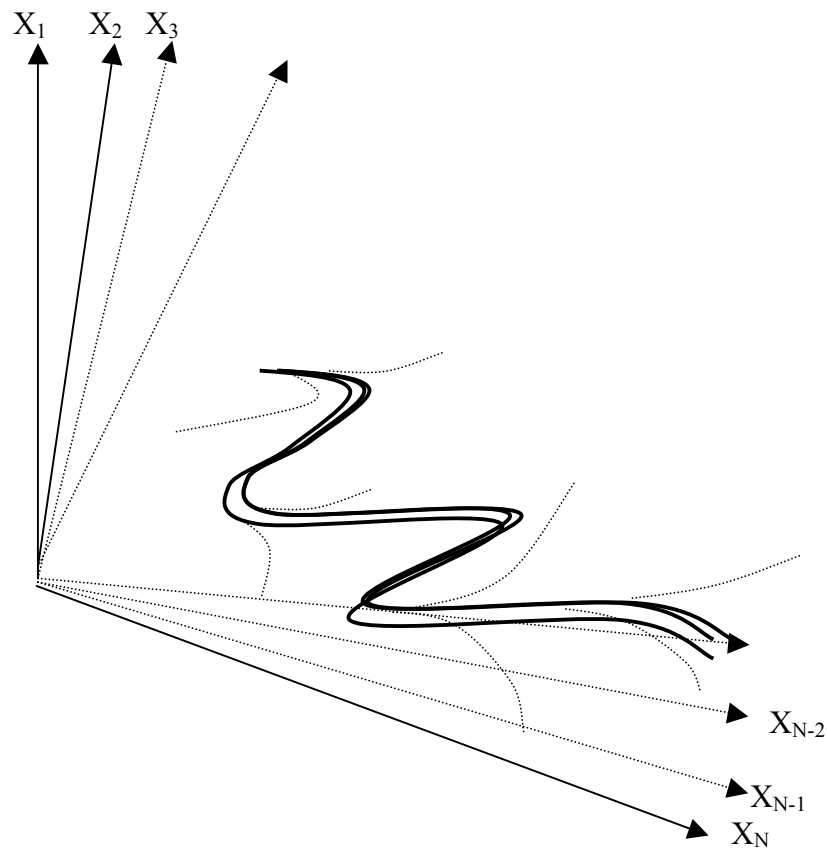


Abb. 3: Ein Organismus kann rein theoretisch mit Hilfe eines gewaltigen Zustandsraumes beschrieben werden, dessen N Dimensionen wichtige organismische Größen wie Gene, Enzyme und andere Moleküle darstellen. Die langen Kurven repräsentieren mögliche ontogenetische Entwicklungen, während die kurzen gestrichelten Linien für physikochemisch mögliche aber biologisch nicht sinnvolle Entwicklungen stehen. Sie veranschaulichen den Beginn der organismischen Entgleisung in Bereiche der zunehmenden Desorganisation.



Auf der Basis dieser Überlegungen stellt sich mit Notwendigkeit die Frage, wie es einem Organismus gelingen kann, nur solche möglichen Entwicklungsbahnen einzuschlagen, die für die Regeneration seiner Struktur oder für das Erreichen einer für seine Art typischen Gestalt am Ende seiner Embryogenese stehen (vgl. Abbildung 3). Was erlaubt einem Organismus, die *Entgleisung* in Bereiche der Desorganisation bzw. der embryonalen Fehlentwicklung zu vermeiden, wenn er oft vor verschiedenen physikalisch gleichberechtigten Möglichkeiten steht und dabei über *keine teleologische Geistigkeit* verfügt, die ihm erlauben würde, unter diesen Möglichkeiten, eine biologisch sinnvolle Auswahl zu treffen?

Bezugnehmend auf die weiter oben erwähnte Zukunftsvision, der rechnerischen Simulierbarkeit ganzer Organismen (Abschnitt 1.1.b), kann an dieser Stelle folgendes gesagt werden: Rein theoretisch ist es denkbar, daß in der fernen Zukunft die Theorie dynamischer Systeme unter dem Einsatz von unvorstellbar leistungsfähigen Großrechnern den *modalen* Aspekt von Organismen, d. h. die *möglichen* Wege der physikochemischen Entwicklung ihrer Gesamtzustände, berechnen können wird. Dies umfaßt jedoch nicht den *aktualen* Aspekt ihrer Entwicklung. Dieser besteht in der *Verwirklichung* einer extrem geringen Zahl von Möglichkeiten, die zwar aus biologischer Sicht sinnvoll sind, aber nach physikochemischen Kriterien den restlichen, nicht verwirklichten Möglichkeiten gleichberechtigt sind.

Die eben umschriebene Verwirklichung ist nichts anderes als eine *Entscheidung* – im eigentlichen und nicht im metaphorischen Sinne des Wortes. Als solche verlangt sie notwendig nach einem Akt des Bewertens, dessen mentale Struktur noch so primitiv sein kann. Bewertungen und Entscheidungen sind jedoch Akte, die den Rahmen einer völlig anderen Ontologie als den der formal-systemischen erfordern, wenn sie nicht zu bloßen Metaphern karikiert werden sollen. Dies ist unvermeidbar, weil sie in physikalische Kategorien prinzipiell nicht übersetzbar sind. Entscheidungen, ob biotischer oder psychischer Natur, verlangen nach einer Ontologie, *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 (Zustands-)Räumen des biosystemischen Teleonomismus auch andere Ursachen denkbar wären, die sich nach der Verwirklichung von *Sinn* ausrichten könnten, anstatt vollkommen blind zu sein. Biologisch sinnvolle Entscheidungen verlangen aber nach einem Rahmen, der physikalische Möglichkeiten eindeutig definiert. Die Feststellung dieses Rahmens gehört nicht zum Geschäft der Ontologie, sondern fällt – das sei nochmals betont – der auf der Basis der Theorie dynamischer Systeme operierenden biosystemischen Forschung zu.

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 (vgl. den Beitrag von Barbara Muraca). Dem Autor sind zwei grundsätzlich verschiedene Wege bekannt, teleologisch aber nicht teleonomisch zu denken, die auf zwei ebenfalls grundsätzlich verschiedenen Ontologien beruhen.

## **1.2 Vitalismus: Alt-metaphysische Teleologie-Vorstellungen**

Die biologische Gedankenwelt war vor dem Aufkommen der physikalistischen Betrachtung des Lebendigen um 1840 von einem Teleologie-Verständnis dominiert, das sich von der systemontologisch fundierten Idee der Teleonomie radikal unterscheidet. Mit der Begründung der modernen Molekularbiologie, etwas später als ein Jahrhundert danach, war das lange Rückzugsgefecht der vitalistisch orientierten Biologen beendet, die inzwischen als eine ausgestorbene „Spezies“ gelten.<sup>35</sup>

Biologen und Physiker bezeichnen oft undifferenziert jede Theorie als Vitalismus, die bei der Beschreibung des Lebens nicht auf Final- oder Zweckursachen-Kausalität verzichtet. Das ist eine negative Definition des Vitalismus, die nicht der Kennzeichnung dieser Tradition dient, sondern

---

<sup>35</sup> E. Mayr, *Das ist Biologie*, S. 39.

lediglich der Abgrenzung des gegenwärtigen naturwissenschaftlichen Zugangs zum Lebendigen, der Leben auf die Wirkursachen-Kausalität raumzeitlich lokalisierter stofflich-energetischer Vorgänge reduziert. Diese inflationäre Verwendung des Begriffes, die sich auch gegen Prozeßphilosophen wie Bergson richtet, wird hier explizit zurückgewiesen, weil sie eindeutig reduktionistischen Vorstellungen vom Lebendigen dient, die alle nicht-szientistischen Ansätze unter einem Oberbegriff zusammenzufassen versuchen.

Der Vitalismus entsteht in der frühen Neuzeit als kritische Reaktion auf die Vorstellung, daß bloß mechanische Gesetze und Kräfte einen Organismus zu erzeugen vermögen. Es ist diesem primär in einer kritischen Haltung wurzelnden Ursprung anzulasten, daß der Vitalismus als eine uneinheitliche Denkbewegung aufkommt und auch eine solche bleibt. Beim Erscheinen des Begriffes „Vitalismus“ gegen Ende des 18. Jahrhunderts ist es möglich, zwischen einer animistischen und einer „materialistischen“ Grundrichtung dieser Lehre zu unterscheiden. Während die Anhänger des von Georg Ernst Stahl (1660-1734) begründeten Psychovitalismus die organismische Ordnung auf einen zielgerichtet wirkenden psychischen bzw. mentalen Agenten zurückführen, lassen die Vertreter der anderen Richtung, an erster Stelle wäre hier Johann Friedrich Blumenbach (1752-1840) zu nennen, eine „Lebenskraft“ gesetzmäßig im Organismus walten.<sup>36</sup> Sie wird häufig als eine noch unbekannt immaterielle Kraft verstanden, die beim Leblosen nicht anzutreffen sei. Allerdings existiert ein sehr breites Interpretationsspektrum dessen was unter „Lebenskraft“ zu verstehen sei, so daß einige Deutungen kaum vitalistisch anmuten.<sup>37</sup>

Wegen der hier gebotenen Kürze ist es nicht möglich, der großen Vielfalt der vitalistischen Lehren gerecht zu werden; lediglich ihr gemeinsamer Kern kann genannt werden: die Annahme einer im Organismus agierenden *realen Entität*.<sup>38</sup> Dabei kann es sich um einen psychisch-mentalen Agenten oder eine „Lebenskraft“ (noch unbekannter Natur) handeln. Diese Entität, die nur in

---

<sup>36</sup> J. Fr. Blumenbach, *Über den Bildungstrieb*, Göttingen 1791.

<sup>37</sup> I. Jahn, „‘Biologie’ als allgemeine Lebenslehre“, in: dies. (Hrsg.), *Geschichte der Biologie*, Heidelberg, Berlin 2000, S. 274-301, S. 281 f.

<sup>38</sup> E. Mayr, *Eine neue Philosophie der Biologie*, S. 22.

Lebewesen wirkt, formt die Materie des Organismus auf eine zweckmäßige Weise, ohne notwendig an diese gebunden zu sein (viele Vitalisten gehen von einer prinzipiellen Abtrennbarkeit aus) und, was wichtiger ist, *ohne den in der toten Materie wirkenden physikochemischen Gesetzen zu unterliegen*.

Die rasante Entwicklung des naturwissenschaftlichen Physikalismus seit den 40er Jahren des 19. Jahrhunderts bereitet vor allem dem materialistischen Vitalismus enorme Schwierigkeiten. Für die Vorstellung einer besonderen Lebenskraft läßt der positivistische Imperativ der Eliminierung aller „okkulten“ Faktoren aus der wissenschaftlichen Erkenntnis keinen Platz. Diese Haltung wird auch von den Fortschritten der Physikochemie dieser Zeit gewaltig gefördert, denn sie nähren den Glauben, daß alle Vorgänge der Natur durch die bekannten bzw. mit naturwissenschaftlichen Methoden zu entdeckenden physikalischen Kräfte und Gesetze erklärbar sind bzw. sein werden. Überdies wird der erste Hauptsatz der Thermodynamik, der Energieerhaltungssatz, von Du Bois-Reymond und Helmholtz gegen jene Lebenskräfte eingesetzt<sup>39</sup>: erstens gebe es keinen Grund anzunehmen, daß Organismen aus einer nicht bekannten Energiequelle schöpfen, denn für all ihre Leistungen scheinen sie bekannte Energieformen zu verbrauchen, und zweitens *verbiete* der Energieerhaltungssatz, dessen uneingeschränkte Gültigkeit auch für Organismen eindeutig experimentell bewiesen wurde, *die Annahme einer anderen physisch wirksamen Kraft, die der physikalischen Gesetzlichkeit nicht gehorcht*.

Der „energetische Vitalismus“<sup>40</sup> gerät also unter einem gewaltigen Rechtfertigungsdruck, was dazu führt, daß der gegen 1890 erscheinende Neovitalismus eine auffällige Nähe zu seinem animistischen Vorläufer aufweist.<sup>41</sup>

Die Tatsache, daß die verschiedenen vitalistischen Strömungen mit den teleonomisch orientierten Theorien die selbe teleologische Sprache teilen, darf nicht darüber hinwegtäuschen, daß

---

<sup>39</sup> H. Driesch, *Geschichte des Vitalismus*, Leipzig 1922, S. 137 ff.

<sup>40</sup> H. Driesch, *Philosophie des Organischen*, Leipzig 1928, S. 298.

<sup>41</sup> H. Driesch, *Geschichte des Vitalismus*, S. 167 ff.

sie beide unter dem Begriff „Ziel“ etwas grundsätzlich verschiedenes verstehen. Für den Neo- und den Psychovitalismus geht es um Ziele aus einer unreduzierbaren *internen Perspektive*. Sie werden, als solche von einer *mentalen substantiellen Entität* – die noch so einfach sein kann, der aber *Subjekteinheit* zukommt – aufgefaßt und somit *antizipiert*.<sup>42</sup> Die Ziele sind für *diese* Entität von Bedeutung. Im zweiten Fall geht es um „Ziele“, die ein externer Beobachter aufgrund der mehr oder weniger vorhandenen kausalen Durchsichtigkeit seines Objektes berechnen und somit *voraussagen* kann (zumindest innerhalb gewisser Grenzen der Berechenbarkeit) – sie werden also aus einer ausschließlich *externen Perspektive* identifiziert und sind folglich Endzustände und keine wirklichen Ziele.

### 1.2.a Aristoteles

Zwischen den Varianten des Vitalismus, die in der Seele den Hauptfaktor organismischen Werdens sehen, und Aristoteles besteht eine enge Beziehung. Für Hans Driesch, den bekanntesten Neovitalisten, ist die Aristotelische Lebenslehre ein „reiner Vitalismus“.<sup>43</sup> Kann man jedoch den biologischen Schriften Aristoteles’ die Begründung dieser Richtung zusprechen; ist er tatsächlich „der erste Vitalist, den die Geschichte kennt“<sup>44</sup>?

Der zentrale Ausgangspunkt des biologischen Denkens von Aristoteles und auch all seinen Nachfolgern besteht in der Überzeugung, das Erreichen von Ordnung und Regelmäßigkeit, zumal in den höchst komplexen Formen der lebendigen Natur, sei nur als Resultat geplanter und final ausgerichteter aktiver Formung vorstellbar. Aus heutiger Sicht ist man versucht, Aristoteles eine Intentionalisierung des lebendigen Werdens zuzuschreiben.

---

<sup>42</sup> Vgl. die im Beitrag von Barbara Muraca für diesen Band entfaltete Verbindung zwischen „Antizipation“ und „Zwecksetzung“ bzw. „Zwecktätigkeit“.

<sup>43</sup> H. Driesch, *Geschichte des Vitalismus*, S. 16.

<sup>44</sup> H. Driesch, *Philosophie des Organischen*, S. 126.

Im Gegensatz zum systemischen Denken unserer Zeit ist für die platonisch-aristotelische Tradition die Form fundamentaler als das Werden und die in ihm agierenden Kräfte – die Form wird substantialisiert. Das Wesen einer Entität wird als *Substanz* – als „ουσια“ – verstanden, d. h. als ein unveränderlicher Agent „hinter“ (oder „unter“) den Erscheinungen. Hierin besteht der Kern der *Substanzontologie*, die bis in die frühe Neuzeit hinein das abendländische Denken dominiert. Aristoteles läßt sich dabei von der Subjekt-Prädikat-Struktur natürlicher Sprachen leiten, die so operiert, als gäbe es einen zugrunde liegenden unveränderlichen Träger, dem verschiedene prädikative Bestimmungen zugesprochen werden können. Die Substanzontologie beruht im Endeffekt auf der impliziten Prämisse, daß der sprachliche Logos des Menschen den kosmischen widerspiegelt.

Die Substanz eines Seienden wird auf dieser Basis als sein *zeitloser* Grund gedacht, der sein Werden lenkt, ohne von diesem variiert zu werden: „Was als Erscheinungsform oder seiendes Wesen [Substanz, ουσια] ausgesagt wird, kennt kein Entstehen.“<sup>45</sup> *Die Form, als Substanz, existiert folglich außerhalb jeglichen Werdens.* Das was wird, ist immer eine Verbindung von Form und Stoff.<sup>46</sup> Die Genese natürlicher Entitäten, also auch der Lebewesen, wird – wie selbstverständlich – nach dem Vorbild der menschlichen Kunst gedacht. „Physis“ besage nichts anderes als „Ins-Werk-Setzen“, bei dem alles wird, indem es zu seiner Form („ειδος“), als seinem eigenen „Telos“ (was hier Ziel bedeutet), kommt. So gesehen liegt aber das Sein des Seienden immer in seiner Vollkommenheit, in seiner „Entelechie“ („εντελεχεια“), beschlossen, denn alles „Ins-Werk-Setzen“ kommt zur Ruhe, wenn es ans Ziel gelangt. „Entelecheia“ kann als „Das-Vollkommene-Haben“ oder „die Vollendung, das Ziel, in sich tragen“ interpretiert werden. Die „Entelechie“ ist die unveränderliche *Form*, welche sich im Stoff verwirklicht und, als Substanz, dem Vorgang ihrer Verwirklichung logisch und zeitlich vorgegeben ist.

---

<sup>45</sup> Aristoteles, *Metaphysik*, Übers. u. Einleit. v. H. G. Zekl, Würzburg 2003, VII, 8, 1033b 6, Einfügung S. K.

<sup>46</sup> Ebd., VII, 8, 1033b 9 f.

In seiner sehr wirkungsvollen Schrift *Über die Seele (De anima)* bezeichnet Aristoteles die Seele als „die erste Entelechie“ eines organischen Körpers.<sup>47</sup> *Die Seele ist also die Substanz des lebendigen Körpers und formt seine Organe als Wirk-, Form- und Zweckursache.* Die Seele ist nichts Materielles.<sup>48</sup>

Die Geschichte der Biologie zeigt, daß nach Aristoteles und bis tief in die frühe Neuzeit die Metaphysik von Form und Stoff, Entelechie und Materie eine zentrale Grundlage des biologischen Denkens gewesen ist. Die Rolle, die Aristoteles, vor allem in *De anima*, der Seele zuschreibt, erinnert an den Psychovitalismus Stahls, sowie auch an seine neovitalistische Fortsetzung, was häufig dazu geführt hat, daß Aristoteles der vitalistischen Tradition zugerechnet wurde. Aristoteles erhebt zweifelsohne die Seele zum morphogenetischen Hauptfaktor jedes Organismus, weshalb Driesch in dem antiken Denker einen ihm sehr engen Geistesverwandten sieht. Allerdings *verbietet* der Hylemorphismus Aristoteles' geradezu die für viele Vitalisten – und auch für Driesch – typische Betrachtung der Seele als eine von der Materie ablösbare Entität. Die aristotelisch gedachte Seele ist zwar nichts Körperliches, sie ist jedoch immer am Körper<sup>49</sup>, „so sind die Seele und der Körper *zusammen* das Lebewesen“.<sup>50</sup>

Auch wenn also der Psychovitalismus auf Aristoteles' Seelen- und somit auch Substanz-Vorstellung beruht – letzterer sollte weder dieser noch irgendeiner anderen vitalistischen Tradition zugeordnet werden. Was jedoch Aristoteles auf jeden Fall mit den Vitalisten verbindet, ist die Überzeugung, daß eine vom Stoff verschiedene Ursache notwendig ist, um einen Leib zu formen. Darüber hinaus werden nicht nur die seelischen Faktoren der Psychovitalisten, sondern auch die „Lebenskräfte“ der „materialistischen“ Vitalisten als Substanzen gedacht, als reale *subsistierende* Entitäten, die die stofflichen Erscheinungen hervorbringen.

---

<sup>47</sup> Aristoteles, *Über die Seele*, Aristoteles' Werke in deutscher Übersetzung, hrsg. v. E. Grumach, Bd. 13, Berlin 1959, II, 1, 412a 27 f.

<sup>48</sup> Ebd., II, 2, 414a 21.

<sup>49</sup> Ebd., II, 2, 414a 21.

<sup>50</sup> Ebd., II, 1, 413a 4, Hervorhebung S. K.

### 1.2.b *Der Neovitalismus von Hans Driesch*

Der berühmte Biologe und Philosoph Hans Driesch (1867-1941) ist der wichtigste Vertreter des seit dem Ende des 19. Jahrhunderts aufkommenden Neovitalismus. Driesch denkt, daß in jedem Organismus ein zielgerichtet agierender „*autonomer, nicht* aus einer Kombination anderer Agentien resultierender, sondern in sich elementarer Naturfaktor“ am Werk ist.<sup>51</sup> Dieser Faktor wird als Substanz, im Aristotelischen Sinne dieses Begriffs, verstanden<sup>52</sup> und ebenfalls „Entelechie“ genannt.<sup>53</sup> Obwohl Driesch seine Lehre nicht mit der von Aristoteles identifiziert<sup>54</sup>, bleibt er seinem antiken Vorläufer auch diesbezüglich treu, daß er die Entelechie als einen immateriellen Agenten begreift, dessen „Kunstwerk“ der materielle Organismus ist.<sup>55</sup> Dem „Seelisch-Entelechialen“<sup>56</sup> wird allerdings – im deutlichen Gegensatz zu Aristoteles – der Status einer eigenständigen realen Entität zugesprochen, die sich vom Leib zurückziehen kann.<sup>57</sup> Das hat zwar den physischen Tod zur Folge, schließe aber keineswegs die „persönliche Unsterblichkeit“ aus.<sup>58</sup>

Drieschs Nähe zur aristotelischen und psychovitalistischen Lehre resultiert aus seinen eigenen Schlußfolgerungen bezüglich der Natur des embryonalen Werdens, dem er intensive experimentelle Untersuchungen widmet. Er gelangt zur Überzeugung, die Entelechie eines jeden Organismus ist eine „intensive Mannigfaltigkeit, d. h. ein Agens, welches mannigfaltig wirkt, ohne selbst räumlich oder extensiv mannigfaltig zu sein [...] also ein Agens, welches ordnet, aber *kein quantitatives Agens*“<sup>59</sup> ist. Auch wenn aber die Entelechie nichts Quantitatives, folglich auch nichts

---

<sup>51</sup> H. Driesch, *Philosophie des Organischen*, S. 284.

<sup>52</sup> Ebd., S. 365, S. 379 und S. 348.

<sup>53</sup> Ebd., S. 126.

<sup>54</sup> Ebd.

<sup>55</sup> Ebd., S. 379.

<sup>56</sup> Ebd., S. 391.

<sup>57</sup> Ebd., S. 350.

<sup>58</sup> Ebd., S. 391.

<sup>59</sup> Ebd., S. 339, Hervorhebung S. K.



Energetisches ist: „das Ergebnis ihrer Arbeit an der Materie“<sup>60</sup> muß den für alle extensiven Mannigfaltigkeiten geltenden Satz der Energieerhaltung respektieren. Driesch versucht, diesem Satz gerecht zu werden, indem er der Entelechie die Fähigkeit zuweist, Teile der im Organismus vorhandenen kinetischen Energie gezielt in potentielle Energie zu überführen, wobei sie aber diese „Suspension“ der Bewegung, wie Driesch diese Verwandlung von Energie nennt, „wieder freimachen (kann), je nach den Umständen“<sup>61</sup>. Driesch spricht also der Entelechie die Fähigkeit zu, die ihr zur Verfügung stehende Quantität von Energie lediglich zu *verwalten*.

Für Driesch ist die Entelechie durch naturwissenschaftliche Kategorien nicht zu erfassen.<sup>62</sup> Dies bedeutet jedoch, daß Driesch nichts Geringeres hat als das Problem von Descartes, der zwei ontologisch völlig andersartige Substanzen aufeinander wirken läßt. Es ist und bleibt unverständlich, wie die Entelechie, die eine immaterielle, nicht quantifizierbare Substanz und keine Energieform ist, auf Materie und Energie, die quantifizierbar sind, wirken kann – was sie aber unbedingt tun muß, um sie beeinflussen („suspendieren“) zu können.

Dem neovitalistischen Teleologismus Drieschs haftet also *essentiell* mindestens ein großes theoretisches Problem an: Er bleibt die Erklärung schuldig, *wie etwas Immateriell-Geistiges auf Physisches überhaupt wirken kann*, worin auch die altbekannte Geist-Materie- bzw. Leib-Seele-Problematik besteht. Schon allein wegen dieses gewaltigen Problems ist sein Neovitalismus nicht haltbar. Dasselbe gilt aber auch für jede Form des Psychovitalismus. Eine andere gewaltige Schwierigkeit, metaphysischer Art, besteht in der engen Anbindung der Lehre Drieschs an die längst überholte Substanzontologie – ein Schicksal, das alle Formen neo- und altvitalistischen Denkens, ob energetischer oder animistischer Art, mit ihr teilen.

Das Fazit dieser Überlegungen lautet: Der Vitalismus, in all seinen Varianten, ist nur noch vom historischen Interesse.

---

<sup>60</sup> Ebd., S. 379.

<sup>61</sup> Ebd., S. 315.

<sup>62</sup> Ebd., S. 310.

## **2 Biologische Vorgänge im Lichte der Whiteheadschen Prozeßontologie**

Mit seiner Prozeßphilosophie führt Alfred North Whitehead eine neue Art des teleologischen Denkens ein, die weder auf der Substanz- noch auf der Systemontologie basiert. Sie umgeht einerseits die Schwierigkeiten des Vitalismus, andererseits bietet sie aber die Möglichkeit, die Probleme des biosystemischen Teleonomismus zu überwinden und dabei seine Verdienste in ein erweitertes Bild vom Organismus aufzuheben. Diese Teleologie-Konzeption kann folglich beträchtlich zur Schöpfung einer Biologie für das 21. Jahrhundert beitragen.

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. Als Resultat der Verfangenheit im Glauben an die Ontologie-Relevanz und die ihr geschuldete philosophische Überbewertung natürlicher Sprachen sieht er die Substanzontologie an, von der er sich am meisten distanziert – seine Prozeßmetaphysik versteht er als Alternative zu ihr. 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 Actual entities: die „elementarsten Fakten“ sind Prozesse.**

Die Grundintuition aller Prozeßphilosophien besagt, daß die primären Entitäten des Universums *Prozesse* sind. Alles Persistierende wird zum Resultat der Aufeinanderfolge von miteinander zusammenhängenden Prozessen erklärt. Whitehead bezeichnet die „elementarsten Fakten“ der

Wirklichkeit als *actual entities*. Diese ontologische Kategorie übernimmt in seiner Prozeßphilosophie die Rolle der Aristotelischen „ersten Substanz“ (ουσια η πρώτη) und der Descartesschen „res verae“: „‘Actual entities’ [...] are the final real things of which the world is made up. There is no going behind actual entities to find anything more real. [...] The final facts are, all alike, actual entities [...] The notion of ‘substance’ is transformed into that of ‘actual entity’.“<sup>63</sup>

### 2.1.a Physisch-mentale Bipolarität

Eine zweite Grundidee der Whiteheadschen 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 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.<sup>64</sup> 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.<sup>65</sup>

---

<sup>63</sup> A. N. Whitehead, *Process and Reality*, New York 1979, S. 18 f.

<sup>64</sup> „The actualities of the Universe are processes of experience, each process an individual fact“ (A. N. Whitehead, *Adventures of Ideas*, New York 1967, S. 197). „An actual entity is called the ‘subject’ of its own immediacy“ (A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 25).

<sup>65</sup> R. Wiehl, „Whiteheads Kant-Kritik und Kants Kritik am Panpsychismus“, in: H. Holzhey, A. Rust, R. Wiehl (Hrsg.), *Natur, Subjektivität, Gott*, Frankfurt/M. 1990, S. 198-239, 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.

### 2.1.b Interne Relationalität

Einer der Hauptgründe Whiteheads, die alte Metaphysik zu verlassen, liegt darin, daß in ihrem Rahmen Relationen zwischen Substanzen nicht denkbar sind<sup>66</sup>: „The relations between individual substances constitute metaphysical nuisances: there is no place for them.“<sup>67</sup> Sowohl die Descartessche Substanz als das, was „so existiert, daß es zu seiner Existenz keines anderen Dinges bedarf“<sup>68</sup>, als auch die aristotelische „erste Substanz“, die „weder von einem Zugrundeliegenden ausgesagt wird, noch in einem Zugrundeliegenden ist“<sup>69</sup>, sind als sich selbst genügsame Seiende konzipiert und bedürfen als solche keiner Beziehungen zu etwas anderem. Whitehead distanziiert sich ausdrücklich von beiden Konzeptionen.<sup>70</sup>

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

---

<sup>66</sup> Vgl. auch G. Böhme, „Whiteheads Abkehr von der Substanzmetaphysik“, in: E. Wolf-Gazo (Hrsg.), *Whitehead*, Freiburg, München 1980, S. 45-53; S. 46; R. L. Fetz, *Whitehead: Prozeßdenken und Substanzmetaphysik*, Freiburg, München 1981, S. 114.

<sup>67</sup> A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 137.

<sup>68</sup> Descartes, *Prinzipien der Philosophie*, Hamburg 1965, Teil I, § 51.

<sup>69</sup> Aristoteles, *Kategorien*, Darmstadt 1984, 5, 1b 39-42; ders., *Metaphysik*, VII, 2, 1028b 36 f.

<sup>70</sup> Vgl. A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 59.

eigenen 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 zeitloser Träger sein, der verschiedene Erfahrungen durchlebt, ohne von ihnen in seinem Wesen variiert zu werden. 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 kann.<sup>71</sup> 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.*

Das dritte Fundament der Whiteheadschen Ontologie folgt im Grunde automatisch aus dieser Verbindung von Prozessualität und Subjektivität. Wenn ein Prozeß erst durch Erfahrungsrelationen zu anderen Prozessen zustandekommt, kann er von seinen Relationen nicht im geringsten abgelöst werden, womit es sich dabei notwendig um *interne Relationen* handelt.

In der unlösbaren Verbindung von Prozessualität und interner Relationalität kann aber auch die größte Schwierigkeit der Whiteheadschen Ontologie gesehen werden: Der Prozeß, der die Erfahrungsrelationen hervorbringt, existiert weder zeitlich noch logisch vor ihnen. 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 – das beleuchtet Whiteheads Kritik bezüglich der Ontologie-Relevanz der Sprache auch aus einer anderen, spezifisch prozeßphilosophischen Warte.

---

<sup>71</sup> 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.

## 2.2 Der Prozeß als Zusammenwachsen

Vor dem Hintergrund der internen Relationalität wird die eigentliche Besonderheit des Whiteheadschen Prozeß-Begriffs verständlich: „This internal relatedness is the reason why an event can be found only just *where it is* and *how it is*, – that is to say, in just one definite set of relationships. [...] This is what is meant by the very notion of internal relations.“<sup>72</sup> Das Wesen einer primären Entität, *was* sie ist, ist unlösbar mit dem Ort, *wo* sie ist, verbunden<sup>73</sup> – deshalb bewegt sich eine actual entity im Raum nicht: „Thus an actual entity never moves: it is *where it is* and *what it is*.“<sup>74</sup> Die Zitate machen ebenfalls klar, daß eine actual entity sich genau so wenig verändern kann („how it is“, „what it is“). Im scharfen Gegensatz zur Substanz-Konzeption – allem voran der ihr essentiellen Annahme zeitloser Entitäten (wie z.B. der Atome Demokrits und der mechanistischen Atomisten der Neuzeit), die verschiedene vergängliche phänomenale Konstellationen nacheinander hervorbringen können – haben Whiteheadsche Prozesse keine „externen Abenteuer“, sondern nur das innere Abenteuer des Werdens: „This quantum [...] cannot have any external adventures, but only the internal adventure of becoming. Its birth is its end.“<sup>75</sup> Der Whiteheadsche Prozeß besteht also in einem einzigen Akt des Werdens und vergeht beinahe sofort nach seinem Abschluß – weder bewegt noch verändert er sich. Wie gelingt es jedoch einem elementaren Selbstvollzug, sich selbst abzuschließen?

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 *Erfahrungsbezug* auf andere, schon entstandene Prozesse, die konkrete Positionen in der Raumzeit einnehmen. Diese Art des wesensgründenden Bezugs nennt Whitehead „*Erfassen*“ („prehension“).

---

<sup>72</sup> A. N. Whitehead, *Science and the Modern World*, Cambridge 1953, S. 155, Hervorhebungen S. K.

<sup>73</sup> Vgl. A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 59 f.

<sup>74</sup> Ebd., S. 73, Hervorhebungen S. K.

<sup>75</sup> Ebd., S. 80.

Der Prozeß ist ein Zusammenwachsen der vielen schon vollendeten (aber noch nicht vergangenen) Entitäten, die erfahren bzw. erfaßt oder prehendiert werden, zu einer neuen actual entity. Whitehead bezeichnet den Prozeß als „concrecence“; dabei geht er vom lateinischen Verb „concreasco“, das „zusammenwachsen“ bedeutet, aus. Man kann folgende Formel einsetzen: *actual entity = subject = process = concrecence = essence (Wesen)*. Die concrecence einer actual entity ist ihr Wesen; die neue actual entity ist nichts anderes als ihr concrecence-Prozeß selbst. Die Whiteheadsche Ontologie erlaubt uns also, den Begriff des Wesens von dem der Substanz abzukoppeln.

Das Zusammenwachsen der verschiedenen internen Erfahrungsrelationen eines Prozesses, seiner Erfassungen, zu einer Erlebenseinheit kann aber *kein* deterministischer Ablauf sein. Denn dafür müßte der Prozeß von in sich vollendeten, folglich von ihm unabhängigen Faktoren physischer oder ideell-geistiger Natur gesteuert werden. Die Prozessualität der primären Entitäten verbietet aber geradezu, sie für die Resultate nicht-prozessualer 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 Tatsachen der ideellen und physischen Realität – d. h. Mathematik, Logik, mentale Inhalte, Naturgesetze und emergente Gesetzmäßigkeiten, 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 ontologisch und nicht bloß epistemisch bedingten Kontingenz unterliegt.

Die vielen gerade vollendeten Prozesse, die ein entstehender Prozeß vorfindet und prehendiert, eröffnen der neuen concrecence verschiedene Möglichkeiten der Vereinigung der erfaßten Vielheit zu einer neuen Entität. Der concrecence-Prozeß kommt zu seinem Abschluß, wenn alle

Unbestimmtheiten in bezug auf die Realisierung von Möglichkeiten beseitigt sind, womit die neue actual entity als ein Raum-Zeit-Datum in Erscheinung tritt. Diese abschließende Manifestation als raumzeitlich lokalisiertes Energiequantum ist der Ausdruck des Aktes einer *Entscheidung*, die im Verwirklichen einer einzigen der offenstehenden Möglichkeiten des Zusammenwachsens und somit im Verwerfen der restlichen besteht. Der Prozeß nimmt also einen mit ihm unlösbar verbundenen Teil der Realität in sich auf und verleiht ihm neuen Ausdruck, indem er sich selbst als einen neuen Teil der Realität kreiert und manifestiert. Der Whiteheadsche Prozeß ist eine elementare Vibration, „ein polares Geschehen der Verinnerlichung und Veräußerlichung“<sup>76</sup>, dessen Geburt als raumzeitliches Datum erst beim Abschluß seines Werdens möglich ist. Er enthält ein „inneres Bestreben, welches darauf abzielt, ein bestimmtes Energiequantum in einer bestimmten raumzeitlichen Region des extensiven Kontinuums zu verwirklichen“.<sup>77</sup> Der Whiteheadsche Prozeß ist also keine physische, sondern eine – im wahrsten Sinne des Wortes – *metaphysische Bewegung*, ein „Sprung“ in die Raumzeitlichkeit, „eine Bewegung vor der Bewegung beweglicher Dinge“.<sup>78</sup>

Viele moderne Interpretationen der Prozeßphilosophie Whiteheads stimmen darin überein, daß mit der Konzeption der actual entity 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 für eine mikrochronische Zeitlänge 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

---

<sup>76</sup> R. Wiehl, „Whiteheads Kant-Kritik und Kants Kritik am Panpsychismus“, S. 228 f.

<sup>77</sup> Ebd., S. 228.

<sup>78</sup> R. Wiehl, „Aktualität und Extensivität in Whiteheads Kosmo-Psychologie“, in: M. Hampe, H. Maaßen (Hrsg.), *Die Gifford Lectures und ihre Deutung*, Frankfurt/M. 1991, S. 313-368, S. 326.



100.000 Neuronen involviert sein können.<sup>79</sup> Der Bewußtseinsstrom der menschlichen Personalität ist, so gesehen, eine Aufeinanderfolge hochkomplexer actual entities, deren mentaler Reichtum die Schwelle des Bewußtseins erreicht hat.

### 2.2.a Prozessuale Zweckursachen

Whitehead versteht jede concrescence einer actual entity als eine „teleologische Selbstschöpfung“ („teleological selfcreation“).<sup>80</sup> Dabei spricht er natürlich keineswegs von „Teleologie“ im Sinne der substanzphilosophischen Konzepte Aristoteles', Leibniz' und der Vitalisten. Auf der Basis seiner Prozeßontologie entwirft er ein moderates Teleologie-, bzw. Finalitäts-Konzept, dessen Kerngedanke darin besteht, daß zum Wesen jedes prozessualen Subjekts auch die Herauskristallisierung des Zieles, nach dem es strebt, gehört: „Process is the growth and attainment of a final end.“<sup>81</sup> Das Ziel der Verschmelzung der erfaßten Inhalte zu einer neuen Einheit ist also selbst einer Transformation unterworfen. Diese Verschmelzung (concrecence) findet mit dem Abschluß der Kreation der Form des Prozesses ihr Ende. Die kreative Herauskristallisierung dieser Form erfordert die Konvergenz der Prehensionen der entstehenden actual entity, denn das prozessuale Subjekt strebt nach höchstmöglicher innerer Kohärenz. Dies veranlaßt Whitehead, eine *finale*

---

<sup>79</sup> St. Hameroff, „Consciousness, Whitehead and Quantum Computation in the Brain: Panprotopsyism Meets the Physics of Fundamental Space-Time Geometry“, in: Fr. Riffert, M. Weber (Hrsg.): *Searching for New Contrasts*, Frankfurt/M. 2003, S. 61-86, S. 76 f. – Whitehead selber unterstützt eine solche Interpretation. Über die Sukzession der zentralen, den menschlichen und den höher organisierten tierischen Körper leitenden Bewußtseinsereignisse sagt er: „This route of presiding occasions probably wanders from part to part of the brain“ (A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 109). Es ist sehr unwahrscheinlich, daß Whitehead dem physischen Korrelat eines Bewußtseinsprozesses die Punktgröße eines Elementarteilchens, das sich in immer wieder anderen Teilen des Gehirns manifestiert, zuschreibt. Vielmehr scheint er, der physischen Seite einer bewußten actual entity eine kurzzeitige Erstreckung über eine makroskopische Gehirnregion zuzuweisen, womit er nicht von der ausschließlich mikrophysikalischen Natur der actual entities ausgegangen sein kann.

<sup>80</sup> A. N. Whitehead, *Adventures of Ideas*, S. 195; vgl. auch ebd., S. 194 und S. 201; ders., *Process and Reality*, S. 214; E. Wolf-Gazo, „Zur Grundstruktur der Whiteheadschen Kosmologie“, in: ders. (Hrsg.), *Whitehead*, Freiburg, München 1980, S. 9-27, S. 15.

<sup>81</sup> A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 150.

Ausrichtung des Prozesses anzunehmen. Ihr Telos besteht sowohl im *Streben* nach der Festlegung einer Endform als auch im *Abschluß* der Gestaltung und Manifestation dieser und vereinigt somit die Bedeutungen von „Zweck“ und von „Ende“ zu einer neuen Einheit, die beiden die ihnen gebührende Achtung zuweist. Diese sich selbst formende Suche ist eine *prozessuale Zweckursache*. In ihr sind die Transformationen der alt-metaphysischen *causa finalis* und *causa formalis* zu einer prozeßontologisch fundierten Einheit unlösbar verbunden. Wenn diese prinzipiell nicht vorhersagbare Suche sich selbst als abgeschlossen empfindet, manifestiert sich die herauskristallisierte Zweckursache als ein raumzeitlich lokalisiertes Energiequantum und kann prehendiert werden.

### 2.2.b Prozessuale Teleologie

Die nach innerer Kohärenz strebende Selbstformung der actual entity setzt ein „Ideal“<sup>82</sup>, eine übergreifende Idee eines komplexen Selbst, voraus, das der Integration – und schon der Entstehung – der Prehensionen zu einem zusammengewachsenen neuen Subjekt vorsteht. Dieses Ideal, das Whitehead „*subjective aim*“ nennt, ermöglicht dem Prozeß, seine endgültige subjektive Einheit zu erreichen.<sup>83</sup> Das subjective aim determiniert natürlich nicht das Werden des Prozesses, denn es gehört zu diesem (und wird folglich modifiziert).<sup>84</sup> Wäre es nicht so, dann wäre das subjective aim eine substanzielle Form, die den Prozeß entelechisch beherrschen würde. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, zwischen einem abschließenden und einem anfänglichen subjective aim, das Whitehead „*initial aim*“ nennt,<sup>85</sup> zu unterscheiden, wie es auch einige seiner Interpreten tun.<sup>86</sup> In diesem aus

---

<sup>82</sup> Ebd., S. 85.

<sup>83</sup> Ebd., S. 224.

<sup>84</sup> Ebd., S. 83 f., S. 224 und S. 167.

<sup>85</sup> In *Process and Reality* ist auch die Rede von „the initial phase of the ‘subjective aim’“ (ebd., S. 67) und von „initial subjective aim“ (ebd., S. 108).

<sup>86</sup> Vgl. W. Christian, *An Interpretation of Whitehead's Metaphysics*, New Haven 1967, S. 215, S. 305 und v. a. S. 314 f.; M.-S. Lotter, „Subject-Superject: Zum Verhältnis von Privatheit und

*ontologischen* Gründen nicht vorhersagbaren Modifikationsprozeß des Zieles des Subjektes besteht der entscheidende Unterschied zwischen der Konzeption des subjective aim Whiteheads und dem Entelechie-Begriff.

Schließlich stellt sich die Frage, woher eine neue actual entity die Anregung für die Gestaltung ihres subjective aim, also ihr initial aim, bekommt. Whitehead sagt deutlich, daß sie ihre initiale Zweckursache, von einer *jenseitigen* actual entity empfängt: „[...] God is the principle of concretion; namely, he is that actual entity from which each temporal concrescence receives that initial aim from which its self-causation starts.“<sup>87</sup> Da aber das subjective aim auch Resultat von Entscheidungen ist, die von der entstehenden weltlichen actual entity getroffen werden, ist seine Entwicklung eine Spezifizierung des initial aim, die in dem fortschreitenden Verwerfen von anfänglich gegebenen Möglichkeiten besteht. Aus diesem Grund ist Gott nicht als Schöpfer der weltlichen actual entities zu sehen. Alle Prozesse – weltlicher und göttlicher Natur – sind eben gleichermaßen entia necessaria und entia realissima (vgl. den Beitrag von Reiner Wiehl). Der göttliche Prozeß ist lediglich der Anreger der weltlichen Prozessualität und wird rückwirkend von dieser angeregt, da er – wie jede actual entity – der internen Relationalität unterliegt.

Das unorthodoxe Teleologie-Verständnis Whiteheads läßt sich wie folgt auf den Punkt bringen: *Der Prozeß geht nicht in der Teleologie auf, sondern die Teleologie im Prozeß*. In diesem Sinne kann man von einer „prozessualen Teleologie“ sprechen.

---

Öffentlichkeit“, in: H. Holzhey, A. Rust, R. Wiehl (Hrsg.), *Natur, Subjektivität, Gott*, Frankfurt/M. 1990, S. 169-197, S. 195.

<sup>87</sup> A. N. Whitehead, *Process and Reality*, S. 244. Vgl. auch ebd., S. 67, S. 108, S. 283 und S. 347. Whitehead hat auf der Basis seiner Ontologie ein neues Gottesverständnis angeboten (ebd., S. 342 ff.). Gott wird als ein „immerwährender“ Prozeß gedacht, der mit der weltlichen Realität sich 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.

### 2.3 Prozesse bilden Gesellschaften

Allen weltlichen actual entities ist gemeinsam, daß sie nicht persistieren, sondern nur von mikrochronischer Lebensdauer sind. Da sie Prozesse sind, verlieren sie ihre Existenzberechtigung, sobald ihr Werden abgeschlossen ist und sie als raumzeitliche Daten prehendiert 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“<sup>88</sup> 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 Gewebes 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 der gegenseitigen Wesensinterdependenz. Sie existieren also *ineinander* – in einem ontologischen Sinne dieses Ausdrucks –, weshalb sie sich von den Wirkursachen-Netzwerken des (bio)systemischen Denkens deutlich unterscheiden.

---

<sup>88</sup> Ebd., S. 34.

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

#### 2.4 „Lebendige Gesellschaften“ – „entirely living nexus“ – „living occasions“

Lebewesen sind besondere societies. Es ist essentiell für das Whiteheadsche Verständnis des Lebendigen, daß eine society nur dann lebendig ist, wenn sie *auch* actual entities enthält, deren mentaler Pol von besonderer Originalität ist.<sup>89</sup> Diese actual entities nennt Whitehead „living occasions“ (ebenda, S. 104). Die Totalität der „lebendigen Ereignisse“ eines Lebewesens macht den sogenannten „entirely living nexus“ aus. Eine society ist nur dann lebendig, wenn sie von einem „entirely living nexus“ *regiert* wird.<sup>90</sup> Ein „vollkommen lebendiger nexus“ ist der Kern einer „living society“, ohne jedoch selbst eine society zu sein (ebenda), denn seine Mitglieder sind viel zu kreativ, um mittels des Tradierens eines bestimmenden Charakteristikums begriffen zu werden.

Der „entirely living nexus“ unterscheidet sich entscheidend von der aristotelischen Seele-Konzeption. Denn einerseits ist er prozeßontologisch gedacht und andererseits, was hier wichtiger ist, *unterscheidet er sich nicht ontologisch von dem Rest der lebendigen society* – er besteht genauso aus actual entities wie das restliche Lebewesen. Whitehead ist allein schon deswegen kein „Kryptovitalist“, wie Mayr unkritisch wiedergibt<sup>91</sup>, weil er eindeutig nicht davon ausgeht, daß „Lebewesen über eine besondere Lebenskraft oder Lebenssubstanz“, ob mental-psychischer oder physischer Art, „verfügen, die der unbelebten Materie fehlt“, worin Mayr das Wesen des Vitalismus sieht.<sup>92</sup> Die Tatsache, daß Whitehead jeder actual entity einen mentalen Pol zuspricht, darf nicht dazu verführen, sein Werk mit derjenigen Linie des Vitalismus in Verbindung zu bringen, die von

---

<sup>89</sup> Ebd., S. 103.

<sup>90</sup> Ebd., S. 103.

<sup>91</sup> E. Mayr, *Das ist Biologie*, S. 353.

<sup>92</sup> Ebd., S. 418.

der formenden Wirkung einer mentalen oder psychischen Substanz ausgeht, wie der Psychovitalismus und seine neovitalistische Fortsetzung. Die „living occasions“ sind nichts anderes als actual entities; ihre Besonderheit besteht lediglich darin, daß ihre initial aims etwas einführen, das bis zum Zeitpunkt ihres Eintretens weder im nexus noch in der restlichen lebendigen society schon 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 sie führen – ganz anders als dies bei teleonomischen Systemen der Fall ist – etwas *Spontanes* in die Fortsetzung der Geschichte eines Lebewesens ein, das nicht in dessen Vergangenheit begründet ist.

Der biosystemische 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, ob universeller Reichweite (Naturgesetze) oder ausschließlich für den speziellen Organismus gültige (emergente Gesetze), durch die Zeit ihre Wirkung behalten. Whitehead erkennt diesen Punkt an, weigert sich aber, Leben darin zu verankern, geschweige 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 abstrakten Räumen, weil er nicht „verräumlicht“ ist, wie Bergson sagen würde.

In bezug auf die oben erläuterte Problematik, der Entgleisung eines Organismus in Bereiche der Desorganisation, läßt sich, auf der Basis der prozessualen Teleologie der „living occasions“ Whiteheads, die Richtung einer Antwort erahnen: Eine *einzig*e actual entity, die ein „lebendiges

Ereignis“ ist, kann einen Organismus, der am Beginn der Divergenz benachbarter Trajektorien steht, 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*<sup>93</sup>, 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 unschwer organismische Entwicklungen vor der Entgleisung bewahren. Der mentale Pol dieser „lebendigen Ereignisse“ würde in einer *Entscheidung für das Einschlagen physikochemisch möglicher und zugleich biologisch sinnvoller Trajektorien* bestehen.

Das Wesen des „entirely living nexus“ besteht vor allem in solchen richtungsweisenden, „living occasions“. Sie greifen bei den kritischen Phasen der organismischen „Reise“ durch den extrem verwickelten abstrakten Raum physikochemisch möglicher Zustände entscheidend ein und leiten sie auf biologisch sinnvolle „Schienen“ (vgl. Abb. 3). Der „entirely living nexus“ bildet also in einem *bewahrenden und revitalisierenden* Sinne den Kern eines Lebewesens, nicht in einem räumlichen, geschweige denn substantialistisch gedachten.

### **3 Zusammenfassende Schlußbetrachtung**

Die Problematik der divergierenden Trajektorien, die das Abdriften eines Organismus in seine Selbstdesorganisation 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

---

<sup>93</sup> St. Hameroff, „Consciousness, Whitehead and Quantum Computation in the Brain“; St. Hameroff, R. Penrose, „Conscious Events as Orchestrated Space-Time Selections“, in: *Journal of Consciousness Studies* 3(1)/1996, S. 36-53.

berechneten Divergenzen von Trajektorien (vgl. Abb. 2) zeigen nichts anderes, als daß es für viele lebendige Prozesse tatsächlich mehrere mögliche Wege gibt, für die sie sich *entscheiden* können. Der biosystemische 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 bestimmter 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 animistischen Vitalismus essentiell anhaftet – wie eine mentale 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 bemerkt, das jedem szientistischen Zugang zu Fragen der Geist-Gehirn-Beziehung inhärente Problem bezüglich der Emergenz mentaler Phänomene aus nicht-mentalenen Strukturen.

Ausgehend von der Whiteheadschen Ontologie erledigt sich aber auch die Problematik der Verletzung der kausalen Geschlossenheit der physischen Welt, in der die größte Schwäche des energetischen Vitalismus besteht. Aus Whiteheadscher Sicht ist die organismische Materie das Resultat permanenten Entstehens und 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 Energie und Materie und verletzen somit keinen Erhaltungssatz der Physik.