

Gernot G. Falkner / Renate A. Falkner

Die Selbstgestaltung der Lebewesen in Erfahrungsakten

VERLAG KARL ALBER 

== BIOPHILOSOPHIE ==

Herausgegeben von

Gernot G. Falkner, Reto Luzius Fetz und
Spyridon A. Koutroufinis

Band 2

Gernot G. Falkner / Renate A. Falkner

Die Selbstgestaltung der Lebewesen in Erfahrungsakten

Eine prozessbiologisch-ökologische
Theorie der Organismen

Verlag Karl Alber Freiburg / München

Gernot G. Falkner / Renate A. Falkner

The self-construction of living beings in acts of experience

A process biological-ecological theory of organisms

With the experience of environmental changes living beings reproduce their outer appearance in a constant flux of structural alterations. This process is guided by the creativity of the species-specific memory and of the individual memory of an organism. The former contains experiences, gained during antecedent self-constructions of a species. The latter refers to experiences, gained during individual developments of an organism. The interdependence of these two forms of memory allows comprehending the evolution of species, the human history and the emergence of self-consciousness as a single process. Thereby findings of prominent biologists about different manifestations of organismic remembrances are reinterpreted using ideas of G. W. F. Hegel, Alfred N. Whitehead, John Dewey, Ernst Cassirer, Henri Bergson and Reto Luzius Fetz.

The Authors:

Prof. Dr. Gernot G. Falkner, born 1941, has worked since 1973 in the Institutes of Molecular Biology and Limnology of the Austrian Academy of Sciences on the physiological adaptation of microorganisms to environmental changes. In 1996 he was awarded a Prix Montyon by the French Academy of Sciences.

Dr. Renate A. Falkner worked at the University of Würzburg after studying biology and chemistry. Since 1980, together with Gernot G. Falkner, she has been investigating the physiological adaptation of microorganisms to environmental changes.

Gernot G. Falkner / Renate A. Falkner

Die Selbstgestaltung der Lebewesen in Erfahrungsakten

Eine prozessbiologisch-ökologische Theorie der Organismen

Lebewesen reproduzieren ihre Gestalt bei jeder Erfahrung einer Änderung ihrer Umwelt in einem konstanten Fluss struktureller Veränderungen. Dieser Prozess wird von der Kreativität eines Artgedächtnisses und der eines individuellen Gedächtnisses der Lebewesen geleitet. Ersteres enthält die Erfahrungen bei vorangegangenen artspezifischen Selbstgestaltungen, das zweite betrifft Erfahrungen bei individuellen Entwicklungen eines Organismus. Mit der Interdependenz dieser beiden Gedächtnisformen lassen sich die Evolution der Arten, die menschliche Geschichte und die Entstehung des Bewusstseins als ein einziger Prozess begreifen. Dabei können Befunde bedeutender Biologen über verschiedene Manifestationen organismischer Erinnerungen mit Ideen von G. W. F. Hegel, Alfred N. Whitehead, John Dewey, Ernst Cassirer, Henri Bergson und Reto Luzius Fetz neu interpretiert werden.

Der Autor:

Prof. Dr. Gernot G. Falkner, geb. 1941, arbeitete seit 1973 in den Instituten für Molekularbiologie und Limnologie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften über die physiologische Anpassung von Mikroorganismen an Milieuänderungen. 1996 wurde er von der Französischen Akademie der Wissenschaften mit einem Prix Montyon ausgezeichnet.

Dr. Renate A. Falkner arbeitete nach dem Studium der Biologie und Chemie an der Universität Würzburg. Seit 1980 untersuchte sie gemeinsam mit Gernot G. Falkner die physiologische Anpassung von Mikroorganismen an Umweltänderungen.



Originalausgabe

© VERLAG KARL ALBER
in der Verlag Herder GmbH, Freiburg / München 2020
Alle Rechte vorbehalten
www.verlag-alber.de

Satz: SatzWeise, Bad Wünnenberg
Herstellung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

ISBN 978-3-495-49108-9

Inhalt

Vorwort	11
Einführung	21
1. Die irreversible Natur biologischer Prozesse	45
2. Die Probleme bei einer Objektivierung organismischer Prozesse	48
2.1. Die Schwächen der molekularbiologischen Erklärungen organismischer Prozesse	48
2.2. Die Folgen einer Vernachlässigung des Lebendigen in der Molekularbiologie	49
2.3. Das Fehlen der teleologischen Natur biologischer Prozesse in einer physikalistischen Biologie	52
2.4. Die Unangemessenheit des Anthropomorphismus-Vorwurfs	55
2.5. Die Probleme bei der Erstellung einer molekularen Theorie der Formbildung	56
2.6. Die positivistische Erklärung der Funktion biologischer Strukturen auf der Grundlage einer physikalistischen Biologie	61
3. Die Selbstkonstitution von Mikroorganismen: Das Zellgedächtnis und seine energetische Grundlage . . .	64
3.1. Experimentelle Untersuchung von Selbstkonstitutionsvorgängen bei einer mikrobiellen Population	64
3.2. Die Funktion energiekonvertierender Subsysteme des Phosphataufnahmesystems bei der Informationsverarbeitung über Änderungen der Phosphatzufuhr . . .	78

Inhalt

3.3. Das Zusammenwirken einer Gesellschaft von energie- konvertierenden Subsystemen	86
3.3.1. Die Rolle metabolischer Kreisprozesse im organismischen Energiefluss	90
4. Prozessphilosophische Interpretationen der onto- logischen Differenz zwischen adaptiven Operationsmodi und adaptierten Zuständen des Stoffwechsels	93
4.1. Die Analogien zwischen »adaptiven Ereignissen« und Whiteheads »aktualen Entitäten«	95
4.2. Die Beziehung zwischen physiologischer Anpassung und Erfahrung bei John Dewey	97
4.2.1. Die Integration der Ideen von Whitehead und Dewey zur Konzeption eines Spannungsfeldes als identitätsstiftendes Element in organismischen Entwicklungen	101
4.3. Die Philosophie lebendiger Formen von Ernst Cassirer . .	108
4.4. Der Stoffwechsel als Grundlage der organismischen Freiheit bei Hans Jonas	110
4.5. Die Ereignisnatur des Gedächtnisses bei Henri Bergson .	115
4.6. Die Theorie der Wirkwesen von Reto Luzius Fetz	120
4.6.1. Die Entwicklung der Organismen als eine von Sinn- Notwendigkeiten geleitete Abfolge idealer Formen von Funktionsharmonien	122
4.7. Die Rolle der Spannungsfelder bei der Embryonal- entwicklung	123
5. Die Einheit von Erfahrung und Selbstkonstitution der Lebewesen als Ausdruck ihrer Kreativität	127
5.1. Der Zusammenhang zwischen Kreativität und Stress bei der Umgestaltung der Umgebung von Lebewesen zu ihrer Umwelt	127
5.2. Die zeitliche und räumliche Dimension adaptiver Ereignisse in der kreativen Selbstkonstitution von Lebewesen	133
5.3. Adaptive Ereignisse als Einheiten der biologischen Zeit .	133

	Inhalt
5.4. Die Raumerfahrung von Organismen	136
5.4.1. Die Selbstkonstitution von Mikroorganismen eines produktiven Sees bei der Erfahrung eines gemeinsamen Lebensraums	138
5.4.2. Die Selbstkonstitution von vielzelligen Organismen in der Erfahrung eines gemeinsamen Lebensraums mit anderen Organismen	143
5.4.2.1. Die Selbstkonstitution von Pflanzen bei der Erfahrung ihres Lebensraums	144
5.4.2.2. Die Selbstkonstitution von Tieren bei der Erfahrung ihres Lebensraums	146
5.5. Die Entfaltung des interorganismischen Kommunikationsgeschehen in der Evolution der Arten	152
6. Die Evolution der Organismen als geschichtlicher Prozess	157
6.1. Die phylogenetische Entwicklung von Organismen als geschichtliche Abfolge von Selbstgestaltungsakten	157
6.2. Die Entstehung des Selbstbewusstseins	162
7. Die darwinistischen Erklärungen der Evolution der Arten .	171
7.1. Der Neo-Darwinismus und die genzentrierte Biologie . .	173
7.2. Die Schwierigkeiten bei einer Erklärung biologischer Prozesse mit genetischen Programmen	183
7.3. Die Problematik des Artbegriffs bei einer mechanistischen Erklärung der Evolution der Arten	188
7.4. Versuch einer prozessbiologischen Artdefinition	190
8. Die Entstehung der ersten Lebewesen in einem abiotischen Milieu	193
8.1. Prozessbiologische Spekulationen über die präbiotische Evolution	195
8.2. Die Voraussetzungen für eine kontinuierliche Existenz der ersten Lebewesen unter ständig wechselnden Umweltbedingungen	200
9. Die Evolution der Bakterien, höheren Pflanzen und Tiere in einer co-kreativen Höherentwicklung	205
9.1. Die Entwicklungsgeschichte der Bakterien	205

Inhalt

9.2. Die Entstehung eukaryontischer Zellen aus symbiotischen Assoziationen von Bakterien	208
9.3. Die pflanzlichen Wuchsformen als Ergebnis einer Beziehung zwischen Bakterien, Pflanzen und Tieren . . .	211
9.4. Die Höherentwicklung der Tiergestalten	215
9.4.1. Die Schalen der Mollusken	217
9.4.2. Die Koordination der Sinneswahrnehmung im Gehirn	219
9.5. Die Bedeutung der Mustererkennung im Kommunikationsgeschehen zwischen Tieren	219
9.5.1. Die Beziehung zwischen visueller Mustererfahrung und der Gestaltung der optisch wahrnehmbaren Erscheinungsform bei höheren Tieren	222
9.5.1.1. Die strukturelle Basis einer Biokommunikation von Lebewesen	226
10. Resümee	230
 Anhang 1:	233
Der Citratzyklus:	233
 Anhang 2:	235
Die mikrobielle Energieverwertung in einem produktiven See: .	235
 Literaturverzeichnis:	237
 Sachregister	243
 Personenregister	251

Vorwort

Hirnforscher wie Wolf Singer behaupten, dass Menschen keinen freien Willen haben¹. Sie begründen dies damit, dass jeder Entscheidungsprozess physikalisch-chemischen Abläufen im Gehirn gehorcht. Eine derartige Meinung steht in Einklang mit der derzeitigen Physiologie, die sich weitgehend am mechanistischen Denkschema der klassischen Physik orientiert. Demnach nehmen, wie weiter unten noch genauer ausgeführt, lebende Systeme Zustände ein, deren Veränderung man vorhersagen kann, wenn man die Kräfte kennt, die auf diese Zustände einwirken.

Das mechanistische Denkschema hat weitreichende Auswirkungen auf ein umfassendes Verständnis des Lebendigen und daher auch des Menschen. Sie betreffen nicht nur die Meinung, dass menschliche Gehirnvorgänge wie ein »selbstlernendes« Computerprogramm mit artifizieller Intelligenz funktionieren; daher sollte auch ein Roboter, der von einem Computer mit einem derartigen Programm gesteuert wird, kreative Fähigkeiten wie ein Mensch besitzen. Das mechanistische Denkschema ist auch in der gegenwärtigen Biologie für die weit verbreitete Vorstellung verantwortlich, dass »Gene« das Verhalten aller Lebewesen einschließlich des Menschen bestimmen, sodass erworbene Eigenschaften, wenn überhaupt, nur auf Grund von epigenetischen Modifikationen eines omnipotenten Genoms vererbt werden können. Diese Meinung wird mit den verschiedenen Spielarten neodarwinistischer Erklärungen der Evolution der Arten begründet. Demnach ist die Höherentwicklung der Lebewesen aus einfacheren Vorläufern zu komplexeren Organismen durch Mutationen von Genen und einer nachfolgenden »natürlichen Selektion« vor sich gegangen, bei der die an die jeweiligen Umweltbedingungen besser angepassten Individuen überlebt haben.

¹ Diese Ansicht vertrat er in einem Artikel der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, der am 8. Januar 2004 unter dem Titel: »Keiner kann anders als er ist« erschien.

In dem hier präsentierten Buch werden die Defizite derartiger mechanistischer Erklärungen des Phänomens des Lebendigen beschrieben, und es wird gezeigt, wie diese Defizite durch eine alternative Sichtweise auf biologische Prozesse behoben werden können. Als Mitautor dieses Buches sei es mir gestattet, im Vorwort einen biographischen Rückblick auf meine Suche nach einer derartigen alternativen Sichtweise einzubringen. Der Anlass für diese Suche war eine Biochemievorlesung im sechsten Semester meines Chemie- und Physikstudiums. In dieser Vorlesung versuchte man ebenfalls, alle organismischen Prozesse durch physikalisch-chemische Reaktionsabläufe zu erklären. Dabei wurde keine strikte Abgrenzung biochemischer Abläufe von den physiologischen Voraussetzungen für die Empfindungen und Intentionen der Lebewesen vorgenommen. Da in den Gesetzen der Chemie die an mir selbst erfahrenen Phänomene wie Intentionen und Gefühle nicht vorkommen, fragte ich mich, welcher Aspekt der Physiologie hier wohl übersehen wird. Ich nahm mir vor, mich in meiner zukünftigen wissenschaftlichen Arbeit mit dieser Frage zu beschäftigen. Einen entscheidenden Anteil an ihrer Beantwortung hatte meine Frau, Dr. Renate Falkner, die als Biologin in unserer gemeinsamen Arbeitsgruppe in den vergangenen 40 Jahren die Defizite der mechanistischen Physiologie aufdeckte. Sie offenbarten sich bei Untersuchungen der physiologischen Anpassung von Bakterien an Änderungen ihrer Energieversorgung. Es zeigte sich, dass dieser Prozess ein kreativer Selbstgestaltungsakt ist. Er dient dem Ziel, neue Strukturelemente zu erzeugen, mit deren Hilfe die Organismen bei Änderungen ihrer Umgebung eine Umwelt schaffen, die ihrer Selbsterhaltung dient. Der ziel- und zweckgerichtete Aspekt dieses Vorgangs entzieht sich einer mechanistischen Erklärung, die nur auf reversible, umkehrbare Abläufe angewendet werden kann.

Darauf aufbauend haben meine Frau und ich die energetischen Grundlagen der physiologischen Anpassung mit Hilfe der irreversiblen Thermodynamik studiert. Wir fanden, dass dieser Prozess ausgelöst wird, wenn eine Milieuänderung die Funktionsharmonie eines Fließgleichgewichts des Stoffwechsels beeinträchtigt. Im Fließgleichgewicht wird die jeweils vorhandene Energie mit optimaler Effizienz verwertet, und die im Stoffwechsel erzeugten Strukturelemente der Zelle gewährleisten die Aufrechterhaltung der Erscheinungsform des Organismus. Eine Störung des Fließgleichgewichts verursacht daher eine Deformation der Erscheinungsform. Bei Bakterien konnten wir beobachten, dass diese Organismen bei einer Änderung ihrer Um-

welt, von der das Fließgleichgewicht betroffen ist, innerhalb weniger Minuten beginnen, ein neues Fließgleichgewicht anzustreben. Davon sind die energieverwertenden Subsysteme des Stoffwechsels betroffen, die den Energiefluss durch ein lebendes System katalysieren. Sie werden in einem komplexen Umbauprozess von neuem so aufeinander und auf die vom Umbau beeinflussten Milieubedingungen eingestellt, dass der Organismus wieder mit einem neuen Fließgleichgewicht zu seiner vorigen Erscheinungsform zurückfindet.

Beim Studium dieses physiologischen Anpassungsprozesses in einem Experiment zeigte sich, dass sich die Bakterien auch an die Versuchsbedingungen anpassen. Dabei entwickelten diese Organismen ständig neue Eigenschaften, die von ihrer Wachstumsvorgeschichte abhängen. Will man nun auch die Wachstumsvorgeschichte in die Untersuchung einbeziehen, um dadurch ein allgemein gültiges Modell des Anpassungsprozesses zu gewinnen, dann wird man mit einem fundamentalen Problem konfrontiert: Man beobachtet, dass die Wirkung des vorherigen Wachstums auf die Anpassung von ihrem noch weiter zurückliegenden Wachstum bestimmt wird, und so fort. Man kommt dann in einen unendlichen Regress, der sich bis zum Beginn der Evolution fortsetzt. Ein Modell der physiologischen Anpassung müsste daher die ganze phylogenetische Entwicklungsgeschichte des betreffenden Organismus beinhalten. Dies verhindert eine Beschreibung dieses Vorgangs mit physikalisch-chemischen Modellen, in denen ein geschichtlicher Aspekt der untersuchten Objekte keinen Platz hat. Die physiologische Anpassung als *Prozess* wird daher in der gegenwärtigen Physiologie nicht behandelt.

Für uns war dieser Befund deshalb interessant, weil wir dadurch eine Möglichkeit sahen, den geistigen Aspekt des Lebendigen im Stoffwechsel aufzufinden. Wir verdanken diese Möglichkeit John Dewey, der in seinem Buch »Erfahrung und Natur« die psychophysische Grundlage für die Empfindungen der Lebewesen von den energetischen Eigenschaften des Stoffwechsels herzuleiten versuchte. Ausgangspunkt seiner Überlegungen war die Tatsache, dass ein Fließgleichgewicht im Stoffwechsel auf energetischen Funktionsharmonien beruht. Er postulierte nun, dass ein Organismus Abweichungen von diesen Funktionsharmonien, hervorgerufen durch eine Umweltänderung, als eine energetische *Spannung* empfindet. Dies verursacht im Organismus ein »Bedürfnis« nach Aufhebung der Spannung. Zu diesem Zweck wirkt er in einem komplexen Erfahrungs- und Anpassungsprozess so auf seine Umgebung ein, dass sich wieder

ein neues Fließgleichgewicht in einer neuen Umwelt einstellt. Das Erreichen dieses Zustands empfindet der Organismus dann als ›Befriedigung‹. Diese Idee geht somit von einer Analogie zwischen physiologischer Anpassung und der Erfahrung eines Lebewesens aus. Die Analogie besteht darin, dass jede neue Erfahrung von vorangegangenen Erfahrungen und jede neue Anpassung von vorherigen Anpassungen abhängen. Eine derartige Verknüpfung von Anpassungsvorgängen haben wir als die physiologische Basis eines vererbaren *Zellgedächtnisses* interpretiert, das die Weitergabe und Aufrechterhaltung von organismusspezifischen Funktionsharmonien gewährleistet.

Für eine Interpretation der psychophysischen Dimension von Anpassungsprozessen benötigten wir eine solide biophilosophische Basis, die eine Einheit zwischen den Erfahrungen und den körperlichen Selbstgestaltungen eines kreativen Subjekts herstellt. Bei der Suche nach einer derartigen Basis entdeckten wir die ›organismische Philosophie‹ von Alfred North Whitehead. Für Whitehead besteht die Wirklichkeit aus einer geschichtlichen Abfolge von *organismischen Prozesseinheiten*, die er ›actual entities‹ nannte und mit denen er die cartesianische Trennung zwischen Geist und Körper zu überwinden trachtete. Das für eine Interpretation organismischer Selbstgestaltungs- und Erfahrungsakte benötigte Verständnis der Eigenschaften von ›actual entities‹ verdankten wir zunächst einem Buch des Philosophen Reto Luzius Fetz. Es trägt den Titel »*Whitehead: Prozessdenken und Substanzmetaphysik*« und ist nach meinem Dafürhalten die beste deutschsprachige Einführung in Whiteheads Hauptwerk »*Process and Reality*«. Eine Einführung in dieses Buch durch die Sekundärliteratur ist empfehlenswert, weil Whitehead eine Sprache verwendet, die einem unvorbereiteten Leser erhebliche Verständnisprobleme bereitet. Whiteheads Philosophie erlaubte uns, organismische Selbstgestaltungsakte bei Erfahrungen von Umweltänderungen als eine logische Abfolge von physiologischen Prozesseinheiten zu interpretieren, die aus zwei Phasen bestehen. In einer Anfangsphase interpretiert der Organismus eine Änderung seiner Umwelt in Hinblick auf die Schaffung eines neuen und für die Zukunft potentiell sinnvollen körperlichen Bestandteils. In der Endphase ist dieser Prozess abgeschlossen und der neue Bestandteil entfaltet seine Wirkung im Stoffwechsel. Diese Wirkung löst weitere Prozesseinheiten aus, bei denen die neu entstandenen Bestandteile immer auf die Funktion der jeweils vorher erzeugten Bestandteile zum Zweck der Aufrecht-

erhaltung oder potentiell sinnvollen Veränderung der Erscheinungsform abgestimmt werden.

Die Interpretation physiologischer Vorgänge mit der ›organismischen Philosophie‹ Whiteheads zeigte jedoch, dass sein Kategorienschema für die Erklärung eines die gesamte Lebensgeschichte umgreifenden Gedächtnisses nur begrenzt anwendbar ist. Wir fragten uns, ob dies durch gewisse Probleme der Philosophie Whiteheads verursacht wurde, auf die Reto Luzius Fetz schon in seinem Buch »*Whitehead: Prozessdenken und Substanzmetaphysik*« hingewiesen hatte. Inzwischen hatten wir Reto Luzius Fetz persönlich kennengelernt und mit ihm unsere Schwierigkeiten mit Whiteheads Werk diskutiert. Wir nahmen uns vor, gemeinsam das Kategorienschema in Whiteheads Werk »*Process and Reality*« so zu erweitern, dass die philosophischen und biologischen Probleme ausgeräumt werden. Bei dieser Aufgabe nahm Fetz die philosophischen Probleme und wir die biologischen Probleme in Angriff. Dabei entwickelte Fetz die metaphysische Basis für eine organismische Wirklichkeitslehre, während wir uns mit einem prozessbiologischen Entwurf einer Theorie der Organismen beschäftigten.

In der von uns präsentierten Theorie der Organismen spielt das Gedächtnis der Lebewesen sowohl bei individuellen Entwicklungsprozessen als auch in der Evolution der Arten eine entscheidende Rolle. Ein tieferes Verständnis dieser Rolle verdanken wir, einer Anregung von Reto Luzius Fetz folgend, der Deutung des Gedächtnisses durch den Philosophen Ernst Cassirer. Für Cassirer ist das Gedächtnis kein bloßer Speicher von Informationen, sondern leitet auf der Grundlage vorheriger Erfahrungen nachfolgende Selbstgestaltungen der Lebewesen. Das Gedächtnis wird dadurch zu einem entscheidenden Moment der organismischen Kreativität. In ähnlicher Weise ist auch für Henri Bergson die Wiederkehr und Neugestaltung der Strukturen von Lebewesen die Manifestation eines organismischen Gedächtnisses, in dem das ›Gewesene‹ dann in Erinnerungen präsent ist, wenn es in einem gegenwärtigen Erleben vergegenwärtigt wird. Auf Bergson hat uns der Biophilosoph Spyridon Koutroufinis aufmerksam gemacht, mit dem wir seit vielen Jahren in engem Gedankenaustausch stehen. Seine Beiträge für unsere Theorie der Organismen werden mit den entsprechenden Hinweisen in diesem Buch berücksichtigt.

Eine derartige Verbindung zwischen Kreativität und Gedächtnis erforderte eine Unterscheidung zwischen einem »Artgedächtnis« und

einem »individuellen Gedächtnis« der Lebewesen. Das Artgedächtnis, das bei einzelligen Lebewesen als Zellgedächtnis auftritt, bezieht sich auf die Vererbung gleichförmiger Manifestationen im Verhalten und der äußeren Erscheinung der Organismen. Es ermöglicht bei höheren Organismen artspezifische Kommunikationsformen und liefert beim Menschen die Voraussetzungen für das Entstehen der Sprache. Das individuelle Gedächtnis stammt von Erfahrungen in der Lebensgeschichte der Individuen. Es ist verantwortlich für die vom Artverhalten abweichenden Eigengestaltungen der Organismen, die zu Variationen der Erscheinungsform und der Kommunikation innerhalb einer Art führen. Eine Berücksichtigung des Artgedächtnisses war für uns deshalb wichtig, weil wir damit die Vererbung von artspezifischen Eigenschaften erklären können. Dadurch sind wir nicht mehr auf die Erklärung der genzentrierten Biologie angewiesen, die inzwischen aus innerbiologischen Gründen unglaublich geworden sind. Darauf wird im vorliegenden Text ausführlich eingegangen. Die Existenz eines Artgedächtnisses wurde im 19. und 20. Jahrhundert von mehreren prominenten Biologen vorgeschlagen, unter anderem von Ernst Haeckel und Ewald Hering.

Zwischen den beiden unterschiedlichen Gedächtnisformen existiert eine komplexe Beziehung, die auf die Verwirklichung von individuellen und artspezifischen Funktionsharmonien des Fließgleichgewichts im Stoffwechsel ausgerichtet ist. Abweichungen von einem Fließgleichgewicht empfindet ein Organismus gemäß Dewey als distinkte energetische Spannungen, die ihm anzeigen, wie weit er sich von den individuellen und artspezifischen Funktionsharmonien entfernt hat. Die beiden Gedächtnisformen konkretisieren sich als Abfolge von Anpassungs- und Erfahrungsprozessen, mit denen diese Funktionsharmonien bei einer Störung immer wieder von neuem hergestellt werden. Dies geschieht unter dem Einfluss der energetischen Spannungen, die indirekt Informationen über harmonische Zustände eines artspezifischen Fließgleichgewichts und dessen individuelle Ausprägungen beinhalten. Eine öko-physiologische Behandlung der individuellen und artspezifischen Gedächtnisformen erforderte, für die dazugehörigen individuellen und artspezifischen Spannungen den Begriff eines »Feldes« einzuführen und im Begriff von »Spannungsfeldern« operationalisierbar zu machen. Dies ermöglichte weiterführende Verallgemeinerungen auf der Grundlage von Funktionsharmonien, die die gesamte Biozönose betreffen. Wenn eine Artengesellschaft ebenfalls nach einer Funktionsharmonie

strebt, dann kann man den Abweichungen von harmonischen Zuständen auch hier eine biozönotische energetische Spannung zuordnen. In diesem Fall sind die Spannungsfelder der Organismen und der Artengesellschaften einerseits miteinander verbunden, andererseits voneinander abgegrenzt. Die Konzeption dieser intra- und interorganismischen Spannungsfelder verdanken wir dem Prozessphilosophen Tobias Müller, dessen Buch: »Gott Welt Kreativität« die Idee eines die individuellen Erfahrungsakte umfassenden ›Feldes‹ von Joseph Bracken enthält. Im vorliegenden Text wird diese Idee ausführlich beschrieben und in einer Verallgemeinerung für eine Theorie der Organismen mit Motiven von Henri Bergson kombiniert. Von Tobias Müller haben wir in vielen Diskussionen auch zahlreiche Anregungen für unsere prozessbiologischen Ideen erhalten. Ausgehend von diesen Ideen konnten wir den Unterschied in den Raum- und Zeiterfahrungen bei der Selbstgestaltung von Bakterien, höheren Pflanzen und Tieren herausarbeiten. Dies führte zu dem Postulat der evolutionären Erkenntnistheorie, dass die bei Kant *a priori* gegebenen reinen Formen der Anschauung von Raum und Zeit aus den Raum- und Zeiterfahrungen der Lebewesen in der phylogenetischen Entwicklung hervorgegangen sind.

Mit der von uns vorgenommenen Verankerung der Kreativität im Erinnerungsvermögen der Lebewesen und deren Streben nach einem Fließgleichgewicht unterscheiden wir uns von Hans Jonas, dessen Ansichten in diesem Text ausführlich dargestellt werden. Für Jonas manifestiert sich die Kreativität im Stoffwechsel. Im Gegensatz dazu ist bei uns der Stoffwechsel nur eine Voraussetzung für Kreativität. Sie entfaltet sich in einem geschichtlichen Prozess, der die Evolution der Arten, die menschliche Geschichte und die Entstehung des Bewusstseins umgreift. Diese Auffassung ließ sich mit Hegels Philosophie der Geschichte begründen, für den die Weltgeschichte der Fortschritt im Bewusstsein der Freiheit ist. In einer prozessbiologischen Interpretation von Hegels Geschichtsphilosophie nimmt die Freiheit der Organismen in der Evolution der Arten mit einer Zunahme der Differenzierung der organismischen Struktur zu. In diesem Prozess befreit sich das individuelle Gedächtnis mehr und mehr von den Bestimmungen durch die Funktionsharmonien des Artgedächtnisses. Dies führt dazu, dass sich beim Menschen kreative Intentionen des individuellen Gedächtnisses nicht mehr mit den Intentionen des Artgedächtnisses vereinbaren lassen. Beim Menschen richten sich die Intentionen des individuellen Gedächtnisses auf eine Verwirk-

lichung von neuen Funktionsharmonien in der Erscheinungsform und im sprachlichen Ausdruck. Im Gegensatz dazu streben die Intentionen des Artgedächtnisses nach Aufrechterhaltung tradiertter Funktionsharmonien. Der dadurch auftretende Konflikt und dessen Aufhebung ist die Voraussetzung für die Entstehung des Selbstbewusstseins. Dieser Prozess, der in Hegels »Phänomenologie des Geistes« beschrieben wird, ist in der hier präsentierten prozessbiologischen Sichtweise noch nicht abgeschlossen. Dabei ist die Aufhebung eines »Herr-Knecht Verhältnisses« zwischen dem Artgedächtnis als »Herrn« und dem individuellen Gedächtnis als »Knecht« in eine Aufhebung von Herr-Knecht Verhältnissen zwischen Menschen untereinander eingebettet. Dieser Prozess ist allerdings erst abgeschlossen, wenn sich die Menschen nicht mehr zu Herren über andere Lebewesen machen. Das wahre Selbstbewusstsein erreicht der Mensch daher erst in einem selbstbeherrschten und selbstbestimmten Verhältnis zu anderen Lebewesen, bei dem der Mensch deren Lebensraum nicht mehr vernichtet.

Neben den oben angeführten Philosophen haben wir die Ideen prominenter Biologen des 19. und 20. Jahrhunderts übernommen. Ernst Haeckel und Ewald Hering haben wir oben erwähnt. Auf die fundamentale Bedeutung des Fließgleichgewichts hat schon Ludwig von Bertalanffy hingewiesen. Die kreative Umgestaltung der Umgebung zu einer artspezifischen Umwelt findet man schon bei Jakob von Uexküll in seiner Unterscheidung zwischen der »Wirkwelt« und der »Merkwelt« eines Lebewesens. Wichtige Inspirationen für die hier entwickelte Theorie der Organismen erhielten wir auch von Adolf Portmann. Seiner Erklärung der Evolution der Tiergestalten ist ein ganzes Kapitel gewidmet. Die Ideen dieser Biologen und der oben angeführten Denker wurde zu einer kohärenten Theorie der Organismen zusammengeführt, die sich auf unsere empirischen Untersuchungen über die physiologische Anpassung stützt. Die theoretische Grundlage dieser Untersuchungen war die irreversible Thermodynamik. Die Anregung für eine Verwendung dieser Disziplin erhielten wir vom französischen Biophysiker Michel Thellier, mit dem wir über viele Jahre in engem Kontakt standen. Mit Hilfe der irreversiblen Thermodynamik untersuchten wir, ob es sich bei der physiologischen Anpassung um die Selbstorganisation eines dissipativen Systems handelt, wie sie von Ilya Prigogine beschrieben wurde. Die experimentelle Arbeit meiner Frau war ein Schrittmacher für Diplomarbeiten und Dissertationen einer ganzen Reihe von Studen-

ten, deren Ergebnisse in die Entwicklung unserer Theorie der Organismen inkorporiert wurden. Erwähnen möchte ich hier die Beiträge von Franz Horner, Peter Strasser, Dietmar Graffius, Ferdinand Wagner, Adel A. Fathi und die Masterarbeit von Martina Hasenleitner, die ich gemeinsam mit Kristjan Plaetzer betreut habe. Darüber hinaus verdanken wir dem Grundwasserökologen Dan Danielopol, der über die Evolution der Muschelkrebse gearbeitet hat, wertvolle Anregungen bei der Entwicklung der hier präsentierten Ideen.

Die hier vorgestellte prozessbiologische Theorie der Organismen benötigt für eine Begründung die interdisziplinäre Integration der Fachgebiete Pflanzenphysiologie, mikrobielle Ökologie, Evolutionstheorie, Taxonomie, Verhaltensforschung, irreversible Thermodynamik, Geschichtsphilosophie und Philosophie der Biologie. Ich bin mir darüber im Klaren, dass der große Umfang der Fachgebiete gewisse Verständnisschwierigkeiten beim Lesen dieses Buchs verursachen könnte. Ich bitte aber die geneigten Leser, sich nicht entmutigen zu lassen. Um ein Verständnis dieses schwierigen Themas zu erleichtern, habe ich in der nachstehenden Einführung kurz die Inhalte der einzelnen Kapitel beschrieben. Dies mag einen ersten Zugang zu Kapiteln mit Fachgebieten ermöglichen, die den Lesern vertraut sind, und könnte in einem zweiten Schritt dazu stimulieren, sich mit einer Begründung der Theorie durch weniger vertraute Fachgebiete auseinanderzusetzen. Zwar werden in allen Kapiteln dieselben Schlussfolgerungen für eine einheitliche Theorie der Organismen gezogen; sie benötigen jedoch die unterschiedlichen Begründungen durch die diversen Fachgebiete. Dadurch wird auch die Fragmentierung der Wissenschaften beim Verständnis des Lebendigen aufgehoben. Hilfreich für eine verständliche Darstellung dieser Thematik waren Diskussionen mit den Teilnehmern einer Lehrveranstaltung über »Philosophie der Organismen«, die ich im Wintersemester 2016/2017 an der Hochschule für Philosophie in München abhalten durfte. Ob und in welchem Ausmaß dies gelungen ist, mag jeder Leser selbst entscheiden.

Last, but not least möchten wir betonen, dass wir mit dem hier präsentierten Text nicht beanspruchen, eine endgültige Wahrheit über das Wesen des Lebendigen gefunden zu haben. Es ist dies ein erster Entwurf, der zu einer weiteren Zusammenarbeit mit Vertretern von verschiedenen Disziplinen aus den Natur- und Geisteswissenschaften einlädt. Besonders wichtig erscheint in diesem Kontext eine Verbindung zwischen Philosophie und Biologie, da nahezu alle

Vorwort

Teilbereiche der Biologie zu Fragen führen, für deren Beantwortung die Philosophie benötigt wird. Darauf hat schon Kristian Köchy in seinem Buch »*Biophilosophie zur Einführung*« hingewiesen². Allerdings erfordert dies eine Abstimmung der Biologie auf eine Neuorientierung der Philosophie. Solange dies nicht gelungen ist, bleiben bei einer Integration der Philosophie in die Biologie Inkohärenzen bestehen. Dies gilt auch für gewisse Inkohärenzen zwischen unserer Theorie der Organismen und der Wirklichkeitslehre von Reto Luzius Fetz, deren Bewältigung ebenfalls eine weitere Zusammenarbeit und eine Diskussion mit Vertretern anderer Fachgebiete erfordert.

Salzburg, März 2019

Gernot G. Falkner

² Köchy 2008, 41.

Einführung

Der vorliegende Text besteht aus 9 Kapiteln, von denen die meisten noch einige Unterkapitel enthalten. Im ersten Kapitel werden die Probleme beschrieben, die bei mechanistischen Erklärungen von irreversiblen Entwicklungen der Lebewesen auftreten. Dies gilt für das Wachstum von Zellen, die Entstehung adulter Organismen aus einer befruchteten Eizelle und ihr nachfolgendes Altern, aber auch für die Evolution der Arten, bei der komplexere Lebewesen aus einfacheren Vorgängern hervorgehen. Diese Vorgänge beruhen auf der Kreativität der Lebewesen, die auf das Erreichen eines bestimmten Ziels ausgerichtet ist. Dies äußert sich im Entwurf einer neuen organismischen Struktur für eine Zukunft, in der die Lebewesen mit dieser Struktur ihre Umgebung so zu ihrer Umwelt *umgestaltet haben*, dass diese wieder ihrer Natur entspricht. Eine experimentell durchgeführte Abtrennung eines Lebewesens von seiner Umgebung berücksichtigt nicht diesen organismischen Selbstbezug bei kreativen Gestaltungen seiner eigenen Struktur und seiner Umwelt. Eine Vernachlässigung dieses selbstreferentiellen Zyklus in der kreativen Selbst- und Umweltgestaltung der Lebewesen liefert im Wesentlichen das Bild eines nicht-lebenden Dings.

Die verschiedenen Unterkapitel des zweiten Kapitels behandeln die Probleme, die bei einer Objektivierung organismischer Prozesse auftreten. Im Unterkapitel 2.1. wird beschrieben, warum das Forschungsprogramm der Molekularbiologie den Begriff ›Leben‹ aus der Biologie eliminiert hat. Dieses Forschungsprogramm führte zum Postulat, dass der Verlauf biologischer Entwicklungen durch ein omnipotentes Genom gesteuert wird, dessen Wirkung durch »epigenetische« Faktoren nur mehr modifiziert, aber nicht verändert werden kann. Bei dieser Reduktion biologischer Prozesse auf molekularbiologische Abläufe brauchte man nicht mehr zu berücksichtigen, was Organismen als kreative Wesen von leblosen Dingen unterscheidet. Dies betrifft in erster Linie den kontinuierlich ablaufenden Umbau der

Konstituenten von Lebewesen bei Erfahrungen von Änderungen ihrer Umwelt. Die Molekularbiologie berücksichtigt nicht, dass in diesem Prozess stets eine in energetischer Hinsicht *harmonisch geordnete Ganzheit* angestrebt wird.

Im Unterkapitel 2.2. wird ausgeführt, dass bei kreativen Selbstgestaltungen die organismischen Subsysteme zueinander und zu einem organismischen Ganzen in einer ›inneren Beziehung‹ stehen. Dabei wird die Entwicklung einer organismischen Struktur neben äußeren Einflüssen auch durch *innere Kräfte* bestimmt. Sie sind dafür verantwortlich, dass ein Organismus bei seinen Veränderungen nach stationären Zuständen strebt, aus denen eine bestimmte Formeinheit hervorgeht und bei denen die vorhandene Energie mit optimaler Effizienz verwertet wird. Ein Verständnis der teleologischen Natur dieses ziel- und zweckgerichteten Strebens von Lebewesen erfordert einen organismischen Prozessbegriff, der eine *Beziehung zwischen Erfahrung und Selbstgestaltung* zum Inhalt hat¹. Damit ist das Leitmotiv dieses Buches vorgegeben.

Unterkapitel 2.3. erläutert die historischen Gründe für die Dominanz des mechanistischen Denkschemas in der Biologie. Sie gehen auf die cartesianische Trennung der Wirklichkeit in zwei Substanzen zurück. Demnach besteht die Wirklichkeit aus einer ›denkenden‹ Substanz, die von logischen Gesetzmäßigkeiten bestimmt wird, und einer ›ausgedehnten‹ Substanz, deren dinghaftes Verhalten den Gesetzen der Physik gehorcht. Niedere Lebewesen werden der ›ausgedehnten‹ Substanz zugerechnet und besitzen daher weder organismische Intentionen noch zweckmäßiges Verhalten. Jedem Versuch, auch einfachen Lebewesen Intentionen und Empfindungen zuzuschreiben, wird mit dem Vorwurf des ›Anthropomorphismus‹ begegnet.

Unterkapitel 2.4. beschäftigt sich mit der Haltlosigkeit dieses Vorwurfs. Hier wird übersehen, dass eine Unterscheidung zwischen einem lebendigen Tier und einem leblosen Ding von einem Menschen nur deshalb vorgenommen werden kann, weil er sich selbst als Lebewesen erfährt und in anderen Lebewesen Eigenschaften erkennt, die Dinge nicht haben. Der Vorwurf trifft auch deshalb nicht zu, weil wir bei einer Analyse der Beziehung zwischen Lebewesen und ihrer Umgebung von einem Erfahrungsbegriff ausgehen, der nicht auf menschliches Bewusstsein beschränkt ist. Er ist jedoch so konzipiert

¹ Falkner und Falkner 2010, 335.

worden, dass die kognitiven Leistungen höherer Organismen aus einer Weiterentwicklung der Erfahrungsfähigkeit einfacherer Organismen ableitbar sind.

Unterkapitel 2.5. behandelt die Probleme, die beim Versuch der Erstellung einer molekularen Theorie der Bildung einer bestimmten organismischen Gestalt (Morphogenese) auftreten. Wir zeigen, wie die Morphogenese durch Zweckursachen geleitet wird. Da in diesem Fall ein noch nicht existierender Endzustand die Ursache für die herzubringende Form ist, kommt hier die Ursache *nach* der Wirkung. Dies widerspricht mechanistischen Erklärungen, bei denen die Ursache immer *vor* der Wirkung kommt. Auch in der Molekularbiologie ist die Ursache biologischer Veränderungen die Genexpression, die *vor* ihrer Wirkung auf den Stoffwechsel stattfinden muss. Neben anderen Gründen für die Unmöglichkeit der Erstellung eines molekularen Modells der Formbildung, die ebenfalls in Unterkapitel 2.5. angeführt werden, gibt es noch einen wichtigen Grund, der in der dergenzentrierten Biologie meist übersehen wird. Er betrifft das Postulat einer Beziehung zwischen dem ›Genotyp‹ und dem ›Phänotyp‹. Bei dieser Beziehung werden häufig in einer unpräzisen Wortwahl *Unterschiede im Phänotyp einer Art* mit dem *Phänotyp einer Art* gleichgesetzt. Die Erscheinungsform eines Lebewesens repräsentiert einen stationären Zustand, der von einem anderen Lebewesen in je spezifischer Weise wahrgenommen wird. Ein molekulares Modell der Bildung einer bestimmten Erscheinungsform muss daher mit der sinnlichen Wahrnehmung dieser Form durch andere Organismen aufgeladen werden. Menschen können zum Beispiel die elektromagnetischen Felder der Blüten von Blumen nicht sehen, Hummeln sind jedoch dazu in der Lage. D. h. man muss in das Modell schon vorher einfügen, was aus ihm hervorgehen soll.

Unterkapitel 2.6. kritisiert die positivistischen Erklärungen der Funktion biologischer Strukturen auf der Grundlage einer physikalistischen Biologie. Diese Erklärungen gipfeln im Postulat des ›nicht-reduktiven Physikalismus‹, für den alle biologischen Phänomene »auf dem Physikalischen *supervenieren*«. Möglicherweise wird hier die ›wirkliche Welt‹ mit der ›physikalischen Welt‹ gleichgesetzt und übersehen, dass letztere ein Umweltkonstrukt der Physiker ist.

Das dritte Kapitel behandelt die energetische Grundlage für die Selbstkonstitution der Organismen in Erinnerungsakten². Unterkapitel

² Im Text haben die Begriffe Selbstgestaltung und Selbstkonstitution die gleiche Be-

tel 3.1. beschreibt die Ergebnisse experimenteller Untersuchungen, mit denen das Zellgedächtnis einfacher Mikroorganismen erforscht wurde. Die physiologische Anpassung von Cyanobakterien (Blaualgen) an Änderungen der externen Phosphatkonzentration dient als Musterprozess. Die Untersuchungen simulieren die natürlichen Wachstumsbedingungen dieser Organismen in einem nährstoffarmen Gewässer. Die Phosphataufnahme kommt zum Erliegen, wenn die externe Konzentration dieses Nährstoffes auf einen Schwellenwert abgesunken ist, bei dem die Energie für die Nährstoffinkorporation nicht mehr ausreicht. Das Zellgedächtnis offenbart sich, wenn dieser Nährstoff nicht kontinuierlich zugeführt wird, sondern von den Zellen in einer Abfolge von gelegentlichen Erhöhungen der externen Konzentration verwertet wird. In diesem Fall sinkt die Phosphatkonzentration mehr oder weniger rasch auf Grund der Aufnahmeaktivität der gesamten Population wieder auf den Schwellenwert ab. Das aufgenommene Phosphat wird zunächst in Form von Polyphosphatkörnchen gespeichert, die den Phosphatbedarf der wachsenden Bakterien decken. Wenn bei einer Abfolge kurzzeitiger Erhöhungen der externen Phosphatkonzentration sich die einzelnen Zellen an die Änderungen der externen Konzentration anpassen können, kommt es zu einer Verknüpfung von *adaptiven Ereignissen*. Jedes dieser adaptiven Ereignisse vollzieht sich in einem Prozess, der aus zwei Phasen besteht, von denen die energiekonvertierenden Subsysteme betroffen sind, die den Fluss von externem Phosphat in die Polyphosphatkörnchen katalysieren. In einer Anfangsphase werden diese energiekonvertierenden Subsysteme in einem *adaptiven Operationsmodus* an die Änderung der externen Phosphatkonzentration angepasst. Der Verlauf dieses Modus hängt vom Ergebnis der vorherigen Anpassungen ab und lässt sich daher nicht mit zeitinvarianten Gesetzmäßigkeiten der Physik und Chemie beschreiben. In der Endphase haben die energiekonvertierenden Subsysteme des Aufnahmesystems einen *adaptierten Zustand* ausgebildet, dessen Eigenschaften den Verlauf des nächsten adaptiven Ereignisses bestimmt. Im Gegensatz zu adaptiven Operationsmodi operiert das Aufnahmesystem in adaptierten Zuständen nach biophysikalischen und bioche-

deutung; der Ausdruck ›Selbstkonstitution‹ wird verwendet, wenn das Zusammenspiel der Konstituenten bei der Hervorbringung einer bestimmten körperlichen Gestalt im Vordergrund steht. Der Ausdruck ›Selbstgestaltung‹ bezieht sich auf die Bildung einer körperlichen Gestalt als individuelle organismische Einheit.

mischen Gesetzmäßigkeiten. In diesem Wechselspiel zwischen den adaptiven Operationsmodi und den daraus resultierenden, distinkten adaptierten Zuständen manifestiert sich die Existenz eines Zellgedächtnisses. Es äußert sich im vorliegenden Fall darin, dass nachfolgende Anpassungen vom Muster der Phosphatfluktuationen bestimmt werden, an die sich die Zellen vorher angepasst haben. Dies ist auch dann der Fall, wenn bei verschiedenen Mustern der Phosphatfluktuationen die gleiche Menge an Phosphat inkorporiert worden ist. Bei der Interpretation der Muster verarbeiten die Cyanobakterien Informationen über vorherige Änderungen der Phosphatzufuhr mit dem Ziel, bei nachfolgenden Anpassungen die Aufnahme dieses Nährstoffes in einer potentiell sinnvollen Weise zu gestalten.

Bei experimentellen Untersuchungen der Eigenschaften dieses Zellgedächtnisses muss die Versuchsanordnung so gestalten werden, dass bei einer Abfolge von Phosphatzugaben tatsächlich Anpassungsprozesse stattfinden. Verringert sich nämlich die externe Konzentration bei den diskontinuierlichen Phosphatzugaben zu rasch, dann bleibt eine Anpassung an die Änderung der externen Konzentration aus und es treten keine Gedächtnisphänomene auf. Nimmt hingegen die externe Konzentration zu langsam ab, dann erfahren die Zellen keinen zeitlichen Verlauf der externen Konzentrationsänderung, die eine Abfolge von adaptiven Ereignissen auslöst. Die Menge der untersuchten Zellen muss daher im Reaktionsgefäß so auf die eingesetzte externe Phosphatkonzentration eingestellt werden, dass die gleichen Anpassungsprozesse wie unter natürlichen Bedingungen auftreten. Daher werden bei der Untersuchung des adaptiven Verhaltens die Durchführenden des Experiments Teil des untersuchten Systems und des organismischen Responses auf die jeweils vorgegebenen Versuchsbedingungen, sodass das Ergebnis der Untersuchung von deren Durchführung abhängt. Dies verhindert die Gewinnung objektiver Erkenntnisse über das Verhalten dieses Systems in Abwesenheit eines experimentellen Beobachtungsvorgangs. In dieser Hinsicht gibt es eine Analogie zwischen adaptiven Ereignissen und Quantenphänomenen.

In Unterkapitel 3.2. werden die biochemischen und biophysikalischen Eigenschaften der beiden energiekonvertierenden Subsysteme beschrieben, die die Inkorporation von externem Phosphat in einen internen Phosphatspeicher katalysieren. Für diesen Vorgang wird unter naturnahen Bedingungen eine Energiequelle benötigt. Mit dem gespeicherten Phosphat können die Algen auch dann wach-

sen, wenn die Phosphatzufuhr über längere Perioden ausbleibt. Die gespeicherten Polyphosphatkörnchen dürfen jedoch bei einer diskontinuierlichen Phosphatzufuhr nicht zu groß werden, weil sonst Strukturen im Zellinneren zerstört werden. Die Menge an Polyphosphatkörnchen darf aber auch nicht zu klein bleiben, weil dann ein kontinuierliches Wachstum nicht gewährleistet ist. Die Polyphosphatkörnchen sind osmotisch inaktiv, daher kann die Zelle die jeweils vorhandene Größe der Körnchen nicht feststellen. Die Zelle muss sich daher an das Muster der vorherigen Phosphatinkorporationen erinnern, um zu »wissen«, wie viel Phosphat sie gespeichert hat.

Dieses Erinnerungsvermögen wurde mit Hilfe der irreversiblen Thermodynamik analysiert. Mit dieser Disziplin kann die Abhängigkeit der Phosphataufnahme von der Triebkraft für diesen Prozess untersucht werden, indem man die Aufnahme flüsse bei verschiedenen externen Konzentrationen in Beziehung zum Logarithmus dieser Konzentrationen setzt. Hier offenbart sich in den adaptiven Operationsmodi eine nicht-lineare Abhängigkeit der Aufnahme flüsse vom Logarithmus der externen Konzentrationen. Im Gegensatz dazu besteht in adaptierten Zuständen zwischen den Aufnahme flüssen und dem Logarithmus der externen Konzentrationen eine lineare Beziehung. Sie erstreckt sich vom Schwellenwert zu den Phosphatkonzentrationen, an die sich die Zellen während der adaptiven Operationsmodi angepasst hatten. Diese Beziehung hat die gleiche mathematische Form wie das Weber-Fechner'sche Gesetz der Sinnesphysiologie, wenn man die externe Phosphatkonzentration als Reizgröße und den Schwellenwert als Reizschwelle interpretiert. Der Phosphatfluss entspricht dann der Empfindung für die externen Konzentrationen, an die sich die Zellen angepasst haben und bei denen die Aufnahme mit optimaler Effizienz vor sich geht. Dieser Befund widerspricht dem Verhalten dissipativer Systeme, mit denen Ilya Prigogine die physikalische Selbstorganisation beschrieben hat. Die Selbstorganisation dissipativer Systeme tritt nur in großer Entfernung vom Gleichgewicht auf, wenn eine nicht-lineare Beziehung zwischen Flüssen und Triebkräften aufrechterhalten bleibt. Dieser Unterschied wird in Unterkapitel 3.2. auf der Grundlage der Beziehung zwischen Erfahrung und Selbstkonstitution eingehend diskutiert.

Unterkapitel 3.3. beschreibt das adaptive Zusammenwirken aller intrazellulären energiekonvertierenden Subsysteme, die durch die diversen Stoffwechsel flüsse miteinander verknüpft sind. Die Veränderung eines Subsystems löst einen Umbau aller anderen Subsysteme

aus. Wird die Funktion eines Subsystems von einer Milieuänderung tangiert, dann baut der Organismus dieses System entweder um oder ersetzt es durch ein neues. Der Umbau wird so gestaltet, dass das betreffende Subsystem unter den neuen Umweltbedingungen die vorhandene Energie wieder mit optimaler Effizienz verwertet. Nun sind aber die anderen Subsysteme, die im Stoffwechsel mit dem veränderten Subsystem in Verbindung stehen, an die Funktionsweise des neuen Subsystems nicht mehr angepasst und müssen ebenfalls verändert werden. Diese Neustrukturierung pflanzt sich wellenartig durch den gesamten Organismus fort, bis größere zelluläre Einheiten entstehen, mit denen die vorhandene Energie mit optimaler Effizienz ausgenutzt wird. Gleichzeitig wirkt der Organismus mit den in diesem Prozess neu gebildeten Konstituenten so auf seine Umgebung ein, dass daraus eine Umwelt resultiert, die eine *Funktionsharmonie* aller energiekonvertierenden Subsysteme gewährleistet. In der Erfahrung der Umwelt, die der Organismus selbst gestaltet, erfährt er sich selbst.

Unterkapitel 3.3.1. behandelt die Rolle von Kreisprozessen im Stoffwechsel. Viele energiekonvertierende Subsysteme einer Zelle sind in einer zyklischen Anordnung miteinander verbunden, die in sich geschlossen, aber mit anderen Stoffwechselvorgängen verknüpft ist. Diese Anordnung dient dem Ziel, in hierarchischer Weise größere Einheiten zu bilden, die ebenfalls wieder mit optimaler Effizienz operieren. Von dieser Anordnung ist der gesamte Organismus betroffen, dessen Stoffwechsel auch in sich geschlossen, aber nach außen hin offen ist. Dies ermöglicht Organismen die Erfahrung von Änderungen ihrer Umwelt

Das vierte Kapitel bereitet eine biophilosophische Erklärung der Evolution der Arten und des Bewusstseins vor. Zunächst werden die wesentlichen Ergebnisse der im dritten Kapitel dargestellten Experimente und ihre energetische Basis zusammengefasst. Das Zellgedächtnis, das bei physiologischen Anpassungsvorgängen Informationen über Milieuänderungen verarbeitet, wird einem *organismischen Subjekt* zugeordnet. Dies erfordert eine metaphysische Begründung, bei der wir uns in Kap. 4 auf Ideen von Alfred North Whitehead, John Dewey, Ernst Cassirer und bestimmten Aussagen der von Reto Luzius Fetz entwickelten »Theorie der Wirkwesen«³ beziehen. Berücksichtigt werden auch die Philosophie von Henri

³ Siehe Band I dieser Schriftenreihe, Fetz 2019.

Bergson und die Ideen von Hans Jonas, der im Stoffwechsel die organismische Freiheit verortet.

Unterkapitel 4.1. behandelt die Analogien zwischen ›adaptiven Ereignissen‹ und Whiteheads ›aktualen Entitäten‹. In Whiteheads ›organismischer Philosophie‹ ist die Wirklichkeit aus mikrokosmischen ›Akten des Werdens‹ zusammengesetzt, die er ›aktuale Entitäten‹ (›actual entities‹) nannte und mit denen er die cartesianische Trennung zwischen Geist und Körper zu überwinden trachtete. Die ›aktualen Entitäten‹ interpretieren nach Whitehead in ›wirklichen Ereignissen der Erfahrung‹ die diversen Tatsachen der wirklichen Welt und integrieren sie in einer individuellen Leistung als Facetten für ihre eigene Selbstkonstitution. Das Ergebnis dieser Selbstkonstitution wird dann zu einer neuen Tatsache der wirklichen Welt, die nachfolgenden ›aktualen Entitäten‹ zur Verfügung steht. Makroskopische Körper repräsentieren Gesellschaften von Gesellschaften dieser ›aktualen Entitäten‹, die sich in hierarchischer Weise zu größeren Einheiten zusammengeschlossen haben.

In der Konzeption der adaptiven Ereignisse haben wir die physisch-geistige Bipolarität von Whiteheads ›aktualen Entitäten‹ adoptiert. Allerdings war es nötig, diese Adoption mit einer Modifikation zu versehen. Bei Whitehead gehen die Erfahrungen eines Lebewesens in einem »bottom-up Prozess« aus einer Gesellschaft von adaptiven Ereignissen hervor. Im Gegensatz dazu wirken in der hier präsentierten Theorie die Organismen in einem »top-down-Prozess« auf die adaptiven Ereignisse. D. h. der Organismus gestaltet in einer Erinnerung an die Erfahrungen seiner vorherigen Lebensgeschichte die beiden Phasen adaptiver Ereignisse. Die Ergebnisse dieses Prozesses werden dann zu einem Inhalt der lebensgeschichtlichen Erinnerung, bei der die vorherigen Erfahrungsinhalte bei jeder neuen Erfahrung vom Organismus neu gewichtet werden. Für ein derartiges Verständnis eines die ganze Lebensgeschichte umgreifenden Gedächtnisses eines Lebewesens reicht die Philosophie von Alfred North Whitehead nicht aus, worauf schon Hans Jonas in seinem Buch *Das Prinzip Leben* hingewiesen hat⁴. Wir haben daher das Kategorienschema Whiteheads mit den Ideen der anderen oben erwähnten Philosophen ergänzt.

Unterkapitel 4.2. behandelt die physiologische Grundlage der Beziehung zwischen physiologischer Anpassung und Erfahrung in

⁴ Jonas 1997, 178.

der Sichtweise von John Dewey. Dewey versuchte, die psychophysische Grundlage für die Empfindungen der Lebewesen in zwei distinkten Stoffwechselmanifestationen zu finden. In der einen befindet sich der Stoffwechsel in einem Fließgleichgewicht, in dem die Strukturelemente erzeugt werden, auf deren Zusammenwirken eine bestimmte Gestalt des Organismus beruht. In der anderen kommt es auf Grund von Umwelteinflüssen zu Abweichungen von einem Fließgleichgewicht. Dadurch befindet »sich der Körper in einem unbefriedigenden und instabilen Gleichgewicht«⁵, was der Organismus als Spannungszustand in der Verteilung der vorhandenen Energie *erfährt*. Kleinere Abweichungen vom formerhaltenden Fließgleichgewicht korrigiert der Organismus mit den vorhandenen biochemischen Regulationsmechanismen. Lassen sich auf diese Weise Störungen eines vorhandenen Fließgleichgewichts nicht beheben, dann empfindet der Organismus die dadurch verursachten Deformationen seiner Gestalt als Spannung. Dies veranlasst ihn zu einer Neubildung von Strukturelementen, mit deren Hilfe er die Umgebung so umgestalten kann, dass die Rückwirkung auf den Organismus wieder ein neues Fließgleichgewicht ermöglicht.

Die von Dewey postulierte Spannung ist die physiologische Basis eines Zellgedächtnisses, das bei einzelligen Lebewesen die Weitergabe und Aufrechterhaltung von organismusspezifischen Funktionsharmonien gewährleistet. Da diese energetische Spannung bei Abweichung von Funktionsharmonien auftritt, wird sie indirekt zu einem Träger von Information über harmonische Zustände. Ein Gedächtnis repräsentiert die Spannung, weil sie im Stoffwechsel ständig präsent bleibt, und zwar aus folgendem Grund: Die Wiederherstellung ein und derselben Funktionsharmonie gelingt nämlich nie vollständig, weil Neuanpassungen von energieverwertenden Subsystemen auch die externen Bedingungen verändern, die diesen Prozess ausgelöst haben. Auf diese Weise werden mit dieser Spannung Abweichungen von organismusspezifischen Funktionsharmonien bei der Vermehrung der Zellen vererbt, sodass das Zellgedächtnis bei einzelligen Lebewesen als »Artgedächtnis« fungiert.

In Unterkapitel 4.2.1. werden die Ideen von Ernst Haeckel und Ewald Hering über das »Zellgedächtnis« und das »Artgedächtnis« vorgestellt und mit Ideen von Alfred North Whitehead und John Dewey

⁵ Dewey 1995/2007, 244. Dewey spricht von einer »tensional distribution of energies«, Dewey 1958, 253.

kombiniert. Wenn Organismen in die Funktionsharmonie einer Organismengesellschaft eingebunden sind, dann verursachen auch hier Abweichungen von dieser Funktionsharmonie biozönotische Spannungen, von denen die Selbstkonstitutionsakte der einzelnen Individuen ebenfalls beeinflusst werden. Für eine öko-physiologische Behandlung der gegenseitigen Beeinflussung der biozönotischen und organismischen Spannungen wurde der Begriff eines ›Spannungsfeldes‹ eingeführt. Bei der Konzeption für diese intra- und interorganismischen Spannungsfelder wird die Idee von ›Feldern‹ von Joseph Bracken übernommen. Diese Idee wird im Buch: »Gott Welt Kreativität« des Prozessphilosophen Tobias Müller beschrieben. Ein Feld entsteht im Beziehungsgeflecht der ›aktualen Entitäten‹ einer bestimmten Ebene der gesellschaftlichen Hierarchie und wirkt dann auf die Entstehung nachfolgender ›aktualer Entitäten‹ dieser Ebene. In einer Übertragung auf die Ökophysiologie gibt es individual-organismische, artspezifische und biozönotische Spannungsfelder, die in adaptiven Ereignissen auf den verschiedenen Ebenen einer Biozönose einerseits miteinander verbunden, andererseits voneinander abgegrenzt sind. Über die betreffenden Spannungsfelder sind das individuelle Gedächtnis und das Artgedächtnis in die Funktionsharmonien einer Biozönose eingebettet.

Bei der Entwicklung mehrzelliger Lebewesen enthält das Artgedächtnis die Information über das Zusammenwirken der verschiedenen Formen des Zellgedächtnisses einer bestimmten Art, wobei sich distinkte Zelltypen ausbilden. Mit zunehmender Differenzierung der Zellen entsteht neben dem »Artgedächtnis« auch ein »individuelles Gedächtnis«, das Erfahrungen der unterschiedlichen Zelltypen in der Lebensgeschichte der Individuen enthält. Der Unterschied zwischen beiden Gedächtnisformen besteht darin, dass sich das Artgedächtnis auf die Vererbung gleichförmiger Manifestationen im Verhalten und der äußeren Erscheinung der Organismen bezieht. Das individuelle Gedächtnis ist verantwortlich für die vom Artverhalten abweichenden Eigengestaltungen der Organismen, die zu Variationen der Erscheinungsform und der Kommunikation innerhalb einer Art führen und die ebenfalls vererbt werden können. Abweichungen von individuellen und artspezifischen Funktionsharmonien erzeugen individuelle und artspezifische Spannungen, die sich gegenseitig beeinflussen. Bei einer Vererbung der individuellen Funktionsharmonien können diese in die artspezifischen Funktionsharmonien integriert werden und führen zu einer Höherentwicklung