

Thomas Diesner

**Die Allgemeine Systemtheorie
bei
Ludwig von Bertalanffy**

Eine Begründung
interdisziplinärer Wissenschaftspraxis

31

**Berliner Studien zur
Wissenschaftsphilosophie
und Humanontogenetik**

Die Open-Access-Stellung der Datei erfolgte mit finanzieller Unterstützung des Fachinformationsdiensts Philosophie (<https://philportal.de/>)



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Attribution 4.0 Lizenz CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.



DOI: <https://doi.org/10.30819/4103>

Die Allgemeine Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy.

Eine Begründung interdisziplinärer Wissenschaftspraxis

Berliner Studien zur
Wissenschaftsphilosophie & Humanontogenetik

Herausgegeben von
Karl-Friedrich Wessel

Band 31

Schriftenreihe des Projektes Humanontogenetik
der Humboldt-Universität zu Berlin
und der
Gesellschaft für Humanontogenetik e.V.

ISSN 2365-5089

Thomas Diesner

Die Allgemeine Systemtheorie
bei
Ludwig von Bertalanffy

Eine Begründung
interdisziplinärer Wissenschaftspraxis

Logos Verlag Berlin

Bibliografische Informationen der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle Rechte vorbehalten.
© 2015 Thomas Diesner
© 2015 Gesellschaft für Humanontogenetik e.V.
© 2015 für diese Ausgabe, Logos Verlag Berlin GmbH,
Comeniushof, Gubener Str. 47,
D-10243 Berlin

Zugl.: Berlin, Technische Universität, Diss., 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages und der Gesellschaft unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herstellung: Logos Verlag Berlin
Printed in Germany

Dieses Buch ist aus säurefreiem Papier hergestellt und entspricht den Frankfurter Forderungen zur Verwendung alterungsbeständiger Papiere für die Buchherstellung.

ISBN 978-3-8325-4103-3

Geleitwort

„Die größte Achtung, die ein Autor für sein Publikum haben kann, ist, daß er niemals bringt, was man erwartet, sondern was er selbst auf der jedesmaligen Stufe eigener und fremder Bildung für recht und nützlich hält.“

(Goethe 1821)¹

Zudem sollte jeder Leser wissen, dass die Unvollkommenheit ein steter Begleiter wissenschaftlicher Arbeit ist. Aber sie muss dem Streben nach Vollkommenheit entspringen und dieses Streben sollte über das unmittelbare Thema hinaus sichtbar sein. Vollkommenheit und Unvollkommenheit der gelungenen Arbeit von Thomas Diesner kann jeder selbst beurteilen. Das darüber Hinausgehende in seinem Wirken möchte ich in wenigen Sätzen andeuten.

Seine wissenschaftlichen Interessen reichen weit über das Thema seiner Arbeit hinaus und in das Feld der Humanontogenetik hinein, sowohl hinsichtlich ihrer systematischen Zusammenhänge als auch hinsichtlich der Beziehungen zu anderen Disziplinen. Ich hebe besonders seine Bemühungen um die Ethnologie hervor, die er in den Kontext der humanontogenetischen Forschung einbezieht. Indien, Nordamerika (Indianergebiete), Japan und insbesondere China sind die von ihm bereisten Länder. China wird möglicherweise in Zukunft sein Schwerpunkt. Er stellt sich der Komplexität der Kultur, indem er chinesische Medizin, chinesische Bewegungskultur und eine alte Kampfkunst miteinander verbindet, begleitet von erfahrenen chinesischen Lehrern.

¹ Goethe, J. W. v. (1821, 1957): Über Kunst und Altertum. In: Buchwald, Reinhard (Hrsg.): *Goethes Werke in zehn Bänden, Band 9 (Das Alterswerk seit Schillers Tod)*. Volkerverlag Weimar: 275-317; Zitat S. 277.

Seine zutiefst humanistische Gesinnung zeigt sich auch in seinem Bemühen (einschließlich Besuchen in Ungarn), die Integration der Roma zu unterstützen. Mit großem Geschick verbindet er theoretische Überlegungen mit praktischen Maßnahmen. Hier zeigt sich, wie gut er weiß, dass sich Interdisziplinarität in der Bestimmung von Orten zeigt, theoretischen wie auch realen Orten. Ich darf hinzufügen, dass er in der Komplexität wissenschaftlichen Arbeitens auch die vielfältigen organisatorischen Aufgaben zu bewältigen weiß, er ist ein äußerst zuverlässiger Geschäftsführer der Gesellschaft für Humanontogenetik.

Das Wirken von Thomas Diesner ist ganz auf Zukunft eingestellt, er weiß: Umso näher der Mensch dem Menschen selbst kommt, umso komplizierter wird das Forschungsgefüge. Ihm und seiner Arbeit alles Gute.

Karl-Friedrich Wessel

Vorwort

Diese Arbeit handelt von dem Biologen und Systemtheoretiker Ludwig von Bertalanffy. Es fließen hier allerdings auch meine Erfahrungen mit interdisziplinärer Arbeit ein, die ich als Geschäftsführer der Gesellschaft für Humanontogenetik sammeln konnte. Nicht allein in theoretischer Hinsicht lernte ich den Nutzen konzeptioneller Überlegungen in den Wissenschaften zu schätzen. Möglichkeiten der Integration disziplinärer Perspektiven wie auch der Kritik disziplinärer Schieflagen können besser im Lichte einer reflektierten Konzeption oder eines Modells entfaltet werden. Damit wird auch die Rolle der Philosophie als einer reflexiven Praxis theoretischer Begriffe und normativer Implikationen in den Wissenschaften deutlich.

In wissenschaftstheoretischer Hinsicht geht es mir um die Bedeutung allgemeiner Konzepte, wie der Allgemeinen Systemtheorie, für die interdisziplinäre Arbeit. In erkenntnistheoretischer Hinsicht steht die Frage nach der Ganzheitlichkeit des Lebendigen in den Wissenschaften. Historische Aspekte werden nur, soweit von systematischer Relevanz, angeschnitten. Auch habe ich darauf verzichtet, Vergleiche zu den vielen weiteren Systemtheorien zu ziehen. Dagegen versuche ich die Arbeiten von Bertalanffy in den Kontext gegenwärtiger Debatten, insbesondere der analytischen Philosophie und Wissenschaftstheorie, einzuordnen.

Mein Dank gilt Allen, die mich bei meiner Arbeit unterstützten und motivierten. Als erstes möchte ich meinen Eltern Regine und Klaus Diesner für ihren Rückhalt, Rat und nicht zu vergessen die finanzielle Unterstützung danken. Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Frau Mariko für ihr Vertrauen, ihr Verständnis und die vielfältige Unterstützung, die sie mir stets entgegenbrachte. Danken möchte ich Familie Wessel für ihre jahrelang bestehende Freundschaft und Unterstützung. Die vielen Gespräche und Reflexionen mit Karl-Friedrich und Andreas Wessel waren nicht nur hilfreich, sondern spannend und motivierend zugleich. Anne Wessel und Thomas Wilde danke ich herzlich für ihre detaillierten und umfassenden Korrekturhinweise. Prof. Dr. Thomas Gil danke ich nicht nur für seine Bereitschaft zur Betreuung der Dissertation als Erstgutachter. In seinen Seminaren lernte ich eine klare und präzise Argumentation schätzen.

Die vorliegende Arbeit ist die Originalfassung meiner Dissertation am Institut für Philosophie der Technischen Universität Berlin. Ich danke Prof. Dr. Thomas Gil und Prof. Dr. Karl-Friedrich Wessel recht herzlich für die Betreuung.

Berlin, August 2015

Thomas Diesner

Inhaltsverzeichnis

I	Einleitung	13
II	Reduktionismuskritik und die Autonomie der Wissenschaften. Der biologische Hintergrund der Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy	19
1	Die Krise der Biologie als Wissenschaft und das Lebensproblem	20
1.1	Das Lebensphänomen und die Debatte um Mechanismus und Vitalismus	21
1.2	Das mechanistische Wissenschaftsprogramm	23
1.3	Der Vitalismus	26
2	Die organismische Auffassung und die Begründung einer wissenschaftlichen Biologie	29
2.1	Die Kritik von Bertalanffy an Mechanismus und Vitalismus	29
2.2	Die organismische Auffassung als Forschungsprogramm	32
3	Der Organismusbegriff als Grundlagenbegriff in der Biologie	36
3.1	Organismus und Ordnung	38
3.2	Der Organismus als offenes System	41
3.3	Organismus und Entwicklung	43
3.3.1	Das Problem der Finalität	46
3.3.2	Die Rolle von Genen	49
3.3.3	Wachstum	52
3.4	Der historische Charakter von Organismen	54
4	Die Autonomie der Biologie	56
4.1	Reduktionismus und das Problem der Autonomie der Einzelwissenschaften	57
4.2	Die theoretische Grundlegung der Biologie	66

III	Die Allgemeine Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy	69
1	Das Entstehen der Systemtheorie aus dem organismischen Ansatz	69
2	Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorie	73
2.1	Systembegriff	73
2.2	Systemtheorie	75
2.2.1	Interdependenz	75
2.2.2	Hierarchische und dynamische Ordnung	77
2.2.3	Theorie offener Systeme	85
2.3	Systemprinzipien	92
3	Ontologische, erkenntnistheoretische und methodische Aspekte der Allgemeinen Systemtheorie	94
3.1	Die Realität von Systemen	94
3.2	Ontologische Aspekte: Systemerhalt als Kriterium der Systemidentifikation	98
3.3	Isomorphien	101
3.4	Evolutionäre Epistemologie	102
3.5	Methodik	104
3.5.1	Analogie, logische Homologie und die Rolle der Mathematik	104
3.5.2	Induktive und deduktive Verfahren	108
3.5.3	Systeme als Modelle	112
3.5.4	Modellierung und Simulation	115
4	Disziplinäre Anwendungen	118
4.1	Psychologie	118
4.2	Symboltheorie, Kultur- und Sozialwissenschaften	121
4.2.1	Soziale und kulturelle Systeme	123
4.2.2	Die Dynamik sozialer Systeme	125
4.3	Technik	129
4.4	Systemtheorie und Kulturkritik	130

IV	Die Begründung einer interdisziplinären Wissenschaftspraxis	133
1	Perspektivismus und die Frage nach der Ganzheitlichkeit	133
2	Die Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften	140
2.1	Formen einer Einheit der Wissenschaften	140
2.2	Hierarchie der Wissenschaften	144
2.3	Die Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften	147
3	Umfeld und Kritik der Allgemeinen Systemtheorie	151
3.1	Bertalanffy und sein wissenschaftstheoretisches Umfeld	152
3.2	Kritik der Allgemeinen Systemtheorie	153
3.2.1	Formalismuskritik und Anwendungsprobleme	154
3.2.2	Autonomie und Integration der Wissenschaften	162
3.2.3	Realismus- und Methodenfragen	165
3.3	Ambivalenzen: Systemtheorie als pragmatischer Ansatz	167
4	Systemtheorie – Heuristik für eine interdisziplinäre Wissenschaftspraxis	169
4.1	Heuristischer Wert von Systemprinzipien	170
4.2	Allgemeine Systemtheorie als integrative Heuristik	176
4.3	Wissenschaft als soziales System: Institutionalisierung der Allgemeinen Systemtheorie	183
V	Zusammenfassung: Zur Relevanz eines systemtheoretischen Imperativs	187
	Literaturverzeichnis	191

I

Einleitung

Die Systemtheorie ist noch in aller Munde, doch die klassischen Arbeiten ihrer Gründungsväter, allen voran die des Biologen und Systemtheoretikers Ludwig von Bertalanffy, sind bereits Geschichte und daher kontinuierlich verblasst. Kaum ist heute der Ansatz einer Allgemeinen Systemtheorie bekannt, der zumindest in den 70er und 80er Jahren des 20. Jahrhunderts viele Systemtheoretiker beeinflusste und inspirierte. In dieser Arbeit möchte ich daher Hintergründe und zentrale Aspekte des Denkens von Bertalanffy darstellen und kritisch aufgreifen. Besonders eine *kritische* Wiederaufnahme verlangt ein reflektiertes Aufgreifen der zentralen Inhalte und einen spezifischen Zugang, welcher erst die Aktualität seines Werkes zum Vorschein bringen kann. Die von einer Erklärung des Lebensphänomens ausgehenden wissenschaftstheoretischen Debatten bieten nicht nur einen Einstieg, sondern auch einen Leitfaden, der diese Arbeit über das Problem der Ganzheitlichkeit bis hin zur Begründung einer interdisziplinären Wissenschaftspraxis führen soll.

Die Frage nach einem wissenschaftlichen Zugang zu den Lebensphänomenen beschäftigte nicht erst die Biologie des 19. und 20. Jahrhunderts. In der Auseinandersetzung zwischen den Vertretern des Mechanismus und des Vitalismus dieser Zeit erreichte die Frage allerdings einen Höhepunkt, der als Mechanismus-Vitalismus-Streit in die Geschichte einging. Ludwig von Bertalanffy faszinierte sowohl der wissenschaftliche Ansatz des Mechanismus als auch der ganzheitliche Gesichtspunkt des Vitalismus. Während jedoch der reduktionistische Mechanismus die Lebensphänomene nicht wirklich erklären konnte, berief sich der Vitalismus zwar bereits in der Beschreibung des Lebendigen auf die Organismen in ihrer Ganzheit als Träger des Lebens, postulierte jedoch ein entsprechend ganzheitserhaltendes, metaphysisches Prinzip. Bertalanffy, zwischen beiden Positionen stehend, musste sich die Frage stellen, wie die Erfolge beider Wissenschaftsansätze zu vereinbaren sind, kurz, wie ein wissenschaftlich fundierter *und* ganzheitlicher Ansatz möglich ist.

Ganzheitliche Ansätze werden auch als holistische Ansätze [ὅλος bedeutet „ganz“ bzw. ὅλον „das Ganze“] bezeichnet, ein Begriff, den der Philosoph Jan Christiaan Smuts (1926) einführte. Methodisch vorausgesetzt wird die Unterscheidung von einem Ganzen und seinen Teilen. Entgegen reduktionistischen Ansätzen ist das Ganze nicht durch die Summe seiner Teile und deren Qualitäten zu erklären. Für Bertalanffy war diese Beschreibung nicht ausreichend. Er suchte einen anderen Weg, der ihn schließlich zur Ausarbeitung einer Systemtheorie führte. Ganzheit bekam bei Bertalanffy einen klaren Sinn als Organisation und wurde dadurch wissenschaftlichen Methoden der Beschreibung und Erklärung zugänglich. Als System bezeichnete Bertalanffy dann die Gesamtheit der Wechselwirkungen, bei denen jedes Element die Eigenschaften der anderen Elemente mitbestimmt.

Ludwig van Bertalanffy, von seiner Ausbildung her Biologe, wurde 1901 in Atzgersdorf südlich von Wien geboren, studierte ab 1924 in Wien und hatte dort von 1934 bis 1948 eine Professur inne. Seine akademischen Lehrer waren u.a. Moritz Schlick (als Vertreter des Positivismus) und Robert Reininger (als Vertreter des Neukantianismus). Bei Schlick schrieb er seine Dissertation zur Psychophysik von Gustav Theodor Fechner („Fechner und das Problem der Integration höherer Ordnung“). Bedeutsam für seinen Werdegang war die Biologische Versuchsanstalt des ehemaligen Vivariums im Wiener Prater, einem privaten Forschungsinstitut mit Museum, an dem die Entwicklungsbiologen Paul Kammerer (bekannt durch seinen Versuch eines Beweises der Vererbung erworbener Eigenschaften) und Paul Weiß (der wesentlich zur Systemtheorie beitrug) tätig waren. Seine erste große Arbeit, die „Kritische Theorie der Formbildung“ von 1928, behandelt systematisch die damaligen Theorien zur Embryogenese.

Hier formuliert er erstmals seinen organismischen Ansatz, der für die Entwicklung und besondere Ausprägung der Allgemeinen Systemtheorie wesentlich wurde. Auch nach seiner Umsiedlung (1948) – nach einem für Bertalanffy ungünstig verlaufenen Entnazifizierungsverfahren¹ – bekleidete er mehrere Professuren, u.a. in London, Montreal, Ottawa, Los Angeles und zuletzt in Buffalo, New York, wo er 1972 an einem Herzinfarkt verstarb. Bertalanffy verfasste eine große Anzahl an Arbeiten zu systemtheoretischen Problemen. Eine Auflistung aller Werke und Aufsätze von Ludwig von Bertalanffy finden sich im Jahrbuch der Gesellschaft für Systemforschung (Society for General Systems Research), die Bertalanffy mitbegründete, in einer Retrospektive anlässlich seines Ablebens (Bertalanffy 1972, 221ff.).

Die Systemtheorie erscheint auf den ersten Blick als ein homogener Ansatz, der sich seit den 1940er und 1950er Jahren quer zu den verschiedenen Einzeldisziplinen entwickelte. Tatsächlich jedoch sollte man eher von Systemtheorien im Plural sprechen, denn eine weitere Beschäftigung offenbart eine Vielfalt verschiedener Ansätze mit unterschiedlichen Hintergründen und Zielen. Beispiele hierfür sind die Kybernetik (Norbert Wiener, William Ashby etc.), die Theorie der Autopoiesis von Maturana und Varela, Luhmanns Theorie sozialer Systeme, Kauffmans Theorie der Selbstorganisation und die Allgemeine Systemtheorie (GST), zu deren Gründern im Besonderen Ludwig van Bertalanffy, der Ökonom Kenneth Boulding und der Mathematiker und Spieltheoretiker Anatol Rapoport gehören. Mittlerweile haben sich systemtheoretische Ansätze in verschiedenen Einzeldisziplinen etabliert bzw. sind in diese integriert. Eine Theorie dynamischer Systeme (DST) behauptet sich in der Mathematik, der Psychologie und in der Entwicklungstheorie; die Systembiologie erneuert systemisches Denken besonders in Molekularbiologie und Genetik und in den technischen und Ingenieurwissenschaften, bspw. in der Regelungstechnik, sind systemtheoretische Begriffe und Methoden ein fester Bestandteil der Disziplin. Die „Glanzzeit“ einer Allgemeinen Systemtheorie, in der sich eine hohe Kohärenz systemtheoretischen Denkens behaupten ließ, ist jedoch vorbei, und es stellt sich die Frage, was aus dem großen Projekt einer generalisierten Theorie komplexer Organisationen geworden ist. Was waren ihre Ansprüche, Motive und Ziele? Welche Bedeutung kann ihr gegenwärtig noch zugemessen werden?

1 Es ist nicht das Thema der Arbeit, die politischen Hintergründe des Wirkens von Bertalanffy während der Zeit des Faschismus aufzudecken. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass Wien zu jener Zeit eine Hochburg des Faschismus gewesen ist. So wurde Moritz Schlick bereits 1936 ermordet und Hans Przibram, der Begründer der Biologischen Versuchsanstalt, musste diese 1938 „aus rassischen Gründen“ verlassen. Die Haltung von Bertalanffy wurde meines Wissens bisher in keiner Arbeit ausreichend thematisiert.

Ich möchte mich in meiner Arbeit besonders auf einen Aspekt konzentrieren, den der Interdisziplinarität. Dies heißt nicht, dass die Relevanz der Allgemeinen Systemtheorie ausschließlich in diesem Punkt zum Tragen kommt, jedoch finden hier zwei zentrale Motive des Denkens und Arbeitens von Bertalanffy zusammen: die theoretische Reflexion wissenschaftlicher Forschung und der Anspruch einer wissenschaftlich fundierten „Ganzheitlichkeit“. Meine These ist, dass der Erfolg interdisziplinärer Arbeit wesentlich von transdisziplinären Bemühungen abhängt. Diese dienen der Orientierung für die Integration der disziplinären Perspektiven und ermöglichen so einen ganzheitlichen Zugang zu den Phänomenen. Bertalanffy bietet mit seiner Allgemeinen Systemtheorie, besonders mit seinem Paradigma des offenen Systems, eine grundlegende Möglichkeit der Orientierung für empirische Forschung und Integration. In normativer Hinsicht lässt sich mit Bertalanffy dann auch von einem systemtheoretischen Imperativ sprechen.

Ich werde mich dieser These schrittweise nähern. Systemtheorie ist zunächst eine Antwort auf die Frage nach der Erkenntnis komplexer Gegenstände, nach Methode und Repräsentation von Erkenntnisinhalten. Als solche versucht sie eine Alternative gegenüber einerseits den mechanistischen und andererseits den vitalistischen Erkenntnisprogrammen anzubieten. Sie ist Reduktionismus- und Metaphysik-Kritik gleichermaßen. Im Gegensatz zu anderen Systemtheorien, wie bspw. der Luhmannschen Systemtheorie, die eine Sozialtheorie darstellt, zielt die Allgemeine Systemtheorie auf eine Wissenschaftskonzeption, die quer zu den Disziplinen steht (Metawissenschaft). Die Autonomie der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen soll damit gewahrt bleiben. Bertalanffy behauptet einen wissenschaftlichen Erklärungsanspruch (mit einem Fokus auf wissenschaftliche Gesetze), jedoch ohne dem kausal-mechanistischen Wissenschaftsprogramm zu folgen. Stattdessen versucht er, die für jede wissenschaftliche Disziplin fundamentale Bedeutung von Systemen in der Natur nachzuweisen (Systemrealismus).

Was bei Systemen erst einmal ins Auge fällt, das ist deren relative Abgeschlossenheit gegenüber einer Umwelt. Bertalanffy betont dagegen deren Offenheit. Diese gewährleistet den Erhalt von Systemen durch den Austausch von Materie und Energie zwischen System und Umwelt. Das einfachste Beispiel eines offenen Systems stellt eine offene Flamme dar. Die Flamme als System bleibt im Austausch von Materie (Kohlenstoff, Sauerstoff) über einen längeren Zeitraum erhalten.

Schließlich ist die Einheit der Wissenschaften entgegen dem Trend zur Spezialisierung und dessen Konsequenzen umzusetzen. Dieses Ziel soll durch Integration und nicht mittels Reduktion verwirklicht werden. Interpretiert man die Allgemeine Systemtheorie als ein methodisches Instrumentarium, dann stellt sie

eine Heuristik insbesondere in der und für die interdisziplinäre Wissenschaftspraxis dar. Der theoretischen Relevanz von Komplexität und Ganzheit des Gegenstandes kann nur im Zusammenspiel der disziplinären Perspektiven und Methoden entsprochen werden. Dies entspricht dem methodischen Sinn eines systemtheoretischen Imperativs, der den Arbeiten Bertalanffys innewohnt und auf wissenschaftliches Arbeiten orientieren soll.

Zu den einzelnen Kapiteln: Im ersten Kapitel soll der biologische Hintergrund der Allgemeinen Systemtheorie beleuchtet werden. Die organismische Auffassung erwächst aus dem Problem der Unterscheidung von belebter und unbelebter Natur (dem Lebensproblem) und dessen forschungspragmatischen Konsequenzen. In Konsequenz der Reflexion von Bertalanffy auf die damaligen Theorien der Entwicklung (Formproblem) wird der Organismus-Begriff zu einem Grundbegriff der Biologie und begründet so ihre Autonomie. Ganzheit wird als komplexe und offene Organisation wissenschaftlichen Standards zugänglich.

In den folgenden Kapiteln steht die Allgemeine Systemtheorie als Generalisierung des organismischen Ansatzes im Mittelpunkt. Grundlegende Begriffe werden erläutert und ontologische, erkenntnistheoretische und methodologische Aspekte der Allgemeinen Systemtheorie erörtert und die Möglichkeiten der Anwendung in den verschiedenen Disziplinen aufgezeigt. Es zeigen sich scheinbare Ambivalenzen in den Ausführungen Bertalanffys bezüglich der Realität von Systemen und des methodischen Zugangs. Für Bertalanffy lassen sich die Widersprüche der disziplinären und methodischen Perspektiven in einer Einheit der Wissenschaft aufheben (Kapitel IV.1 und IV.2). Die Kritik der Allgemeinen Systemtheorie (Kapitel IV.3) zeigt jedoch, dass das „Bertalanffy-Programm“ (Müller 1996) nicht ohne Weiteres umsetzbar ist. Dies führt spätere Autoren (Lenk 1978, Ropohl 2012) zu einer heuristischen Interpretation der Allgemeinen Systemtheorie (Kapitel IV.4.1). Als ein transdisziplinärer Ansatz entfaltet die Allgemeine Systemtheorie eine besondere Relevanz in interdisziplinären Wissenschaftsprogrammen (Kapitel IV.4.2). Vor dem Hintergrund eines systemtheoretischen Weltbilds (Köstler & Smythies 1970) lässt sich von einem systemtheoretischen Imperativ sprechen. Eine mögliche gegenwärtige und zukünftige Relevanz der Allgemeinen Systemtheorie könnte somit begründet werden. Demnach sollten im Zentrum wissenschaftlicher Arbeit Ganzheitlichkeit (Komplexität und Relationalität) und Dynamik (Offenheit und Eigenaktivität) von komplexen Organisationen bzw. Systemen stehen. Außerdem müssten die dichotomen Auffassungen von reduktionistischen (Mechanismus) und ganzheitlich metaphysischen (Vitalismus) Ansätzen aufgedeckt und systemtheoretisch überwunden werden. Die Intention der klassischen Allgemeinen

Systemtheorie, so meine Auffassung, kann sich nur im Zusammenspiel dieser Prinzipien bewähren und weiterführen.

Noch einige Anmerkungen zu den verwendeten Begriffen: Den Begriff der „Allgemeinen Systemtheorie“ verwende ich als Eigenname für die von Bertalanffy, Rapoport, Boulding und weiteren Mitstreitern vertretene Auffassung. Mit „systemtheoretischen Prinzipien“ meine ich in einem allgemeinen und unspezifischen Sinn Gesetze, Regeln etc. Auch der gelegentlich verwendete Begriff des „Konzepts“ meint unspezifisch einen theoretischen Zusammenhang von Begriffen, Gesetzen, Regeln oder Theorien. Analog hierzu wird der Begriff des „konzeptionellen Rahmens“ verwendet.

Um formale und qualitative Aspekte einer Systemtheorie besser differenzieren zu können, lässt sich bei Bertalanffy zwischen seiner organismischen Auffassung, der anschließenden Theorie offener Systeme und der mit dem Ziel einer umfassenden Formalisierung auftretenden Allgemeinen Systemtheorie unterscheiden. Da Bertalanffy diese Unterscheidung selber nicht trifft und da diese vor allem keine absolute, sondern lediglich eine graduelle Differenz bezeichnet, werde ich nur von einem organismischen Ansatz und einer Allgemeinen Systemtheorie sprechen. Letztere impliziert die allgemeinen Begriffe (z.B. Organisation, Ganzheit, Offenheit etc.) wie auch die formalen Relationen. Allgemeine Systemtheorie meint hier besonders den transdisziplinären Aspekt, der prägnant, wenn auch nicht ausschließlich, durch formale Relationen zum Tragen kommt. Auf den von Pouvreau & Drack (2007) bevorzugten Begriff der „Systemologie“ (*systemology*) verzichte ich hier. Obwohl mit diesem auf das Spezifische des Ansatzes von Bertalanffy hingewiesen wird, hat er sich in der Literatur bisher noch nicht durchsetzen können.

II. Reduktionismuskritik und die Autonomie der Wissenschaften

Der biologische Hintergrund der Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy

Im folgenden Kapitel möchte ich mich dem biologischen Hintergrund der Arbeiten von Bertalanffy zuwenden. Ein allgemeines Charakteristikum seiner Arbeiten sind die Reduktionismuskritik und – damit einhergehend – die Behauptung einer relativen Unabhängigkeit bzw. Autonomie der Wissenschaften, wie der Biologie, der Psychologie oder der Soziologie. Als Biologe, der sich vor allem mit entwicklungstheoretischen Fragen befasste, entfaltete Bertalanffy seine Position in Auseinandersetzung mit zwei tradierten, widerstreitenden Auffassungen zum Lebensproblem, dem Mechanismus und dem Vitalismus. Seine eigene Auffassung formulierte er als einen organismischen Ansatz, der Lebensphänomene durch ihre Organisation zu erklären suchte. Bertalanffy wollte so der Biologie seiner Zeit eine wissenschaftlich-theoretische Grundlage bieten, die nicht nur eine physikalisch-chemische Basis darstellt, sondern welche Prinzipien und Methoden beinhaltet, die den charakteristischen Eigenschaften des Lebendigen angemessen sind. Die in der Auseinandersetzung zwischen mechanistischen und vitalistischen Positionen geschulte Auffassung stellt zudem den biologischen Hintergrund dar, ohne welchen die späteren Arbeiten zur Systemtheorie nicht denkbar und deren konzeptionelle Offenheit und Ambivalenzen nicht verständlich wären.

1 Die Krise der Biologie als Wissenschaft und das Lebensproblem

Zu Beginn einer seiner frühen Arbeiten, der *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928), diagnostizierte Bertalanffy eine Krise der biologischen Wissenschaften. Der Plural „biologische Wissenschaften“ meint die Teilgebiete einer Wissenschaft vom Lebendigen, die sowohl einer deskriptiven als auch einer explanativen Methodik zugehörig sind. Vor allem sind hier die Morphologie als eine Beschreibung der Form des Lebendigen und die Physiologie, welche die Lebensprozesse zu erklären sucht, zu nennen. Die lang andauernde Dominanz einer deskriptiven Biologie wurde spätestens ab dem 18. Jahrhundert durch eine neue, sich am Vorbild der Physik orientierende, analytisch und damit wissenschaftlich verfahrenende Biologie herausgefordert. Die Ergebnisse der damaligen Physiologie zeigen, dass Letztere bereits ausschließlich an einer reduktionistischen Analyse des Lebens arbeitete. Die Besonderheit des Lebendigen, so deren Kritiker, kann auf diese Weise nur ungenügend erfasst werden. In Konsequenz der Erfolge und Weiterentwicklung der analytischen Methoden bleiben grundlegende explanative Begriffe der Biologie, wie bspw. der Deszendenz oder der Vererbung, ungeklärt, werden dadurch sogar problematisch. Sie sind, so Bertalanffy, einer physikalisch-chemischen Analyse nicht zugänglich und alternative Begriffe nicht in Aussicht. Zudem existiert noch immer kein vollkommen gesichertes biologisches Gesetz bzw. Prinzip. Bertalanffy zitiert den bekannten Entwicklungsbiologen und theoretischen Biologen Julius Schaxel:

„Die gegenwärtige Biologie ist nicht in der Lage, die Ergebnisse planmäßiger Forschung im Gefüge der Begriffe zu ordnen und das gesetzmäßige Verhalten, das ihren Gegenständen gemeinsam ist, in allgemeiner Lehre darzustellen. Den Platz theoretischer Wissenschaft nimmt vielmehr eine ungleichartige Mannigfaltigkeit von Sachgebieten, Fragestellungen, Deutungen und Urteilen ein [...]“. (Bertalanffy 1928, 3; vgl.: Schaxel 1922, 1)

Im Zentrum dieser Krise der Biologie, die sich als eine exakte und explanative Wissenschaft behaupten wollte, stand der Streit zweier Wissenschaftskonzeptionen: des Mechanismus und des Vitalismus. Die Symptome der Krise zeigen sich in dieser Konfrontation besonders deutlich, ging es hier doch um ein Kernthema der Biologie, die Morphogenese, also die Entwicklung von der undifferenzierten Eizelle bis zum ausgewachsenen Lebewesen. Das Fehlen einer einheitlichen

theoretischen und methodischen Basis macht sich hier besonders deutlich bemerkbar. Die begriffliche und methodische Inkonsistenz sowie eine ausgeprägte Kluft zwischen Erklärungsanspruch und wissenschaftlicher Konzeption verhindern eine prinzipielle Klärung des allen biologischen Wissens zu Grunde liegenden Problems, des sogenannten Lebensproblems (Bertalanffy 1949, 15ff.).

1.1 Das Lebensphänomen und die Debatte um Mechanismus und Vitalismus

Das Grundproblem der Biologie besteht in der Frage nach der Natur des Lebendigen. Schon die einfachste Betrachtung zeigt, dass die Natur in einen unbelebten und einen belebten Teil unterschieden werden kann. Objekte unserer Wahrnehmung wie Steine, Berge oder Planeten sehen wir als unbelebte Materie, demgegenüber Bakterien, Pflanzen oder Tiere als belebt an. Es stellt sich die Frage, ob diese phänomenale Unterscheidung endgültig und unüberbrückbar oder ob ein Zusammenhang zwischen beiden Welten besteht und zu beschreiben ist (Bavink 1928, 52). Diese Frage motiviert noch heute die Biologie und ihre wissenschaftstheoretische Reflexion.

Die Geschichte der Biologie und des Lebensproblems wird durch zwei grundlegende Positionen bestimmt. Geht man von einer Kluft zwischen belebter und unbelebter Natur aus, so vertritt man eine vitalistische Konzeption. Versucht man dagegen einen Weg zu finden, diese Unterscheidung zu überbrücken, folgt man einer mechanistischen oder auch physikalistischen (Mayr 2000, 23) Tradition. Die wissenschaftstheoretischen und forschungspragmatischen Konsequenzen dieser beiden Grundhaltungen prägen die biologischen Wissenschaften seit dem 17. Jahrhundert. Auch wenn sich bereits seit der Antike von einer zunehmenden „Mechanisierung des Weltbildes“ sprechen lässt (Maier 1938), so wird insbesondere Descartes als ihr „Vollender“ und als „Sprecher der Wissenschaftlichen Revolution“ (Mayr 2000, 24) angesehen. Descartes wollte Erkenntnis und Wissen auf eine Grundlage stellen, die es erlaubte, aus sogenannten ersten Sätzen (Descartes 1641) und allgemeinen methodischen Regeln (Descartes 1637) die durch Erfahrung gewonnenen Ideen (*ideae adventitiae*) abzuleiten und zu erklären. Diese Maßgabe galt für die unbelebte, aber auch für die belebte Welt. Lebewesen sind – so Descartes – einer Maschine vergleichbar und reduktiven Erklärungen zugänglich (Descartes 1662). Descartes demonstrierte dies am Beispiel des Blutkreislaufs (Fuchs 1992). Die Anwendung mathematischer Methoden in den Wissenschaften – als deren Vertreter insbesondere Galilei, Descartes

und Newton zu nennen sind – und der hierdurch erzielte Erfolg führten zu einer Ausweitung des mechanischen Ansatzes, schließlich zu einem mechanistischen Weltbild. Es war nur konsequent, dass das mechanisierte Leben im 18. Jahrhundert mit Julien Offray de la Mettrie auch den gesamten Menschen erfasste – so bringt es der Titel seines Werkes „Maschine Mensch“ (*L'Homme Machine: La Mettrie* 1748) auch schlicht zum Ausdruck –, und – nun gegen Descartes – auch die Seele nur eine Funktion physiologischer Prozesse darstellte.

Der Vitalismus verstand sich seit dem 17. Jahrhundert vor allem als eine Gegenbewegung. Trotz der Erfolge des mechanistischen Weltbildes in den Wissenschaften konnten zentrale Phänomene des Lebens nicht erklärt werden. Auf diesen Mangel wiesen Physiologen, Chemiker und Ärzte hin, bspw. bereits Georg Ernst Stahl, bekannt für die Phlogistontheorie, oder der Embryologe Caspar Friedrich Wolff. Das Lebendige konnte nicht allein dadurch erklärt werden, dass man es in seine Einzelteile zerlegte. Eine „vis essentialis“, eine „Lebenskraft“ musste zusätzlich als erklärendes Prinzip angenommen werden (Mayr 2000, 31).

1828 gelang die Harnstoffsynthese durch Friedrich Wöhler, wodurch erstmals auf experimentelle Weise die vitalistische Position widerlegt wurde. Die Synthese einer organischen Substanz aus anorganischen Bestandteilen widersprach der strikten Trennung von belebter und unbelebter Materie, welche die Vitalisten propagierten. Es begann der Niedergang vitalistischer Ansätze in den Wissenschaften. Zunehmend wurde der Vitalismus nur noch als eine metaphysische Position wahrgenommen und im 19. Jahrhundert kaum noch vertreten. Der Physiologe Emil du Bois Reymond spottete über den Begriff der Lebenskraft als „Mädchen für alles“ (du Bois-Reymond 1887, 23), und in der Chemie fand sie mit Justus Liebig (Liebig 1842) einen scharfen Kritiker (Cassirer 2000, V, 218). Mit dem Erscheinen des Werkes *Über die Entstehung der Arten* von Charles Darwin (1859) konnte dann sogar die Mannigfaltigkeit der Lebensformen durch ein rein mechanistisches Prinzip, das der Selektion, erklärt werden.

Die Vitalisten argumentierten nun nur defensiv, dass die chemischen Vorgänge in einem Organismus zwar mechanistisch, und das bedeutete dann physikalisch-chemisch, zu erklären sind. Dies trifft jedoch nicht auf die zweckmäßigen Zusammenhänge zu, die den gesamten Organismus zu dem machen, was er ist: eine lebende Gesamtheit. Eine hinreichende Klärung von Problemen des Stoffwechsels (wie der Assimilation körperfremder Stoffe), der Embryonalentwicklung und Formbildung (wie der Zweckmäßigkeit der Organismen, des Wachstums und der Fortpflanzung) sowie Fragen nach der Entstehung des Lebens kann daher dem mechanistischen Ansatz aus prinzipiellen Gründen nicht gelingen (Bavink 1928, 54ff.).

Bertalanffys wissenschaftliche Interessen galten den im 20. Jh. zentralen Problemen in der Entwicklungsmechanik oder kausalen Morphologie: der Erklärung von Keimungsvorgang und Embryonalentwicklung eines Organismus. Da die Möglichkeit der Entwicklung eines der wichtigsten Merkmale der Unterscheidung von belebter und unbelebter Natur darstellt, wurde hier die Auseinandersetzung um Mechanismus und Vitalismus am intensivsten geführt.

Die Geschichte der Debatten um eine mechanistische oder vitalistische Interpretation des Lebendigen in der Entwicklungstheorie begann bereits im 17. und 18. Jahrhundert. In deren Kontexten entstanden zwei konkurrierende Ansätze zum Entwicklungsproblem: der Präformismus und die Theorie der Epigenesis. Der Präformismus (Aromatari 1625) ging, in mechanistischer Tradition, von der Annahme einer vollständigen Determination des Organismus aus. Das heißt, dass eine Eizelle (Ovum) immer schon strukturiert bzw. der Organismus bereits immer schon „eingeschachtelt“ vorhanden sein müsste, damit ein vollständiger Organismus entstehen könnte. Entwicklung wäre dann nur die Entfaltung des in der Eizelle präformierten Individuums und damit prinzipiell mit Hilfe mechanistischer Methoden erklärbar. Dagegen betrachtete die Theorie der Epigenesis (Wolff 1759) die Embryonalentwicklung als eine stetige, qualitative Neubildung, die unter dem Einfluss von Umweltfaktoren vonstatten geht. Die unstrukturierte Eizelle entwickelt sich unter Einfluss externer Einflüsse zu einem individuellen Organismus. Die Zielgerichtetheit dieser Entwicklung war seinerzeit ohne die Annahme einer inhärenten Lebenskraft nicht erklärbar. Ein bedeutender Vorteil dieses Ansatzes bestand u.a. darin, dass Entwicklungsstörungen im Verlauf der Individualentwicklung (Ontogenese) erklärbar wurden, was einem deterministischen Verständnis von Entwicklung nur schwer gelingen konnte. Im 19. Jahrhundert waren es dann besonders Wilhelm Roux (1850–1924) und Hans Driesch (1867–1941), die der Debatte um Mechanismus und Vitalismus in der Entwicklungstheorie neue Nahrung gaben.

1.2 Das mechanistische Wissenschaftsprogramm

Der Erfolg und das gleichzeitige Ungenügen bisheriger mechanistischer Erklärungen führte zu einem erneuten Aufflammen der Debatten in der Biologie. Wilhelm Roux und Hans Driesch stehen für die jeweils mechanistische und vitalistische Position auf dem Gebiet der Embryonalentwicklung am Ende des 19. Jahrhunderts. Wilhelm Roux verfolgte ein mechanistisches Forschungsprogramm, das er auch auf die Prozesse von Keimungsvorgang und Formbildung anzuwenden gewillt war:

„[Roux] betont, daß uns, ungeachtet aller Fortschritte, die die Stammesgeschichte gemacht habe, noch gänzlich die Kenntnis der Ursachen der Entwicklungsvorgänge fehle und daß wir, um diese Kenntnis zu erlangen, den Hebel an einer ganz anderen Stelle ansetzen müßten.“ (Cassirer 2000, V, 207)

Vorbild war die exakte Wissenschaft der Physik und ihre „[...] resolute und kompositive Methode [...]“ – als die Cassirer sie beschrieb (Cassirer, 2000 V, 209) –, die ihren Erfolg begründete und fortführte. Mit dem Begriff des Mechanismus war jedoch nicht mehr die Mechanik der Physik im engeren Sinne gemeint, sondern – allgemeiner – das kausale Geschehen der Natur. Der mechanistische Ansatz war das Kernstück wissenschaftlicher Verfahren, wenn nicht gar synonym damit. Der Mechanismus in der Biologie versuchte demgemäß eine Erklärung der Prozesse des Lebendigen, bspw. der organischen Entwicklung, über sogenannte kausal-analytische Verfahren und die Beschreibung physikalisch-chemischer Mechanismen.

„Wenn wir diese Spezialaufgabe von vornherein unter dem Gesichtspunkt des Spinoza-Kant'schen ‚Mechanismus‘ gebracht haben, so geschah diese Praesumption in der Voraussicht, dass bei dem materiellen Ablaufe der Entwicklungsvorgänge des Embryo nichts Metaphysisches in Betracht zu kommen habe, dass diese Vorgänge durchaus ein dem Gesetze der Causalität unterstehendes Geschehen darstellen. Auf solche Voraussicht allein kann sich auch unser Unterfangen gründen, dieselben erforschen zu wollen. Ich habe diese Voraussicht nicht einfach aus unserer gegenwärtigen Weltauffassung entnommen, sondern ich habe es mir Jahre der Ueberlegung kosten lassen, den Möglichkeiten nachzuspüren, wie aus einem relativ oder scheinbar Einfachen ohne entsprechende gestaltende Einwirkung von aussen ein so compliciertes und typisch geformtes Gebilde hervorgehen kann, wie etwa das Hühnchen aus dem Eie.“ (Roux 1895, 419f.)

Das kausal-analytische Verfahren meint nun die kausale Analyse mittels Experiment. Das kausale Erklärungsprinzip wird als einziges zugelassen, wobei anzumerken ist, dass es sich hier um monokausale Relationen, die nur eine Ursache mit einer Wirkung verknüpfen, handelt. Teleologische Erklärungen, also Erklärungen, die im Sinne einer Aristotelischen *causa finalis* Zielwerte als Ursachen annehmen [bekanntlich nimmt Aristoteles vier verschiedene Typen von Ursachen an: *causa materialis* (Materialursache), *causa formalis* (Formursache), *causa efficiens* (Wirkursache), *causa finalis* (Zweckursache) (Aristoteles, Physikḗs akroáseōs, II 3, 194b 23-35)], waren damit – zumindest theoretisch – ausgeschlossen. Wenn auch eine vollständige kausale Erklärung noch nicht gegeben werden könne, so das Argument, sei sie doch zu gegebener Zeit möglich.

Der Fortschritt, der durch die Wissenschaften seit der mechanistischen Revolution von Descartes und anderen erzielt werden konnte, schien den Verfechtern dieses Weltbildes Recht zu geben.

In dem berühmten Experiment von 1882, das Roux mit Froscheiern durchführte, versuchte er, den kausalen „Mechanismen der individuellen Entwicklung“ (Roux 1895, 428) auf die Spur zu kommen. Die bis dahin dominierende vergleichende und beschreibende Methodik – als prominentes Beispiel ist hier die Arbeit von Johann Wolfgang von Goethe *Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären* von 1790 zu nennen (Goethe 1790) – hatte zu keiner wirklichen Erkenntnis geführt. Die Verbreitung des experimentellen Verfahrens läutete die Geburtsstunde eines neuen biologischen Wissenschaftszweiges, der Entwicklungsmechanik, ein. Roux wartete die erste Furchungsteilung eines Froscheis ab und zerstörte eine der beiden entstandenen Zellen mit einer heißen Nadel. Die gesunde Zelle entwickelte sich weiter, d.h., es entwickelte sich ein halber Embryo, während in der anderen Zelle keine weiteren Teilungen stattfanden. Roux sah dies als Beweis für die Mosaiktheorie von August Weismann an, und folgerte – entsprechend dieser Theorie –, dass Entwicklung durch differenziell auf die Zellen des Keims verteilte „Determinanten“ bedingt ist. Wenn nur eine der beiden Blastomeren (die durch Furchung entstandenen Zellen) sich entwickeln kann, dann entstehen halbe Embryonen. Es bildet sich also nur die eine Hälfte des Mosaiks aus, die weitere Entwicklung der anderen Hälfte kann nicht kompensiert werden. Jede Anlage oder Determinante entwickelt sich unabhängig von den anderen – „maschinell“ – zu einem Teil des fertigen Organismus (Bertalanffy 1928, 112). In allgemeiner Hinsicht bedeutete diese Erkenntnis, dass Lebensvorgänge, wie die Entstehung und Entwicklung von Lebensformen und Organismen, vollständig determiniert, d.h. präformiert sind. Den Mechanismen des Lebens, speziell der Entwicklung, wäre mit einer kausal-analytischen Methode auf die Spur zu kommen. In Bezug auf das Lebensproblem bestehe nur ein quantitativer und kein prinzipieller Unterschied zwischen Organismen und der unbelebten Natur.

Neben der kausalen Analyse ist das zweite Merkmal des mechanistischen Ansatzes sein reduktionistischer Anspruch. Die kausale Analyse sucht die relevanten Zusammenhänge auf einer basalen ontologischen Ebene, zu Zeiten von Roux auf einer physikalisch-chemischen Ebene der Atome und Moleküle, der chemischen Prozesse und physikalischen Bindungskräfte. Vorausgesetzt wird, dass Organismen hinreichend und restlos durch das summative Zusammenwirken ihrer Einzelteile erklärt werden können. Hat man alle Mechanismen eines Organismus beschrieben, so kann man diese einzelnen Prozesse und Teile problemlos zu einem Ganzen, dem Organismus, zusammenführen. Kein anderes

Prinzip muss zu den physikalisch-chemischen Analysen hinzugedacht werden. Das Ziel biologischer Forschung besteht in der Analyse und Dekomposition des Organismus in fundamentale physikalisch-chemische Einheiten und das Erklären der biologischen Eigenschaften mittels kausaler „Addition“ dieser Einheiten und deren Eigenschaften. Der Mechanismus ist ein reduktionistisches Forschungsprogramm.

1.3 Der Vitalismus

Hans Driesch, damaliger Schüler und Mitarbeiter von Roux, versuchte 1891 das Experiment von Roux mit Seeigeleiern zu wiederholen. Er kam zu anderen Ergebnissen. Driesch trennte nach der ersten Furchungsteilung die beiden Blastomeren durch Schütteln voneinander (Driesch 1921, 50). Im Unterschied zu dem Experiment von Roux entwickelte sich aus einer Blastomere ein vollständiger, wenn auch nur halb so großer Organismus. Selbst noch aus dem 4-Zellenstadium eines Keimes konnte nach der Abtötung der einen Hälfte aus der anderen Hälfte des Keimes ein verkleinerter, aber voll proportionierter Embryo entstehen. Driesch fragte sich: Woher „weiß“ der halbe Keim, wie er sich zu entwickeln habe? Er gab eine vitalistische Antwort, indem er eine entsprechende „Kraft“ postulierte.

Driesch gelang mit seinem berühmt gewordenen Experiment der Nachweis der Regulationsfähigkeit bei Organismen. Mit einer kausal-analytischen Theorie, wie der mechanistischen Wissenschaftskonzeption, konnte dieses Verhalten nicht erklärt werden. Für Driesch hatte dies die Abkehr vom Mechanismus zur Folge. Zwar akzeptierte er weiterhin die physikalisch-chemischen Prinzipien, erklärte diese jedoch als unzulänglich für ein Verständnis der Lebensphänomene. Nur die Annahme einer inhärenten Lebenskraft, eines formgebenden Prinzips, könne solche Phänomene wie die Regulation wirklich erklären. Das mechanistische Forschungsprogramm ignoriere im verengenden Blick seiner methodischen Orientierung die eigentlichen Lebensphänomene, so Driesch. Es bestehe ein prinzipieller Unterschied zwischen der belebten und der unbelebten Natur. Die belebte Natur zeichne sich durch die Phänomene der Regulations- und Regenerationsfähigkeit, teleologische Prinzipien der Formbildung, der Selbststeuerung und Ganzheit aus. Diese Probleme seien die eigentlichen Fragen, denen sich eine Biologie als Wissenschaft zuwenden müsse.

Driesch greift als Erklärungsprinzip auf den aristotelischen Begriff der Entelechie zurück. Von Aristoteles in seinem Werk über die Seele (Aristoteles, *Peri psychēs*) eingeführt, bezeichnet dieser die Verwirklichung (Akt) der in einem Seienden angelegten Möglichkeit. Organische Körper haben potentiell die Möglichkeit zu leben. Diese Möglichkeit wird mit der Seele als Entelechie dann erst verwirklicht. Im Kontext des aristotelischen Hylemorphismus ist das werdende, also auch das Lebendige, immer die Verbindung von Form und Stoff. Die Entelechie (*έντελέχεια*) ist dann die unveränderliche Form, die sich im Stoff verwirklicht und die der Verwirklichung logisch und zeitlich vorausgeht (Koutroufinis 2007, 132).

Für Driesch hingegen ist die Entelechie ein von der Materie unabhängiger, „teleologisch wirkender Naturfaktor“ (Driesch 1921, 460). Über diesen kann allerdings nur ausgesagt werden, was er nicht ist:

„Wir können an dieser Stelle, so scheint mir, nur das eine sagen, daß die Entelechie auch bezüglich ihres eigentlichen ontologischen Charakters elementar ist, ganz ebenso wie das Gesetz, dem sie gehorcht elementar war. Entelechie ist nicht Energie, nicht Kraft, nicht Intensität und nicht Konstante, sondern – Entelechie. [...] Es gibt nichts, was ihr gleich ist, in der anorganischen Welt.“ (Driesch 1921, 460f.)

Trotz der nur negativen Charakterisierung des Entelechiebegriffs lässt Driesch keinen Zweifel daran, dass es sich hier nicht nur um ein Postulat handele, nicht um einen Begriff, der nur mangels einer besseren Erklärung gewählt wurde. Entelechie sei eine Naturtatsache, die in Verbindung mit der materiellen Natur Entwicklungsprozesse ermöglicht. Deshalb seien physikalisch-chemische Erklärungen bis zu einem gewissen Grad auch nützlich, würden aber an der Gesamtheit des Lebensphänomens scheitern. Der Neo-Vitalismus von Driesch muss daher kritisch als ein Mechanismus plus eines *deus ex machina* angesehen werden (vgl.: Bertalanffy 1928, 16f.), d.h., er führt damit den cartesischen Substanzdualismus in den Wissenschaften fort:

„Noch einmal sage ich, daß man sich über die Entelechie durchaus gar nichts in einer bildartigen Weise vorstellen darf; das Nichträumliche lässt sich niemals durch räumliche Bilder vorstellen. [...] Und gleichzeitig müssen wir uns immer erinnern, daß wir es bei der Entelechie bis jetzt auch nicht mit irgendetwas Psychischem oder Absolutem oder Metaphysischem zu tun haben: wir analysieren ein Agens, das in der Natur eine Rolle spielt. Wir wissen von diesem Agens, daß es nicht irgendwie räumlich ist, daß es keinen Sitz im Raum hat und keine Ausdehnung, daß es nur in den Raum hinein wirkt; mit einem Wort: es >ist< nicht in der räumlichen Natur, sondern wirkt nur in Bezug auf sie.“ (Driesch 1921, 513)

Im Gegensatz zum Mechanismus vertritt der Neo-Vitalismus allerdings eine Position, welche die Eigengesetzlichkeit organischer Strukturen behauptet und ein teleologisches Prinzip als wesentlich für die vollständige Beschreibung der Lebensphänomene annimmt. Er akzeptiert die Wirksamkeit physikalischer und chemischer Gesetze, sieht aber eine reduktionistische Erklärung als unzulänglich für das Verständnis des Lebens an. Wie es der dem Vitalismus zugewandte Physiologe Gustav von Bunge zu seiner Zeit bereits bildhaft ausdrückte:

„Ich behaupte: Alle Vorgänge [...], die sich mechanistisch erklären lassen, sind ebenso wenig Lebenserscheinungen, wie die Bewegung der Blätter und Zweige am Baume, der vom Sturme gerüttelt wird, oder wie die Bewegung des Blütenstaubes, den der Wind hinüberweht von der männlichen Pappel zur weiblichen.“ (Bunge 1894, 8)

Organismen sind mehr als eine bloße Summe ihrer Teile. Driesch verwendet hier bereits den Begriff der „Ganzheit“ (Driesch 1921, 535ff.). Den Unterschied zur unbelebten Natur sieht der Vitalismus in qualitativer Hinsicht, in der Annahme einer spezifischen Lebens- oder Vitalkraft. Konsequenterweise vertritt Driesch eine epigenetische Position:

„Formbildung ist, wie wir nun wissen, >Epigenesis< nicht nur im beschreibenden, sondern auch im theoretischen Sinne.“ (Driesch 1921, 140)

„Entelechie kann zur Entfaltung gebracht werden durch eine Veränderung in der körperlichen Natur, wie sie z.B. in der Befruchtung oder in irgendeiner Operation vorliegt oder in einem Bewegungsreiz [...].“ (Driesch 1921, 416)

Mit dem Anspruch, die besondere Gesetzlichkeit biologischer Phänomene erfassen zu wollen, vertritt der Vitalismus eine explizit antireduktionistische Position und damit eine Gegenposition zum Mechanismus.

Zusammenfassend ist festzuhalten: Die Erklärung der Lebensphänomene stellt das Kernproblem der biologischen Wissenschaften dar. Mechanismus und Vitalismus stehen sich als zwei Alternativen gegenüber. Der Mechanismus geht von der prinzipiellen Möglichkeit der Erklärung von unbelebter und belebter Natur mittels kausaler Analyse und reduktionistischer Verfahren aus und begründet so seinen wissenschaftlichen Anspruch. Der Vitalismus dagegen geht von einem prinzipiellen Unterschied zwischen belebter und unbelebter Natur aus. Lebensphänomene können nur mit Hilfe der zusätzlichen Annahme eines Lebensprinzips (Entelechie) vollständig erklärt werden. Die charakteristischen Phänomene des Lebens müssen in ihrem Problemgehalt für die Biologie als Wissenschaft erkannt und anerkannt werden.

2 Die organismische Auffassung und die Begründung einer wissenschaftlichen Biologie

2.1 Die Kritik von Bertalanffy an Mechanismus und Vitalismus

Bertalanffy steht beiden Ansätzen, dem Mechanismus und dem Vitalismus, kritisch gegenüber. Beide erreichten nicht das, was sie versprechen, eine Erklärung der biologischen Entwicklungsvorgänge, die der Komplexität der organischen Entwicklungsdynamik angemessen wäre.

Der Mechanismus vertritt den, auch von Bertalanffy favorisierten, naturwissenschaftlichen Erklärungsanspruch, jedoch zeichnet sich der Mechanismus durch (mono-)kausale Erklärungen der Lebensphänomene und eine additive bzw. aggregative Methode aus. Die Lebensvorgänge, wie die Entstehung und Entwicklung von Organismen, werden als vollständig determiniert angesehen, was zur Folge hat, dass Organismen scheinbar hinreichend und restlos durch das summative Zusammenwirken ihrer Einzelteile erklärt werden könnten. Die Reduktion auf kausal-analytische Methoden missachtet den besonderen Charakter eines Organismus, dessen komplexe Organisation und die wechselseitige Abhängigkeit (Interdependenz) der Teile und Prozesse voneinander. Kausale Erklärungen von Lebensvorgängen müssen besonders dann scheitern, wenn es sich um die monokausalen Erklärungen des damaligen Mechanismus handelt. Hier wird *eine* Ursache mit *einer* Wirkung verknüpft, d.h., es werden nur zwei Variablen zueinander in Beziehung gesetzt. Im Experiment versucht man nun, eine der Variablen zu variieren (Veränderung der Temperatur, Verabreichen einer Droge etc.), um zu sehen, welche Wirkung daraufhin folgt. Dieser Ansatz zeigt bereits in der Physik seine Schwierigkeiten. So führt das Zweikörperproblem in der Mechanik (die Berechnung der Bewegung zweier in Wechselwirkung befindlicher Körper) noch zu guten Ergebnissen, doch bereits beim Dreikörperproblem muss man sich mit Annäherungen begnügen (Bertalanffy 1970, 101).

Ebenso ist eine Erklärung mittels physikalisch-chemischer Gesetze für Bertalanffy unzureichend. Lebensphänomene können nur erklärt werden, indem die besondere Gesetzmäßigkeit der organischen Strukturen berücksichtigt wird. Das Leben sei „[...] gebunden an individualisierte und organisierte Systeme, deren Zerstörung es zum Erlöschen bringt [...]“ (Bertalanffy 1949, 25). Jedes

Einzelteil, jeder einzelne Prozess eines Organismus sei „[...] nicht nur von den Bedingungen in ihm selbst, sondern in mehr oder weniger weitem Umfang vom *Ganzen*, von übergeordneten Einheiten [...]“ (Bertalanffy 1949, 24f.) abhängig. Daraus leitet Bertalanffy die Eigengesetzlichkeit des Lebendigen ab. Die physikalisch-chemische Analyse würde nur auf die molekulare Ebene bezogen sein. Man wäre nicht in der Lage, das Ganze des Organismus und die auf dieser Ebene wirkenden spezifischen Gesetzmäßigkeiten oder Prinzipien zu erfassen.

„Die Analyse der Einzelteile und -vorgänge im Lebendigen ist *notwendig* und Voraussetzung jeder tieferen Erkenntnis. Allein genommen, ist die Analyse jedoch *nicht hinreichend*.“ (Bertalanffy 1949, 24)

Regenerations- und Regulationsfähigkeit oder Anpassungsfähigkeit weisen auf die besondere Dynamik des Lebendigen hin. Dem lebenden Ganzen kommt eine „innere Aktivität“ zu, die sich einer maschinellen Betrachtung entzieht. Die Dekomposition des Ganzen in seine Teile und eine Reduktion auf diese hat den spezifischen Charakter des Lebens nicht mehr vor Augen, es hat diesen bereits zerstört.

Schließlich sind die Terminologie und die Methode des Mechanismus untereinander inkonsistent. Es werden Begriffe wie Entwicklung, Regeneration oder Funktion verwendet, die einen historischen oder teleologischen Charakter aufweisen. Das ist mit dem kausalen Anspruch und der damit einhergehenden Ablehnung teleologischer Erklärungen nur schwer vereinbar. Entwicklungs- oder Regenerationsvorgänge laufen nicht willkürlich ab. Aus den Eiern eines Wasserfrosches entwickelt sich wiederum ein Wasserfrosch; eine Eidechse, die ihren Schwanz abgeworfen hat, kann diesen bis zu einem gewissen Grad erneuern. Die Begriffe implizieren also die Annahme eines ziel- oder zweckorientierten Prinzips. Problematisch wird dabei die einfache Umkehrung der kausalen Ereignisfolge, die sich im aristotelischen Begriff der Finalursache (*causa finalis*) ausdrückt (vgl.: Toepfer 2005, 37f.). Wie kann ein Ziel zur Ursache der eigenen Verwirklichung werden, wie etwas zeitlich Späteres auf etwas Früheres einwirken? Ebenso sind Fragen nach der Zweckmäßigkeit oder Funktionalität von Organen, Merkmalen und Verhaltensweisen eines Organismus im Rahmen eines mechanistischen Kausalitätsdenkens problematisch, sind doch funktionale Analysen schnell mit intentionalen Zwecksetzungen verknüpft. Sie erscheinen dann als Mittel zu einem Zweck, dessen Herkunft fraglich bleibt (vgl.: McLaughlin 2005, 19f.).

Die Kritik am Mechanismus verbindet Bertalanffy mit dem vitalistischen Ansatz. Dies verführt Bertalanffy aber nicht dazu, wissenschaftliche Prinzipien zu negieren. So kritisiert er den Vitalismus in der Annahme eines ontologischen

Dualismus von Materie und immateriellem Lebensprinzip (Entelechie) als unwissenschaftlich:

„Sofort stellen wir jedoch fest, daß der Vitalismus als naturwissenschaftliche Lehre eindeutig abgewiesen werden muss. Nach ihm wird Aufbau und Funktion des Organismus sozusagen von einem Heer von Kobolden besorgt, die ihn erfinden, das Spiel der Vorgänge beherrschen und nach Störungen die Maschine wieder zusammenflicken. [...] Der Vitalismus besagt nichts anderes, als daß gerade die wesentlichen Probleme des Lebens naturwissenschaftlicher Erkenntnis entzogen seien.“ (Bertalanffy 1949, 21)

Die Merkmale des Organischen, die sich in Begriffen wie Entwicklung, Regulations- und Regenerationsfähigkeit, Erhöhung der Mannigfaltigkeit und Differenzierung etc. ausdrücken, sind für die Erklärung von Lebensvorgängen von zentraler Bedeutung und in den biologischen Wissenschaften nicht zu eliminieren. Im Gegenteil zeigt sich die Notwendigkeit einer eigenständigen, dem Gegenstand biologischer Forschung entsprechenden Begrifflichkeit und Methodik. Diesem, mit dem Vitalismus Drieschs erklärten Anspruch schließt sich Bertalanffy an, jedoch ohne dessen metaphysische Annahmen zu übernehmen. Es müsse, so kritisiert Bertalanffy, kein metaphysisches Prinzip postuliert werden, welches die Eigenheit des Organischen begründen solle. Bertalanffy sieht mit dem Vitalismus bereits die Idee einer nicht-reduktiven und damit autonomen Biologie angedacht, hier jedoch auf Kosten einer unhaltbaren metaphysischen Position. Hinzu kommt, dass der Vitalismus letztlich doch dem mechanistischen Denken verhaftet ist. Auf dem Boden mechanistischer Verfahren verbleibend, fügt Driesch diesem einzig ein vages Prinzip, die Entelechie, hinzu. Bertalanffy resümiert:

„[Der Mechanismus] bietet keine Handhabe gerade zur Erklärung der spezifischen Lebenskennzeichen; der Vitalismus erkennt das Moment der organischen Ganzheit, führt sie aber auf einen metaphysischen oder psychistischen Faktor zurück und verzichtet damit auf eine naturwissenschaftliche Erklärung.“ (Bertalanffy 1932, Bd. 1, 80)

So übernimmt Bertalanffy vom Mechanismus den naturwissenschaftlichen Erklärungsanspruch, allerdings ohne die Reduktion des Organischen auf physikalisch-chemische Prinzipien und auf kausale Analysen als ausreichend zu betrachten. Vom Vitalismus übernimmt er den Anspruch auf eine autonome Biologie, jedoch ohne dessen metaphysische Prinzipien. Mit einem eigenen Forschungsprogramm will Bertalanffy nun die für den Fortgang der biologischen Wissenschaften unfruchtbare Gegenüberstellung von Mechanismus und Vitalismus (Mocek 1998, 330) beenden.

2.2 Die organismische Auffassung als Forschungsprogramm

Bertalanffy bleibt nicht bei der Diagnose der Krise der biologischen Wissenschaften stehen. Seine Bemühungen führen ihn zur Begründung einer neuen biologischen Wissenschaftskonzeption. Die Biologie als Wissenschaft muss auf eine neue Grundlage gestellt werden, um ihren Anspruch, Lebensphänomene wissenschaftlich fundiert zu erklären, wirklich einlösen zu können. Nur über eine gemeinsame Grundlage lässt sich begriffliche und methodische Konsistenz erzielen, welche notwendig ist, um die dem Lebendigen entsprechende Komplexität und Gesetzmäßigkeit erfassen zu können. Bertalanffy formuliert drei Leitsätze, die eine solche Auffassung (in seinem organismischen Programm) charakterisieren sollen: 1. Ganzheit und Organisation, 2. dynamische Ordnung und 3. (Eigen-)Aktivität. Diese Leitsätze werden von Bertalanffy vor dem Hintergrund der Kritik an der mechanistischen Konzeption erläutert.

Das Merkmal von Ganzheit und Organisation richtet sich gegen die kausal-analytische und summative Auffassung des Mechanismus (Bertalanffy 1949, 24ff.). Die Lebensphänomene sind raum-zeitlich gebunden, d.h., sie treten an räumlich mehr oder weniger streng abgegrenzten „Naturkörpern“ auf, die als Organismen bezeichnet werden. Organismen sind zweckhaft aufgebaut, sie sind zu einem Ganzen hin organisiert, so dass die Lebensfunktionen ermöglicht werden. Bspw. bilden das Herz, die Arterien und Venen sowie andere Blutgefäße den Blutkreislauf. Die Lungen sind besonders dicht mit Blutgefäßen ausgestattet, so dass der Austausch von Stoffen, hier von Sauerstoff und Kohlendioxid, optimal vonstatten gehen kann. Die einzelnen Elemente und Prozesse des Organismus stehen miteinander in Wechselwirkung. Dies macht ihre Organisation aus. Es mag, so Bertalanffy, eine „[...] triviale Feststellung [sein], dass die Organismen eben organisiert sind [...]“, doch scheine es großer Anstrengungen zu bedürfen, um diese Tatsache wissenschaftlich durchzusetzen (Bertalanffy 1949, 32).

Die hohe Komplexität der Zusammenhänge und die wechselseitige Abhängigkeit der Prozesse führen dazu, dass die Eigenschaften des Lebendigen nie an isolierten Elementen des Organismus erfahrbar werden. Sie treten immer im Zusammenhang, d.h. am Organismus in seiner Gesamtheit auf. Isolieren wir bspw. das Herz eines Säugetiers durch operatives Entfernen, so werden wir nichts über seine Funktion erfahren können. Das Herz ist nicht mehr in der Lage, diese auszuführen: „[D]as Leben [ist] gebunden an individualisierte und organisierte Systeme, deren Zerstörung es zum Erlöschen bringt [...]“ (Bertalanffy 1949, 25). Zerteilt man dagegen unbelebte Materie, bspw. einen Stein, so bleibt –

vereinfacht ausgedrückt – das „Steinhafte“ weiterhin bestehen (Probleme der Erklärung emergenter Eigenschaften treten natürlich bereits auch in der unbelebten Natur auf, bspw. die Eigenschaft von Natriumchlorid, salzig zu sein). Der gesamte Organismus weist Eigenschaften auf, die seinen isolierten Teilen fehlen. Somit ist auch umgekehrt das einzelne Geschehen mehr oder weniger abhängig vom Ganzen bzw. von den übergeordneten Einheiten, in die diese eingebettet sind.

Die durch Organisation hervorgebrachte Ordnung, so das zweite Merkmal der organismischen Auffassung, ist nicht in erster Linie eine strukturelle, sondern eine dynamische Ordnung (Bertalanffy 1949, 28f.). Dieses Merkmal richtet sich gegen eine sogenannte maschinentheoretische Auffassung des Mechanismus, welcher die strukturelle Ordnung als primär ansieht. Im ständigen Wechsel und Erhalt, Zerfall und Wiederaufbau befindlich, unterscheidet sich das Lebendige von der eher statischen Struktur der unbelebten Natur. Dabei laufen die Prozesse nicht willkürlich und ungeordnet ab, sondern sie sind, wie die Einzelteile des Organischen, zum Ganzen hin geordnet und stehen zueinander in Wechselbeziehung. Die zu einem Ganzen organisierten Prozesse markieren einen prinzipiellen Gegensatz zwischen belebter und unbelebter Natur.

In allen Lebensbereichen finden wir typische Lebensphänomene, so zum Beispiel die Möglichkeiten der Regulation, also der Wiederherstellung des Organismus nach Störungen. Bemerkenswert ist hier besonders die Pluripotenz, die Vielfalt an Möglichkeiten, die ein Keim zu Beginn der Entwicklung aufweist. Im Verlauf der Entwicklung findet dann ein Übergang von den regulationsfähigen Zuständen zu weniger regulationsfähigen Zuständen statt. Ist ein Keim zu Beginn seiner Entwicklung noch durch pluripotente Stammzellen gekennzeichnet, so ist im Zuge der weiteren Ontogenese eine Determinierung und Verringerung der Möglichkeiten der Zellen festzustellen. Die Hautzelle eines Erwachsenen hat bspw. keine pluripotenten Eigenschaften mehr. Ist einmal die „Rolle“ der Zelle im Gesamtsystem festgelegt, so wird sich diese nicht ändern. Experimente ergaben, dass im frühen Stadium verpflanzte Zellen, die bereits bspw. als Magenwand determiniert wurden, diese Entwicklungsrichtung weiter fortsetzen werden. Auch auf die Außenhaut verpflanzt, werden diese Zellen Magenwandgewebe bilden. Bertalanffy nennt dieses Phänomen „fortschreitende Mechanisierung“ (Bertalanffy 1949, 29).

Das dritte Merkmal schließlich besteht in der Aktivität, genauer der Eigenaktivität des Lebendigen (Bertalanffy 1949, 29f.). Dieses Merkmal richtet sich gegen die reaktionstheoretischen Annahmen des Mechanismus, repräsentiert durch das behavioristische Reiz-Reaktions-Schema. Diesem zufolge antwortet der Organismus auf einen Sinnesreiz mit einem bestimmten Reflex. Am bekann-

testen ist sicherlich die Reflextheorie des russischen Mediziners und Physiologen Iwan Petrowitsch Pawlow, der mit Experimenten an Hunden zur Unterscheidung von bedingten (erworbenen) und unbedingten (im Prozess evolutionärer Anpassung vorgeformten) Reflexen gelangte. In diesen Experimenten wurde die Fütterung des Hundes mit dem Ton einer Glocke assoziiert. Die so konditionierten Hunde produzierten dann bereits beim Hören des Glockentones Verdauungssekrete. Der als klassische Konditionierung bekannt gewordene Ansatz stellte eine der Grundlagen des klassischen Behaviorismus dar. Im Gegensatz zu diesem sogenannten „Automatenverständnis“ ist ein Organismus keine passive *black box*, die auf einfache Weise zu konditionieren ist, sondern ein eigenaktives System. Dies belegt Bertalanffy, indem er zeigt, dass ein Organismus sogar bei gleichbleibenden Außenbedingungen, also beim Fehlen äußerer Reize, weiterhin aktiv bleibt. Der Organismus sei „[...] nicht ein ruhendes, sondern ein innerlich aktives System [...]“ (Bertalanffy 1949, 30).

Unter diesen drei Leitsätzen ist wohl die Organisiertheit des Lebendigen das wichtigste Merkmal seines Forschungsprogramms. Diese ist hierarchisch auf ein Ganzes hin bezogen und dynamisch. Es ist nicht wirklich neu, Lebewesen unter dem Aspekt ihrer Organisation zu begreifen. Dies gesteht Bertalanffy nur zu gerne ein, versucht er doch auch, seine Auffassung in die lange Tradition der Wissenschaften und der Philosophie einzuordnen. So gibt er selbst als Vorläufer u.a. Hippokrates, Paracelsus, Goethe und den französischen Mediziner und Physiologen Claude Bernard an. Bspw. besteht für Hippokrates ein Lebewesen aus einer Pluralität von Säften und Teilen, die in einem harmonischen und sympathischen Verhältnis zueinander stehen. Dieses Verhältnis ist in seinem Gleichgewicht ständig gefährdet (Toepfer 2011, Bd. 2, 794). Oder Claude Bernard, der bereits 1865 das Konzept der Homöostase und des inneren Milieus beschrieb. Hier sind die (inneren) Flüssigkeiten eines Organismus und das Gleichgewicht dieser untereinander wesentlich für das Überleben.

Bereits in der frühen Antike findet man die Begriffe des Ganzen und der Ordnung (Toepfer 2011, Bd. 2, 788). So steht bereits bei Platon:

„Aber dieses, glaube ich, wirst du doch auch behaupten, daß eine Rede wie ein lebendes Wesen müsse gebaut sein und ihren eigentümlichen Körper haben, so daß sie weder ohne Kopf ist, noch ohne Fuß, sondern eine Mitte hat und Enden, die gegen einander [ἀλλήλοις] und gegen das Ganze [ὅλω] in einem schicklichen Verhältnis [πρέποντα] gearbeitet sind.“ (Platon, Phaidros, 264c)

Und Aristoteles, der als Gründungsvater des Vitalismus gilt, beschreibt den Aufbau eines Lebewesen folgendermaßen:

„Man hat aber anzunehmen, daß das Lebewesen gleichsam wie eine recht gut regierte Stadt eingerichtet ist. Denn auf der einen Seite bedarf man, wenn in der Stadt einmal die Ordnung hergestellt ist, in keiner Weise (mehr) eines besonderen Alleinherrschers, der bei jedem einzelnen Geschehnis zugegen sein muss, sondern jeder einzelne (Bürger) erfüllt seine Aufgaben, wie es angeordnet worden ist [...]; auf der anderen Seite geschieht in den Lebewesen genau dasselbe durch die Natur.“ (Aristoteles, *Peri zôôn kinêseôs*, 703 a-b)

Der Begriff des Organismus findet sich in den biologischen Texten bereits seit dem 17. Jahrhundert. Georg Ernst Stahl ist 1684 der Erste, der den Begriff in biologischen Zusammenhängen verwendet, und bereits bei Pierre Gassendi taucht der Begriff der Organisation als eines Prinzips der Seele auf (Toepfer 2011, Bd. 2, 778). Ebenso versteht schon Kant Lebewesen als sich selbst organisierende Systeme (Kant *KdU*, A288; B292). Der Begriff des Organizismus schließlich wurde von W. E. Ritter im Jahre 1919 geprägt (Mayr 2000, 40).

Seine eigene Leistung stellt Bertalanffy ausdrücklich selber heraus: Die organismische Auffassung sei zuerst von ihm „[...] konsequent als biologische Arbeitshypothese [...]“ und als theoretische Grundlage einer biologischen Wissenschaft formuliert worden (Bertalanffy 1949, 170).

„Die organismische Auffassung ist nicht ein Kompromiß oder Mittelweg zwischen Mechanismus und Vitalismus. Wie wir gesehen, war die analytisch-summative und maschinentheoretische Auffassung die gemeinsame Grundlage beider klassischer Auffassungen; Organisation und Ganzheit als den organischen Systemen immanente und naturwissenschaftlich erforschbare Ordnungsprinzipien beinhalten eine grundsätzlich neue Einstellung.“ (Bertalanffy 1949, 32)

Und tatsächlich findet man ein Wissenschaftsprogramm, das durch alle drei benannten Merkmale – der Ganzheit und Organisation, der dynamischen Ordnung und der Aktivität – gemeinsam charakterisiert ist, erst in der Formulierung der organismischen Auffassung bei Bertalanffy. Erste Ansätze hierzu sind bereits in seiner Arbeit *Zur Theorie der organischen ‚Gestalt‘* (1926) zu finden. Die *Kritische Theorie der Formbildung* (1928) ist wohl sein bekanntestes frühes Werk, hier wird die organismische Konzeption für das zentrale Problem der Keimesentwicklung dargestellt. In systematischer Hinsicht strukturierter und umfassender ausgearbeitet findet die organismische Auffassung mit dem Band *Das biologische Weltbild* (1949) schließlich einen breiten Leserkreis.

Die Bedeutung der organismischen Auffassung besteht daher in forschungspragmatischer und wissenschaftstheoretischer Hinsicht: Mit der organismischen

Auffassung wird ein Forschungsprogramm formuliert, welches die Gesetze der Ordnung organischer Vorgänge ergründen will und damit die eigentlichen Lebensphänomene einer naturwissenschaftlichen Erforschung überhaupt erst zugänglich macht. Es ist der Begriff des Organismus, der, als Grundlagenbegriff der organismischen Auffassung, die Integration der bisher unzusammenhängenden, „atomistischen“ Erkenntnisse und Anschauungen auf dem Gebiet der biologischen Wissenschaften gewährleisten soll. Allein dieser würde das „[...] einheitliche Prinzip für die Errichtung einer theoretischen Biologie [...]“ darstellen (Bertalanffy 1932, 120ff.). Die organismische Auffassung entfaltet in der Biologie eigenes Forschungsprogramm, das schließlich auch ihre Autonomie begründen soll.

3 Der Organismusbegriff als Grundlagenbegriff in der Biologie

Ich möchte mich im Folgenden etwas genauer dem für die biologischen Wissenschaften wichtigen Begriff des Organismus zuwenden. Bertalanffy sieht in diesem einen Grundlagenbegriff der Biologie und damit eine Voraussetzung für eine eigenständige biologische Theoriebildung. Allein der Organismus und nicht irgendeine „lebendige Substanz“ oder eine additive Verbindung physikalisch-chemischer Prozesse und Elemente muss als Träger des Lebens angesehen werden (Bertalanffy 1928, 67):

„Die Erscheinung ‚Leben‘ tritt uns ausschließlich an Organismen entgegen. Wir kennen das Phänomen des Lebens nur an wohlindividualisierten, mit einer bestimmten Gestalt begabten, mehr oder weniger kompliziert aufgebauten Naturkörpern, die wir als ‚Organismen‘ bezeichnen und die freilich untereinander außerordentlich verschieden sind: Schleimpilz, Amöbe, Eichbaum, Fisch, Mensch.“ (Bertalanffy 1928, 67)

Und nur der Organismus ist es, welcher der biologischen Forschung als ein Gegenstand in seiner phänomenalen und funktionalen Gesamtheit gegeben ist. Überblickt man die Geschichte der biologischen Wissenschaften, so ist unübersehbar, dass der Organismusbegriff als Grundlagenbegriff dienen kann. Dies gilt bis in die heutige Zeit, in der nach wie vor Theoretiker den Organismus als elementare Einheit des Lebens ansehen (Laubichler 2005, Stotz 2005).

Viele Definitionen des Organismusbegriffes sind in der Geschichte der Wissenschaften bereits gegeben worden. Was unterscheidet nun die systemtheoreti-

sche Organismuskonzeption von anderen Definitionen? Bertalanffy sieht zwei allgemeine Probleme in den bisherigen Definitionsversuchen. Eine mögliche Strategie kritisiert Bertalanffy als Scheindefinition (Bertalanffy 1949, 124). Indem versteckt das zu Definierende (Definiendum) bereits im Definiens vorausgesetzt wird, gerät die Definition in einen logischen Zirkel, einen *circulus vitiosus*. Demnach ist es nicht ausreichend, definiert man einen Organismus bspw. als „living agent“ (Wilson 2005, in: Toepfer 2011, Bd. 2, 789). Die zweite Möglichkeit der Definition, die sich in der Geschichte findet, versucht den Organismusbegriff durch Aufzählung seiner wichtigsten Merkmale zu bestimmen. Bspw. führt Roux die verschiedenen Formen von Selbsttätigkeiten eines Organismus, die „Autoergasien“, als definierende Merkmale an. Zu diesen gehören: Selbstveränderung, Selbstausscheidung, Selbstwiederbildung, Selbstwachstum, Selbstbewegung, Selbstteilung, Vererbung und Selbstregulation (Roux 1915). Ebenfalls findet sich eine oft in Schulbüchern verwendete Definition, in der ein Organismus über die Eigenschaften des Stoffwechsels, der Regeneration, des Wachstums, der Entwicklung, der Vermehrung und der Reizbarkeit definiert wird (ABC Biologie 1967, 604, in: Toepfer 2011, Bd. 2, 789).

Die „Realdefinition“ eines Begriffs, mit dem ein wissenschaftliches System begründet werden soll, müsse – erstens – eine eindeutige Abgrenzung des Begriffs gegenüber anderen Begriffen leisten und dürfe – zweitens – keinen Zirkelschluss beinhalten. Zudem müsse sie – drittens – den Organismusbegriff so spezifizieren, dass er als Grundlagenbegriff der biologischen Theoriebildung dienen kann. Die Definition eines Begriffes sollte es ermöglichen, so Bertalanffy, aus dieser die Einzelercheinungen und ihre Gesetzmäßigkeiten deduzieren zu können (Bertalanffy 1949, 124).

Bezogen auf die organisatorische Einheit des Organismus formuliert nun Bertalanffy als erstes programmatisch mit Aristoteles: „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ (Bertalanffy 1928, 69). Dieses „mehr“ müsse jedoch – entgegen einem vitalistischen Entelechieverständnis – einer wissenschaftlichen Untersuchung zugänglich sein. Bertalanffy fasst die Ganzheit daher als System und den Organismus als ein spezifisch organisiertes System. In seinem Werk der *Theoretische(n) Biologie* definiert er:

„Ein lebender Organismus ist ein in hierarchischer Ordnung organisiertes System von einer großen Anzahl verschiedener Teile, in welchem eine große Anzahl von Prozessen so geordnet ist, dass durch deren stete gegenseitige Beziehung innerhalb weiter Grenzen bei stetem Wechsel der das System aufbauenden Stoffe und Energien selbst wie auch bei durch äußere Einflüsse bedingten Störungen das System in dem ihm eigenen Zustand gewahrt bleibt oder hergestellt wird oder diese Prozesse zur Erzeugung ähnlicher Systeme führen.“ (Bertalanffy 1932, 83)

Drei wesentliche Charakteristika zeichnen demnach den Organismus aus. Erstens seine hierarchische Organisation oder Ordnung, also sein Aufbau von der Zelle über Organe bis hin zum Gesamtorganismus. Die Teile und Teilprozesse des Organismus bzw. des organischen Systems stehen in wechselseitiger Abhängigkeit (Interdependenz). Zweitens die Fähigkeit zu Veränderung und Bestand innerhalb der Zeit; man könnte hier von einer dynamischen Ordnung sprechen. Diese beiden Aspekte sind bereits als Merkmale der organismischen Auffassung bekannt. Das dritte Merkmal findet sich an anderer Stelle noch deutlicher. Hier formuliert Bertalanffy, dass die Systemprozesse zur Erzeugung ähnlicher Systeme führen, was bedeutet: Organismen haben eine Geschichte.

„Die organischen Wesen kennzeichnen sich durch drei Momente: durch Organisation, Geschehen und Geschichte. >Leben< finden wir [...] nicht als eine Kraft oder Energie, die, wie Elektrizität, Schwerkraft, Wärme usf., beliebigen Naturkörpern zukommt oder erteilt werden kann; es ist vielmehr gebunden an Systeme mit eigenartiger Organisation. Nicht weniger eigenartig ist in diesen das Geschehen, die Geordnetheit der Vorgänge. Und endlich stammt jedes Wesen von seinesgleichen und trägt Züge der früheren Geschichte nicht nur seiner individuellen Existenz, sondern auch der Geschichte der Generationen, von der es herkommt.“ (Bertalanffy 1949, 107)

Für eine bessere Einschätzung der Leistungen des Begriffs des Organismus als eines Grundlagenbegriffes in der von Bertalanffy vorgegebenen Form sollen im Folgenden diese Merkmale des Organismus genauer betrachtet werden. Verbunden damit ist die Klärung zweier theoretischer Probleme: Erstens das Problem des Behauptens einer Ordnung, also der Organisation eines Organismus, und zweitens das bereits benannte Problem der Entwicklung, also der gerichteten Veränderung des Organismus.

3.1 Organismus und Ordnung

Das erste Kriterium für die Definition des Organismusbegriffes sieht Bertalanffy in einer spezifischen Organisation. Diese besteht auf Grundlage von Wechselbeziehungen, den Interdependenzen, zwischen den hierarchisch und dynamisch geordneten Elementen und Prozessen eines Systems. Diese Elemente und Prozesse bilden keine ungeordneten Ansammlungen, sondern sind miteinander in bestimmter Weise zu einem Ganzen „koordiniert“ (Bertalanffy 1960, 5).

Der Begriff der Wechselwirkung ist bereits seit Mitte des 18. Jahrhunderts ein Merkmal, das den speziellen ontologischen Status von Organismen garantieren soll (Toepfer 2011, Bd. 2, 790ff.). Im Gegensatz zu den linearen, monokausalen Zusammenhängen des Mechanismus sind Wechselwirkungen die Grundlage für plurikausale Zusammenhänge und von Netzwerkkausalität. Kausalität erfasst dabei lediglich eine Richtung des Geschehens und vernachlässigt gleichzeitig stattfindende Wirkungen.

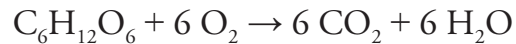
Die Wechselwirkung zweier Entitäten ist demnach die grundlegende Form einer Beziehung. Diese lässt sich wie folgt definieren: Zwei Entitäten stehen in Wechselwirkung, wenn die eine Entität A nicht auf die Entität B wirken kann, ohne zugleich im Verlauf dieser Wirkung sich selbst zu verändern, und zwar in dem Maße, in dem sie an der Entität B eine Veränderung hervorruft, und umgekehrt (Bendmann 1967, 37). Ein einfaches Beispiel wurde bereits beschrieben: der funktionale Zusammenhang von Lunge (Atmung) und Blutkreislauf (Transport). Beide stehen derart in Beziehung, dass die Aufnahmefähigkeit der Lunge und das Transportvolumen des Blutkreislaufes sich wechselseitig bedingen. Wechselwirkungen betreffen alle hierarchischen Ebenen der Organisation eines Organismus, angefangen von Chromosomen über Zellen und Gewebe bis hin zu den Organen; von der Genexpression (Transkription und Translation) über die Speicherung von energiereichen, chemischen Molekülen (ATP) bis hin zu Blutkreislauf und Atmung:

„Im Organismus ist eine Vielheit qualitativ verschiedener Stoffe zu einer Einheit verbunden, welches ‚Ganze‘ allem organischen Geschehen als Substrat zugrunde gelegt werden muß.“ (Bertalanffy 1928, 73)

Hinzu kommt, dass diese Wechselwirkungen nicht nur in struktureller (Herz, Lunge, Blutgefäße), sondern auch in vertikaler Hinsicht (hierarchische Ordnung) bestehen. Es gibt ebenso eine Wechselwirkung zwischen den Elementen und Prozessen verschiedener hierarchischer Ebenen, letztlich bis hin zum Ganzen des Systems. Die gegenwärtigen wissenschaftstheoretischen Arbeiten zur Biologie diskutieren diesen vertikalen, kausalen Zusammenhang als „top-down“- und „bottom-up“-Kausalität (zur Diskussion vgl. Kap. III.2.3.2):

„Die Systemorganisation ist somit die Folge einer komplexen, nichtlinearen Wechselwirkung von absteigenden und aufsteigenden Kausalbeziehungen zwischen Systemganzheit und Teilen des Systems. Die absteigende Wirkung wird auch als ‚Makrodeterminiertheit‘ (top-down-causality), die aufsteigende Wirkungsbeziehung als ‚Mikrodeterminiertheit‘ (bottom-up-causality) bezeichnet.“ (Köchy 1997, 57)

Bertalanffy veranschaulicht das Wirken des organisatorischen Prinzips am Unterschied zwischen toter und lebender Natur. Betrachten wir chemische Prozesse isoliert, ungeachtet ihrer Zusammenhänge in der unbelebten oder belebten Natur, so können diese Prozesse nicht voneinander unterschieden werden. Bspw. lautet eine der grundlegenden chemischen Zusammenhänge für die aerobe Atmung (Zellatmung):



Glucose und Sauerstoff reagieren zu Kohlendioxid und Wasser. Dies gilt in der unbelebten *und* in der belebten Natur. Betrachtet man den Glucose-Abbau eines Organismus, so fällt sofort die enorme Komplexität und Funktionalität ins Auge. In der Glykolyse wird die Glucose in Pyruvat zerlegt. Die frei werdende Energie wird für den sich anschließenden Citratzyklus genutzt, dessen Endprodukte die als Wasserstoffüberträger fungierenden Koenzyme NADH/H⁺ und FADH₂ sind. Die Atmungskette ist nun der letzte Schritt des Glucose-Abbaus. Der Wasserstoff wird an den Sauerstoff abgegeben, wobei die in der exothermen Reaktion frei werdende Energie zur Bildung von ATP (Adenosintriphosphat), dem universellen Energieträger in lebenden Organismen, genutzt wird. Die ATP-Synthese findet an der inneren Membran der Mitochondrien statt. Die für die Bildung von ATP nötigen Wasserstoffprotonen diffundieren aus dem Membranzwischenraum in das Innere der Mitochondrien und passieren dabei den Enzymkomplex der ATP-Synthase. Diese Atmungskette ist in den komplexen Zusammenhang des Energiestoffwechsels eines lebenden Organismus eingebunden, der schließlich die Stabilität und Funktionalität des Gesamtorganismus ermöglicht. Die auf ein Ganzes hin orientierte Organisation der verschiedenen, miteinander koordinierten Lebensprozesse stellt das wichtigste Unterscheidungsmerkmal von Lebensvorgängen gegenüber physikalisch-chemischen Prozessen der unbelebten Natur dar. Entscheidend dabei ist, dass diese Organisation durch „[...] Misshandlung unwiederbringlich zerstört [...]“ (Bertalanffy 1932, 81) wird und nicht – wie eine Maschine – wieder zusammengesetzt werden kann. Die „[...] Zerstörung der Organisation [bedeutet] zugleich die Zerstörung des Lebens [...]“ (Bertalanffy 1932, 81).

Trotz ihrer hohen Komplexität stellt die Organisation des Organismus eine relativ stabile Ordnung dar. Dynamische und hierarchische Elemente und Prozesse stehen derart in Wechselwirkung, dass sie dem Erhalt des Ganzen im Auf- und Abbau seiner Teile sowie im Wechsel der Außenverhältnisse „dienen“. Man spricht deshalb auch von einer zweckmäßigen oder funktionalen Organisation. In der späteren wissenschaftstheoretischen Reflexion der Biologie hat sich hier-

für der Designbegriff eingebürgert. Die Beziehung von Form und Funktion wird jedoch erst durch das Verständnis der Geschichte des Organismus analysierbar (Lauder 1982, 63). Dies wird im Zusammenhang mit dem dritten Merkmal von Organismen, deren Geschichtlichkeit, zu behandeln sein (Kapitel II.3.5).

3.2 Der Organismus als offenes System

Zunächst zum zweiten Merkmal, der dynamischen Ordnung. Die Fähigkeit von Organismen zum Erhalt ihrer Ordnung im Wandel stellt für Bertalanffy ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal zwischen der belebten und der unbelebten Natur dar. Zu erinnern ist u.a. an die Fähigkeit von Organismen zu Regulation und Regeneration als den Lebensphänomenen, denen sich die biologische Wissenschaft vorrangig zuzuwenden hat (Driesch 1921). Dieses Problem der Ordnung eines Organismus bzw. des Behauptens dieser Ordnung lässt sich in zwei Teilprobleme gliedern: Zum einen ist zu fragen, wie das Bestehen einer organischen Struktur über die Zeit hinweg mit dem Entropiesatz, dem Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, vereinbar ist. Es gilt also, eine Physik für biologische Systeme zu entwickeln. Die Lebensphänomene sind zwar mit physikalisch-chemischen Gesetzen allein nicht zu erklären, doch sollte kein elementarer Widerspruch zwischen den Gesetzen der Physik und der Biologie bestehen. Leben muss auch nach den Gesetzen der Physik möglich sein. Zweitens ist zu klären, wie sich die Ordnung eines Organismus – seine Identität – im Auf- und Abbau der Teile eines Gesamtorganismus behaupten und erhalten lässt.

Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass Energie in einem geschlossenen System nur in Richtung eines Zustandes geringerer verfügbarer Energie umgewandelt werden kann. Entropie ist dann die Zustandsgröße, welche die Menge an nicht verfügbarer Energie beschreibt. Für geschlossene Systeme, die von der Energiezufuhr abgeschlossen sind, bedeutet dies, dass sie einem Zustand thermodynamischen Gleichgewichts mit maximaler Entropie und minimaler freier Energie zustreben (vgl. Kap. III.2.3.3). Ein einfaches Beispiel ist das Schmelzen von Eis. Der zweite Hauptsatz lässt sich auch mit einem anderen Experiment anschaulich demonstrieren: In einem Gefäß sind zwei verschieden gefärbte Flüssigkeiten, rot und grün, durch eine Scheidewand getrennt. Nimmt man die Scheidewand heraus, so bleibt diese Ordnung nicht erhalten. Es findet eine Vermischung beider Flüssigkeiten statt, bis ein Zustand maximaler Unordnung (Entropie) erreicht ist. Die Flüssigkeit weist dann nur noch eine braune Farbe auf. Das System befindet sich im Gleichgewicht.

Analog gilt dies auch für chemische Gleichgewichte. Bspw. wandeln sich Proteine (unter Mitwirkung entsprechender Enzyme) in Aminosäuren um. Der Zustand des chemischen Gleichgewichts besteht im vollständigen Abbau der Proteine in die Aminosäuren, wie es bei einem toten Lebewesen auch tatsächlich so geschieht. Der Leichnam zerfällt.

Demnach müssten auch Organismen eine Entwicklung in Richtung des thermodynamischen Gleichgewichts und der Maximierung der Entropie aufweisen, was schließlich bald zum Stillstand aller zellulären Prozesse führen würde (Voigt 2001, 39). Ganz im Gegenteil jedoch ist in lebenden Systemen keine Zunahme der Entropie zu beobachten. Solange der Organismus am Leben ist, erhält er sich annähernd konstant in einem Zustand, der sich weit entfernt von dem des thermodynamischen Gleichgewichts befindet. Dieser gleichgewichtsferne Zustand lässt sich aber nur durch kontinuierlichen Import und Export von Stoffen und Energie aufrechterhalten. Von einem physikalischen Standpunkt aus sind Organismen demnach notwendigerweise offene Systeme:

“From the physical point of view, the characteristic state of the living organism is that of an open system.” (Bertalanffy 1950a, 23)

Das bedeutet nicht, dass der zweite Hauptsatz der Thermodynamik für die lebende Natur seine Gültigkeit verlieren würde. Dieser sei jedoch begrenzt auf geschlossene Systeme, bei denen kein Austausch stattfinden könne. Die Thermodynamik als eine Theorie von geschlossenen Systemen sei ein Spezialfall und müsse durch eine Physik offener Systeme erweitert werden.

Das zweite Teilproblem fragt nach dem Erhalt der Ordnung im Auf- und Abbau der Teile eines Gesamtorganismus. Das Verständnis des Organismus als ein offenes System stellt hierfür die Erklärungsgrundlage dar. Um die Stabilität bzw. die Ordnung eines Organismus zu erhalten, bedarf es Energie. Er steht hierfür mit seiner Umwelt in einem ständigen stofflichen Austauschprozess. In diesem Austausch tendiert das System zu einem stabilen Zustand von Input- und Output-Prozessen, einem Fließgleichgewicht (eine detailliertere Beschreibung nehme ich im Kapitel III.2.2.2 vor). Energiereiche Stoffe werden aufgenommen und den systemerhaltenden Prozessen zugeführt, energiearme Stoffe werden als Abfallprozesse wieder abgeführt. Die Stabilität und Identität eines Organismus wird über einen steten Aufbau der Organisation gewährleistet, welcher der Tendenz zu Abbau und Verfall entgegenwirkt. Die organisatorische Einheit und Identität eines Systems in der Zeit können auf Grund dieser Eigenschaft gewahrt werden (Bertalanffy 1937, 61). Ein stationärer Zustand von Auf- und Abbauprozessen in einem Fließgleichgewicht kann vom Organismus jedoch

nie wirklich und nie dauerhaft erreicht werden. Bertalanffy spricht deshalb von einem quasi-stationären Zustand. Für den Organismus bedeutet dies Entwicklung, Wachstum, Altern und Tod (Bertalanffy 1953, 24).

3.3 Organismus und Entwicklung

Der Erhalt einer hierarchischen Ordnung im Auf- und Abbau seiner Teile stellt ein zentrales Merkmal des Lebendigen dar. Damit lässt sich ebenfalls die Fähigkeit zu Entwicklung (Ontogenese) als eines der wichtigen Kriterien für das Lebensproblem ableiten. Bei Bertalanffy wird das Problem der Keimesentwicklung zum Hauptschauplatz des Streits um Mechanismus und Vitalismus, und noch bis in die Gegenwart hinein stellt die Ontogenese den Kern biologischer Forschung dar:

“Developmental biology is at the core of all biology. It deals with the process by which the genes in the fertilized egg control cell behavior in the embryo and so determine its pattern, its form, and much of its behavior.” (Wolpert et al. 1998, vi)

Die Biologie konzentriert sich besonders auf die Embryonalentwicklung, eine Phase der Entwicklung, in der es zu einem wesentlichen Wandel der Gestalt bzw. Form des Keimes kommt. Die Embryonalentwicklung wird in der modernen Forschung durch eine Abfolge von Prozessen bestimmt: Als Erstes findet die Befruchtung eines bereits strukturierten Eies (obere und untere Region sowie animaler und vegetativer Pol) durch ein Spermium statt. Es folgt die Fusion der beiden Zellkerne (Nuklei), bei der das genetische Material zusammengeführt wird. Danach beginnt die Furchung des befruchteten Eies durch wiederholte mitotische Teilung der Zellen. In der folgenden Blastulation wird ein Hohlraum gebildet, so dass es in der Gastrulation zur Einstülpung und Ausbildung der Keimblätter kommen kann. Durch Interaktion und Neuordnung von Zellgruppen werden schließlich die Organanlagen und Gewebe gebildet (Organogenese). Entsprechend dem taxonomischen Stamm können die Entwicklungsstadien noch die Neurulation (die Abfaltung des Neuralrohrs) umfassen. Diese unterschiedlichen Stadien der Embryonalentwicklung beinhalten Schlüsselprozesse wie Musterbildung (bspw. die Ausbildung der Körperachse), Morphogenese (die durch Bewegung und Migration von Zellen oder Zellaggregaten hervorgerufene Veränderung der Form), Zelldifferenzierung (diese führt zu einer

Spezialisierung und Ausbildung der verschiedenen Zelltypen) und Wachstum (Veränderung der Größe) (Love 2006, 576).

Bertalanffy beschäftigt sich in der *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928) mit den verschiedenen, theoretisch möglichen Ansätzen, welche die Embryonalentwicklung zu erklären versuchen. Dabei verfolgt er einen systematisch-reflexiven Ansatz. Die verschiedenen Theorien werden – entsprechend dreier Kriterien – geordnet, so dass drei Disjunktionen, d.h. einander ausschließende Aussagen bzw. Theorien entstehen (Bertalanffy 1928, 215ff.; 1949, 62ff.):

- 1) Präformation oder Epigenese
- 2) Ganzheit als dem Organismus immanenter oder hinzutretender Faktor
- 3) Erklärbarkeit der Ganzheit des Organismus über physikalisch-chemische Gesetze oder nur über spezifisch organische Gesetze

Bertalanffy ordnet diesem abstrakten Raster verschiedene konkrete Ansätze zu – bspw. die „Maschinentheorien“ von August Weismann und Wilhelm Roux, die chemische Formbildungstheorie von Richard Goldschmidt, den vitalistischen Ansatz von Hans Driesch oder die „ganzheitlichen“ Ansätze von Oscar Hertwig, Hans Przibram, Julius Schaxel und Paul Weiss – und prüft deren Argumente für oder gegen die jeweiligen, disjunkten Positionen.

Bereits dargestellt wurde, dass für Bertalanffy die „Ganzheit“ einem Organismus, als seine Organisation und Ordnung, immanent ist (Punkt 2). Diese Position steht der vitalistischen Konzeption entgegen, die eine (zusätzliche) metaphysische Lebenskraft als ganzheitserhaltenden Faktor annimmt. Gegen den Mechanismus vertritt Bertalanffy die Notwendigkeit von spezifisch organischen Gesetzen für eine Erklärung der Organisation und der hierdurch begründeten neuen (emergenten) Eigenschaften (Punkt 3). Mit dem Begriff der Emergenz werden – allgemein gesprochen – Eigenschaften bezeichnet, die von einer grundlegenden Erklärungsebene, in diesem Fall einer physikalisch-chemischen, nicht hinreichend erfasst werden können.

Die erste Disjunktion (Punkt 1) betrifft die bereits erwähnte Alternative von Entwicklung als Präformation oder Epigenese. Ist die Mannigfaltigkeit bzw. Komplexität des fertigen Organismus bereits vorgebildet oder wird diese im Verlauf der Entwicklung erst erzeugt? Die Positionen sind einer mechanistischen bzw. vitalistischen Auffassung zuzuordnen. In Auseinandersetzung mit der mechanistischen Tradition – hier besonders August Weismann (1892), einem der „Wegbereiter der Genetik“ (Löther 1990) – führte Bertalanffy gegen einen präformistischen Ansatz der „Determinanten“ (den Anlagen im Kern einer Zygote) die durch Driesch bekannten Regulationserscheinungen an. Hans Driesch

zeigte, dass die Leistung einer Zelle nicht im Voraus determiniert, sondern von ihrer Lage im Gesamtsystem abhängig ist – eine durchaus epigenetische Position. Zusätzlich bewies Hans Spemann (1924) in Kritik an den präformistischen Ansätzen, dass die Determination von der Keimzelle zum fertigen Organismus ein fortschreitender Prozess und keine Entfaltung bereits vorhandener Anlagen darstellte. Bertalanffy versucht nun die Stärken beider Positionen zu vermitteln und resümiert:

„Die Entwicklung beruht daher nicht auf einer Aufteilung vorgebildeter Anlagen, sondern die einzelnen Keimteile werden im Zusammenhang des Ganzen und fortschreitend auf eine bestimmte Entwicklungsrichtung festgelegt. Im Prinzip ist daher die Entwicklung Epigenese, wenngleich ihr präformistische Züge nicht fehlen [...].“
(Bertalanffy 1949, 64)

Die reflexive Beurteilung der wissenschaftlichen Ansätze zur Embryonalentwicklung beschließt Bertalanffy mit zehn Grundgesetzen der Formbildung (Bertalanffy 1928, 208ff.). Auch hier erweist sich die Formbildung als ein zentrales Merkmal des Lebens. Kritisch ist einzuwenden, dass auch diese Gesetze keine ausreichende Erklärung des Entwicklungsgeschehens bieten. So spielen die Prozesse des Wachstums, der Hormonwirkung, funktionale Zusammenhänge sowie das genetische Potential keine Rolle (Mocek 1998, 391). Dennoch stellen sie einen theoretischen Rahmen bereit, innerhalb dessen weitere Forschung sich bewegen muss. Die zehn Grundgesetze lauten:

- „1. Die Entwicklung vom Keim zum fertigen Organismus ist im wesentlichen durch im Keim selbst gelegene Ursachen bestimmt. [...]
2. Die Entwicklung stellt eine Aufspaltung von im Laufe der Phylogenie aufgesammelten ‚Anlagen‘ dar. [...]
3. Die Entwicklung bedeutet eine Erhöhung sichtbarer Mannigfaltigkeit. [...]
4. Die Determination der Keimteile zur Hervorbringung eines bestimmten Teiles des Organismus geht fortschreitend vor sich. [...]
5. Die Determination der Keimteile geht im Hinblick auf das Ganze vor sich, was aus den einzelnen noch undeterminierten Keimteilen wird, ist eine Funktion ihrer Lage im Ganzen. [...]
6. Einmal determiniert, verläuft die Entwicklung auf der einmal eingeschlagenen Bahn; gleichgültig, ob das Ergebnis nun zur Erhaltung des Lebens fördernd – ‚zweckmäßig‘ – ist oder nicht. Eine Regulation nach einmal erfolgter Determination ist unmöglich. [...]
7. Die Organogenese bedeutet Schaffung von hochdifferenzierter Form aus chemisch nicht differentem Material. [...]

8. Trotz der Differenzierung bewahren zahlreiche Zellgruppen eine oft erstaunliche Pluripotenz. [...]
9. Der Organismus hat eine Tendenz zur Erhaltung der ihm eigenen Form im Wechsel der Außenweltverhältnisse. [...]
10. Die organische Form wird innerhalb der Grenzen, welche durch die Determination (4,6,8) gezogen sind, wiederhergestellt.“ (Bertalanffy 1928, 209ff.)

Es wird deutlich, wie sehr Bertalanffy, trotz seiner Kritik am Vorgehen von Mechanismus und Vitalismus, viele ihrer Positionen kritisch eingearbeitet hat (im Folgenden: Mocek 1998, 390f.). Der erste Punkt entspricht ganz der Konzeption von Roux. Auch in den Punkten 2 bis 4 sind Elemente von Roux enthalten. Punkt 3 entspricht bspw. seiner Definition der Neoepigenesis. Die Punkte 5 und 7 kommen von Driesch. Kritisch ist anzumerken, dass die Punkte 8 und 10 Erfahrungstatsachen sind, aber keine Gesetze darstellen. Auch Punkt 9, die Tendenz des Organismus zu seinem Erhalt, ist eher die Konstatierung eines Sachverhalts als eine Erklärung.

Dies zeigt jedoch, dass die organismische Position nicht den mechanistischen und vitalistischen Positionen schlicht entgegengestellt wird, sondern aus den Stärken der beiden Ansätze erwächst. Man mag in dieser Haltung die künftigen Ambivalenzen bei Bertalanffy bereits begründet sehen. Andererseits zeugt gerade die Arbeit zur Theorie der Formbildung von einer kritisch-objektiven Haltung, die sich nicht einfach einer Seite des theoretischen Diskurses zuordnen lassen will. Festzustellen ist weiterhin, dass die Entwicklungsgesetze die allgemeinen Merkmale des Organismus (Organisation, Geschehen, Geschichte) nicht nur widerspiegeln, sondern deren entwicklungstheoretische Formulierung darstellen. Bertalanffy hält fest, dass die Entwicklungsgesetze aus dem Begriff des Organismus deduziert werden könnten (Bertalanffy 1928, 213) und stellt entsprechend drei übergreifende Merkmale einer Theorie der Formbildung heraus: (1) die materiale Struktur bzw. Organisation, die ebenfalls physikalische und chemische Prinzipien zu berücksichtigen hat, (2) ein „gestaltliches“ Prinzip (hierzu zählen u.a. Differenzierung, Individualisierung und Wachstum) und (3) das Prinzip der „historischen Akkumulation“, das heißt der Ausbildung von Anlagen.

3.3.1 Das Problem der Finalität

Neben dem Problem des Entstehens von Mannigfaltigem bzw. komplexer Organisation (Epigenese/Präformation) versucht Bertalanffy ein weiteres traditionelles Problem zu lösen: das Problem der Zielgerichtetheit von dynamischen

Prozessen. Aus anfangs undifferenziertem Zellmaterial entwickelt sich immer ein Individuum entsprechend seiner Abstammung. Der Organismus entwickelt sich nicht irgendwie. Auch eine andere Form könnte zweckmäßig sein und den Ansprüchen an Funktionalität genügen. Mit anderen Worten: Warum entsteht aus der Vereinigung zweier Tiere einer Art nicht irgendein Fabelwesen, sondern wiederum ein Tier dieser Art, nicht dasselbe zwar, jedoch auch nicht etwas völlig anderes?

Ein Organismus muss in erster Linie als eine „teleologische Einheit“ (Bertalanffy 1928, 83) angesehen werden. Wie gezeigt, kann Entwicklung nicht mechanistisch über die Summe der kausalen Prozesse erklärt werden. Auch soll kein neues metaphysisches Element als „gestaltliches Prinzip“ etabliert werden. In Abgrenzung zu vitalistischen Prinzipien vertritt Bertalanffy einen Teleologiebegriff, den er von metaphysischen Voraussetzungen zu befreien sucht.

Auch hier greift Bertalanffy auf die Charakterisierung von Organismen als offene Systeme und deren dynamische Ordnung zurück. Auf den ontogenetischen Entwicklungsbegriff – also die Dynamiken von Keimesentwicklung und Formbildung – bezogen, müssen entsprechende organisatorische Prinzipien im Determinationsprozess gefunden werden, welche die Zielgerichtetheit der Prozesse erklären können. Bertalanffy fasst diesen Ansatz unter dem Begriff des „methodologischen Finalismus“, einem metaphysikfreien und wissenschaftlichen Teleologiebegriff, zusammen (Bertalanffy 1928, 83). Eines der Grundprinzipien zielorientierter Prozesse tauchte bereits bei Driesch auf. Der Begriff der Äquifinalität wurde hier eingeführt, um das regulative Verhalten des im Experiment halbierten Keims zu erklären. Auch Bertalanffy greift auf den Begriff der Äquifinalität als ein Entwicklungsprozesse erklärendes Prinzip zurück, bereinigt diesen jedoch von seinen vitalistischen Implikationen.

Unter Äquifinalität versteht Bertalanffy die regulative oder zielgerichtete Dynamik offener Systeme (bspw. von Organismen), den Zustand eines Fließgleichgewichts – einen quasi-stationären Zustand – anzustreben. Da das Fließgleichgewicht in offenen Systemen nicht durch seine Anfangsbedingungen, sondern ausschließlich durch (die Organisation des Systems bestimmende) Systemparameter und Transportvorgänge (Stoffaustausch) determiniert ist, kann der quasi-stationäre Zustand von jedem beliebigen Ausgangspunkt erreicht werden.

Betrachtet man bspw. die chemische Reaktion von Kohlenstoff (C) mit Kohlendioxid (CO₂) zu Kohlenmonoxid (CO), so ist festzustellen, dass nicht nur die Hinreaktion, sondern auch eine Rückreaktion (der Zerfall von Kohlenmonoxid) stattfindet:



Angenommen, man vermischt C und CO₂ in einem Behälter – stellt also ein weitestgehend geschlossenes System her – und misst über einen bestimmten Zeitraum die Konzentration der drei Stoffe, so nimmt die Konzentration der Ausgangsstoffe ab und die Reaktionsgeschwindigkeit der Hinreaktion verlangsamt sich. Gleichzeitig nimmt die Konzentration des Endprodukts zu und die Geschwindigkeit der Rückreaktion erhöht sich. Im geschlossenen System stellt sich dann ein chemisches Gleichgewicht ein (Riedel 1990, 137ff.). Dieses Gleichgewicht kann ganz auf der Seite der Endprodukte liegen, wie in der Reaktion von Sauerstoff und Wasserstoff zu Wasser. Im Gleichgewichtszustand ist dann nur Wasser vorhanden. In jedem Fall ist jedoch die Konzentration der Endprodukte im Gleichgewichtszustand von der Konzentration der Ausgangsstoffe abhängig. In offenen Systemen ist dies nicht der Fall. Welche Konzentration an Stoffen auch immer zu Beginn ein System ausmacht, der Zufluss von Ausgangsstoffen und der Abfluss von Endprodukten stehen in wechselseitiger Abhängigkeit, wie bei einem Wasserbehälter mit einem Loch im Boden. Fließt viel Wasser in den Behälter, dann erhöht sich der Druck am Boden, und es fließt mehr Wasser ab. Ist eine bestimmte Menge abgeflossen, dann hat sich der Druck verringert, und es fließt weniger Wasser ab. Ausgehend von einer beliebigen Ausgangsposition stellt sich so ein Fließgleichgewicht ein. In der Biologie finden sich überall Beispiele für äquifinale Prozesse. Oft ist es die gegenseitige Abhängigkeit von Auf- und Abbauprozessen, welche die Zielgerichtetheit der Dynamik bedingen. Ein beeindruckendes Beispiel sind die Regenerationsprozesse, die nach Störung eines Gleichgewichtszustandes auftreten. Bekannt ist sicherlich das Verhalten des Süßwasserpolypen, dessen beliebig zerschnittene Teile sich immer wieder in übereinstimmender Weise regenerieren können. Äquifinalität ist aber nur ein mögliches Prinzip der Erklärung der zielgerichteten Dynamik von Organismen. Es ist die erklärte Aufgabe des organismischen Forschungsprogramms, weitere derartige Regulationsprinzipien aufzudecken.

Das *Telos* (Ziel) des Entwicklungsgeschehens ist somit kein zeitlich späterer und damit rückwirkender, ursächlicher Faktor, wie es ein aristotelisches Teleologieverständnis nahelegt. Ein zukünftiger Zustand kann im naturwissenschaftlichen Kontext nicht als Ursache einer gegenwärtigen Reaktion angesehen werden. Wir müssten sonst eine rückwirkende Kausalität (*backwards causation*) annehmen oder ein anthropomorphes Verständnis von Kausalität akzeptieren, bei dem die sich entwickelnde Eizelle bereits über eine Vorstellung vom fertigen Organismus verfügen muss. Dem Vorbild menschlicher Handlungen entsprechend, würde dann deren kreative Zielgerichtetheit einfach auf natürliche Prozesse übertragen werden. Bertalanffy spricht hier von einem „anthropomorphistischen Finalitätsbegriff“, den er als vitalistische Position zurückweist. Kritisiert

wird die Übertragung einer handlungstheoretisch relevanten Final- bzw. Zweckursache (*causa finalis*) auf naturwissenschaftliche Prozesse als eine falsche Analogie. Ein solches Teleologieverständnis sei der empirischen Überprüfung nicht zugänglich und entspreche nicht den Kriterien eines naturwissenschaftlichen Erklärungsanspruchs.

Entgegen dem anthropomorphen Teleologieverständnis, entwickelt Bertalanffy einen Teleologiebegriff, der durch das Verständnis von Organismen als offene Systeme und Entwicklung als äquifinales Geschehen bestimmt ist. In diesem Sinn eines wissenschaftlich begründeten Verständnisses von Teleologie lässt sich im Anschluss an den Biologen Colin Pittendrigh auch von Teleonomie (Pittendrigh 1958, 394) sprechen. Pittendrigh führt diesen Begriff in seinem Artikel *Adaptation, Natural Selection, and Behavior* ein und versteht allgemein darunter das Erreichen eines bestimmten (nicht beliebigen) Endzustandes auf Grundlage gesetzlicher Vorgänge. Man muss sich dann nicht auf die von Ernst Mayr bevorzugte Interpretation, bei der die Zielgerichtetheit auf das Wirken eines genetischen Programms zurückgeht (Mayr 2000, 416), einschränken (Koutroufinis 2007, 118).

3.3.2 Die Rolle von Genen

In seinem Werk *Das biologische Weltbild* (1949) wendet sich Bertalanffy der noch jungen Genetik zu. Ihn begeistert der naturwissenschaftliche Anspruch und die Erfolge genetischer Forschung, besonders deren erklärende Kraft in Fragen der Vererbung:

„In der modernen Genetik stehen wir auf jenem Feld der Biologie, das von keinem anderen übertroffen wird in der Feinheit der Analyse, der Synthese zunächst unabhängiger Forschungswege, der Exaktheit der Gesetzmäßigkeiten und Voraussagen und den weitgehenden praktischen Auswirkungen. In der Tat: die Erkenntnisse über das Substrat der Vererbung stehen nicht unwürdig neben den tiefen Einblicken, die uns die moderne Physik in die Letztbestandteile der Materie, den Bau und die Organisation der Atome eröffnete.“ (Bertalanffy 1949, 73f.)

Dennoch reklamiert er, neben den experimentell erzielten Fortschritten, eine theoretische Reflexion der Ergebnisse. Als ein Beispiel für die Bedeutung reflexiver Theoriebildung führt Bertalanffy die Mendelschen Gesetze an. Mendels Leistung bestand nicht nur in seinen sorgfältigen Experimenten, sondern auch

in einer neuartigen theoretischen Konzeption. So brach er mit der damaligen Vorstellung, dass bei Kreuzungen eine simple Vermischung des väterlichen und mütterlichen Erbguts vonstattengeht. Stattdessen ging er von unterscheidbaren Merkmalen aus, die auch durch die Generationen hindurch unvermischt erhalten bleiben. Dies war eine Voraussetzung für die Anwendung kombinatorischer Verfahren und der Formulierung von Gesetzen für die Verteilung der Merkmale. Für Bertalanffy zeigt dies, dass Wissenschaft [...]

„[...] eben nicht bloße Anhäufung von Tatsachen [ist]; Kenntnisse werden zu Erkenntnissen erst, wenn sie in ein gedankliches System eingegliedert erscheinen.“ (Bertalanffy 1949, 74)

Insbesondere die Genetik zeigt, dass exakte Gesetzmäßigkeiten in der Biologie möglich sind. Ein reduktiver Ansatz scheint damit auch innerhalb der Biologie erfolgversprechend und die hohe Komplexität des Lebendigen kein Gegenargument mehr für eine strenge wissenschaftliche Methodologie zu sein (Bertalanffy 1949, 74f.).

Doch auf dem Gebiet der Entwicklungsbiologie standen die Erfolge der Genetik noch aus. Die Bedeutung des Gen-Begriffs als eines Grundlagenbegriffs für die Biologie war bei Weitem noch nicht so etabliert wie heutzutage.

„Es ist daher eine grundsätzliche, wenn auch in den Lehrbüchern wenig behandelte Frage, welche Bedeutung dem Begriff des ‚Gens‘ oder der ‚Erbanlage‘ zukommt.“ (Bertalanffy 1949, 77)

Auch im Kontext der Genetik versucht Bertalanffy nun die Relevanz seiner organismischen Auffassung zu erweisen. So besteht das Verhältnis von Genotyp und Phänotyp (dem ausgeprägten Merkmal) nicht im Sinne einer materialen Äquivalenz (Bikonditionalität). Die Phänomene von Polygenie und Kontextsensitivität der Gene weisen auf eine hohe Komplexität und Vielfalt von Wechselwirkungen hin. Demnach können bei der Ausbildung eines Merkmals zwei oder mehr Gene beteiligt sein (Polygenie), ebenso kann ein Gen die Ausbildung mehrerer Merkmale bedingen (Polyphänie) (Bertalanffy 1949, 77f.). Derartige Phänomene werden nur als dynamische Prozesse und durch die relevanten Wechselwirkungen verständlich. Die Prozesse der Merkmalsausprägung sind wesentlich von den Wechselwirkungen der Gene untereinander sowie den Wechselwirkungen von verschiedenen Teilprozessen (Reaktionsketten) und deren unterschiedlichen Geschwindigkeiten abhängig. Für die Theoriebildung ist zu berücksichtigen, dass letztlich der ganze Organismus vom *ganzen* Genom hervorgebracht wird:

„So ist das Genom nicht eine Summe oder ein Mosaik selbständiger und einzeln wirkender Anlagen, sondern ein System, das als Ganzes den fertigen Organismus hervorbringt, wobei dessen Ausgestaltung je nach der Beschaffenheit bestimmter Teile dieses Systems, der sogenannten Gene, verändert erscheint.“ (Bertalanffy 1949, 79)

Bertalanffy behauptet entsprechend eine zukünftig zentrale Rolle seiner organismischen Auffassung für die Genetik:

„Tatsächlich ist eine organismische Vorstellung auch auf dem Gebiete der Vererbung unerlässlich, und zu ihr tendiert die moderne Entwicklung der Genetik. Auch hier ist der Übergang von einer statischen zu einer dynamischen Auffassung notwendig: die Vererbung ist nicht ein Mechanismus, worin Erbanlagen in maschinenartiger Weise mit bestimmten Merkmalen verknüpft sind, sondern ein physiologisches Geschehen, in das die Gene in bestimmter Weise eingreifen.“ (Bertalanffy 1949, 77)

Bertalanffy sollte mit seiner Prognose jedoch nicht recht behalten. Die Tendenz der modernen Genetik war (und ist) für lange Zeit eine andere. Auch wenn man ihr nicht mehr die Annahme einer simplen Verknüpfung von Genotyp und Phänotyp unterstellen kann, so dominiert doch eine mechanistisch-präformistische Auffassung, in welcher die Gene als ein zu entfaltendes Programm verstanden werden. Für den bekannten Biologen Ernst Mayr sind daher die teleonomischen Prozesse des Entwicklungsgeschehens „[...] Vorgänge oder Verhaltensweisen, deren Zielgerichtetheit auf das Wirken eines Programms zurückgeht [...]“ (Mayr 2000, 416). Prägnant formulierte Amanda Tromans:

“Embryonic development is largely a matter of switching on the right genes, in the right place, and at the right time [...]”. (Tromans 2004, 29)

Mit Jason Scott Robert lässt sich gegenwärtig von einem Primat der Gene (genetic primacy) gegenüber anderen Faktoren im Entwicklungsprozess sprechen (Robert 2004). Dementgegen mehren sich in den letzten Jahren Stimmen, welche die Probleme und Fragen, die mit der zentralen theoretischen Stellung des Gen-Begriffs einhergehen, durch eine organismische Konzeption korrigieren wollen. Demnach ist der Organismusbegriff für eine Erklärung des Entwicklungsgeschehens grundlegend (Gilbert & Sarkar 2000, Keller 2000, Laubichler 2000, Richardson 2000), das reduktive Programm der Genetik nicht ausreichend. Bertalanffy stellte dem Primat des Genoms bereits früh seine organismische Auffassung entgegen. Ein Grund, warum Bertalanffy als Theoretiker der Biologie wieder zunehmend Beachtung finden sollte.

„Die Gene sind Ausdruck von kleinen Verschiedenheiten im Großen übereinstimmender Genome, nicht aber Anlagen für die Bildung einzelner Organe. Man kann auch sagen, daß ein Chromosomenort eine sensible, störbare Stelle im Keimgefüge darstelle [...]“ (Bertalanffy 1949, 83)

Es lassen sich hier bereits die Grundlagen auffinden, die später unter dem Label der Developmental Systems Theory (DST) bekannt werden. Man spricht nun bspw. von kausaler Parität, was – entgegen der gegenwärtig bestimmenden Unterscheidung von genetischen und nicht-genetischen Entwicklungsfaktoren – die flexiblere und der Komplexität des Lebendigen angemessenere Differenzierung von verschiedenen Rollen, welche diese Faktoren im Entwicklungsprozess spielen, meint (Stotz 2005, 127). Eine der frühen organismischen Position adäquate Vorstellung.

3.3.3 *Wachstum*

Während der frühe Bertalanffy in der *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928) noch die zehn Gesetze der Formbildung (Bertalanffy, 1928, 208ff.) aufstellt, widmet sich der spätere Bertalanffy besonders der mathematischen Modellierung bestimmter Aspekte von Entwicklungsprozessen, allen voran dem Wachstum. Auch hier macht er deutlich, dass der Organismus als ein Geschehen, als dynamische Ordnung angesehen werden muss. Innerhalb dieses theoretischen Rahmens entwickelt Bertalanffy nun eine Theorie des Wachstums, welche die relevanten Zusammenhänge der mathematischen Sprache zugänglich macht und damit den Kriterien exakter Wissenschaft zu entsprechen sucht.

Am Anfang lässt sich ein typischer Wachstumsverlauf als eine rasche Zunahme an Größe und Gewicht beschreiben. Nach einer gewissen Zeit erreicht diese Tendenz ihren Höhepunkt. Nach Überschreiten des Höhepunktes kehrt sich diese Tendenz um, sie wird rückläufig, bis schließlich keine Zunahme an Größe und Gewicht mehr feststellbar ist. Der Organismus hat seine Endgröße erreicht. Wie ist nun dieser charakteristische Verlauf des Wachstums zu erklären? Nach Bertalanffy beruhen die Wachstumsprozesse auf den immer gleichzeitig stattfindenden Auf- und Abbauprozessen eines Organismus. Überwiegen die Prozesse des Aufbaus des Organismus gegenüber den Prozessen des Abbaus, dann findet Wachstum statt. Kommen beide Prozesse in ein Gleichgewicht und behaupten dies, so spricht Bertalanffy von einem Fließgleichgewicht. Der Zusammenhang lässt sich mathematisch folgendermaßen formulieren:

$$dy / dt = \eta y^n - \kappa y^m$$

Die Veränderung der Körpermasse y ist gleich der Differenz zwischen den Prozessen aufbauender und abbauender Art, η und κ sind Konstanten des Auf- bzw. Abbaus, die für die betreffende Art charakteristisch sind.

Um diesen allgemeinen Zusammenhang für eine Erklärung des Wachstums fruchtbar zu machen, muss zusätzlich die Abhängigkeit der Auf- und Abbauprozesse von der Körpergröße mit in Betracht gezogen werden. Mit Abbauprozessen ist die physiologische Zerstörung von Zellteilen, Zellen und Geweben gemeint. Das bedeutet, dass jede lebende Zelle einer allmählichen Zerstörung unterliegt, welche durch die in ihr wirksamen Enzyme permanent vorangetrieben wird. In quantitativer Hinsicht wird vor allem der Verlust eiweißartiger Bestandteile relevant. Die Abnutzungsquote kann als Eiweiß- oder Stickstoffwechsel gemessen werden. Die Abbauprozesse stehen dabei in Proportion zur Körpermasse.

Dagegen stehen die Aufbauprozesse in Abhängigkeit vom Umfang der Oberfläche. Wenn ein Körper (ohne seine Form zu ändern) wächst, sein Volumen größer wird, so nimmt der Umfang der Oberfläche immer weniger zu. Es besteht ein umgekehrt-proportionales Verhältnis in der Veränderung von Volumen und Oberflächenumfang. Je kleiner das Volumen eines Körpers ist, umso größer ist seine Oberfläche. Das bedeutet ebenfalls: Solange ein wachsender Organismus – sein Volumen und seine Körpermasse – klein ist, solange ist auch die für den Aufbauprozess relevante Oberfläche, folglich seine Aufnahme- bzw. Resorptionskapazität, größer. Der Organismus kann mehr körpereigene Stoffe aufbauen, als er verbraucht, so dass dieser Überschuss als Wachstum sichtbar wird (Bertalanffy 1948, 257f.). Wird das Volumen des Organismus schließlich größer, so wird im Verhältnis dazu der Umfang der resorbierenden Oberfläche kleiner. Es kommt zu einer allmählichen Verlangsamung und schließlich zur Einstellung des Wachstumsprozesses.

Wachstum ist auf diese Weise derart mit dem Gesamtstoffwechsel verknüpft, dass dessen mathematische Beschreibung möglich wird. Allerdings gibt es unter den Organismen verschiedene Stoffwechseltypen. Deshalb müssen auch verschiedene Wachstumstypen unterschieden werden (Bertalanffy 1948, 259). Dennoch beschreiben die Bertalanffy-Gleichungen den Wachstumsverlauf so genau, dass sie noch heute Anwendung in den verschiedensten Bereichen, bspw. in der Forstwirtschaft, der Fischzucht oder in der Ökologie, finden. Hervorzuheben ist in diesem Kontext eine Forschungstendenz, in der zunehmend pathologische Wachstumsprozesse, insbesondere das Krebsproblem, aufgegriffen werden. Auch hier war Bertalanffy wegweisend, indem er mit den Mitteln der Fluoreszenzmikroskopie einen Weg zur Früherkennung maligner Veränderungen aufzeigte (Bertalanffy 1960, 13).

3.4 Der historische Charakter von Organismen

Wenden wir uns schließlich noch dem dritten Merkmal des Organismusbegriffes zu. Denn allein die Beschreibung eines Organismus als offenes System stellt noch kein ausreichendes Kriterium für die Abgrenzung von belebter und unbelebter Natur dar. Es können Beispiele aus der unbelebten Natur angeführt werden, die ebenfalls als offene Systeme beschrieben werden können (Kristallbildungen, ein regulierter Wasserstrahl, eine Flamme etc.). Der sicherlich komplexe Charakter offener Systeme stellt noch kein geeignetes qualitatives Unterscheidungsmerkmal dar (Bendmann 1967, 65; 68). Neben der hierarchischen (Organisation) und der dynamischen Ordnung (Geschehen) ist es daher die Geschichtlichkeit des Organischen, welche das Lebendige auszeichnet und ein weiteres Kriterium der Unterscheidung zwischen lebender und unbelebter Natur darstellt. In physikalischen Systemen wird das Geschehen des Systems ausschließlich durch seine aktuellen Bedingungen bestimmt. Für die Betrachtung von Gravitation und Schwerkraft beim Fallen eines Körpers ist es gleichgültig, wie dieser Körper überhaupt in diese Lage gekommen ist. Wenn jedoch ein menschlicher Embryo in seiner Entwicklung Kiemenspalten aufweist, so verrät dies seine evolutionäre Herkunft (Dies ist Haeckels sicher nicht ganz unproblematisches biogenetisches Grundgesetz, dem zufolge die Ontogenese die Phylogenese rekapituliert.). Organismen sind in zweierlei Hinsicht historische Systeme. Zum einen haben sie eine individuelle Lebensgeschichte, die Ontogenese, zum anderen sind sie ein Ergebnis evolutionärer Prozesse, der Phylogenese.

Das Einmalige, Besondere und damit höchst Komplexe der jeweiligen Geschichte eines Organismus oder einer Art ist ein weiterer Grund dafür, dass das Lebendige nicht mono-kausal, mit einer reduktiven Beschreibung zu erfassen ist. Ernst Mayr sieht die Biologie deshalb als eine zum Teil historische Wissenschaft an (Mayr 2002). Bertalanffy wies der Evolutionsbiologie noch nicht den Stellenwert zu, den sie heute bei Mayr und anderen Biologen einnimmt. Obwohl der historische Charakter des Lebens ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal darstellt, widmet er diesem in der Ausführung seiner *Theoretische(n) Biologie* wenig Aufmerksamkeit. In der Definition des Organismus in *Das biologische Weltbild* (1949) führt Bertalanffy aus, dass ein Organismus ein „[...] Stufenbau offener Systeme [ist], der sich [...] im Wechsel der Bestandteile erhält [...]“. Er kommentiert und ergänzt:

„Diese Definition ist sicher nicht erschöpfend; sie vernachlässigt insbesondere ein drittes, für die lebenden Systeme wesentliches Moment, ihren historischen Charakter. Mit

dieser Einschränkung entspricht sie jedoch den Anforderungen, die an eine wissenschaftliche Definition zu stellen sind.“ (Bertalanffy, 1949 124)

Es ist sicherlich erstaunlich, dass ein so ausgezeichnetes Kriterium nicht mit in die Definition des Organismusbegriffes einfließt (Bendmann 1967, 36). Relativiert wird diese Verwunderung, zieht man den hohen Anspruch an die Allgemein Gültigkeit von Aussagen in den modernen Wissenschaften in Betracht. Über das Historische der Organismen kann, so Bertalanffy, „wenig Exaktes“ mitgeteilt werden, doch darf dieses Merkmal „[...] nicht völlig aus dem Auge verloren werden [...]“. (Bertalanffy 1949, 107). Und weiter unten:

„Alle diese Fragen können wir nur stellen; wir verfügen aber gegenwärtig weder über die tatsächlichen Grundlagen, noch die theoretischen Hilfsmittel zu präziseren Antworten.“ (Bertalanffy 1949, 111)

Obwohl das Historische ein wesentliches Kriterium der Unterscheidung von lebender und unbelebter Natur darstellt, erfährt es bei Bertalanffy aus methodischen Gründen eine Ausklammerung aus dem organismischen Ansatz.

Die Probleme eines historischen Ansatzes in der Biologie spiegeln sich in der kritischen Haltung von Bertalanffy gegenüber der Evolutionstheorie wider. Diese wird zwar ohne jede Einschränkung vertreten, nimmt jedoch keine zentrale Stellung im organismischen Forschungsprogramm ein. Kritisiert wird besonders der Aspekt der Selektion. Bekanntlich sind es zwei Merkmale, die den Kern der modernen Auffassung der Evolutionstheorie, der synthetischen Theorie der Evolution, bilden. Zum einen ist dies die Mutation als der zufälligen Veränderung des Erbguts, zum anderen die Selektion als „Auswahl“ der überlebenschfähigen Organismen. Als Haupteinwand führt Bertalanffy an, dass die Selektionstheorie eine Theorie ist, die nicht widerlegt bzw. falsifiziert werden könne. Es ließe sich nur von den selektierten (überlebenden) Organismen Erkenntnis gewinnen. Wir können nicht wissen, warum der Selektionsprozess für andere Organismen negativ ausfiel. In diesem Sinne ist für ihn auch das Kriterium der Nützlichkeit nur ein Lückenbüßer, der für all das steht, was (noch) nicht (anders) erklärt werden kann. Bertalanffy spricht abschätzig vom Gemurmel „tibetanischer Gebetsmühlen“ – „nützlich“ bliebe im biologischen Sinn ein völlig unklarer Begriff.

Den wichtigsten Kritikpunkt sieht Bertalanffy jedoch in der Bedeutung, die der Zufall bei der Erklärung des Entwicklungsgeschehen in der Evolutionstheorie einnimmt. Die Evolutionstheorie versteht die Phylogenese als durch „Zufall“ bestimmt. Diese ist das Produkt zufälliger Mutationen und der Selektion aufgrund ebenso zufälliger Umweltfaktoren sowie des sich daraus ergebenden

den Daseinskampfes. Dagegen ist für Bertalanffy die Evolution wesentlich „[...] durch in den Organismen selbst gelegene Gesetzmäßigkeiten [...] mitbestimmt.“ (Bertalanffy 1949, 93):

„So erscheinen die Veränderungen, welche die Organismen in der Evolution durchlaufen, nicht gänzlich beliebig und zufällig; sie sind vielmehr eingeschränkt: erstens durch die Variationsmöglichkeiten der Gene, zweitens durch jene der Realisierung des Erbguts, drittens durch allgemeine Gesetzmäßigkeiten der Organisation.“ (Bertalanffy 1949, 102)

Im Anschluss an Bertalanffy versteht sich auch die gegenwärtige Systemtheorie der Evolution als eine Weiterentwicklung und Korrektur dieser Mängel der Synthetischen Evolutionstheorie (Riedl 1975). Wie noch gezeigt wird (Kapitel III.4.2), trifft Bertalanffys Skepsis demnach nicht den historischen Ansatz per se, sondern die Interpretation historisch verfahrenender Wissenschaft als einer idio-graphischen, nicht einer nomothetischen Wissenschaft (Bertalanffy 1969a, 59).

4. Die Autonomie der Biologie

Mit der organismischen Auffassung und ihrer theoretischen Grundlegung behauptet Bertalanffy zugleich eine Autonomie der Biologie als Wissenschaft gegenüber den anderen wissenschaftlichen Disziplinen, hier besonders gegenüber der Physik und der Chemie. Die moderne Kontroverse um den autonomen Status der Biologie begann mit den Debatten zwischen den mechanistischen und vitalistischen Ansätzen um die angemessene Methodik für die Lösung des Lebensproblems. Mit Bertalanffys organismischem Ansatz findet sie ein vorläufiges Ende (Mocek 1998). Die Unterscheidung von belebter und unbelebter Natur erhält bei ihm mittels der Kriterien der Organisation, der dynamischen Ordnung und des historischen Charakters von Lebewesen eine wissenschaftliche Basis. Die Reduktion biologischer Phänomene auf physikalisch-chemische Erklärungen und damit eine Reduktion der Biologie auf die Physik wird aus „prinzipiellen Gründen“ ausgeschlossen (Bertalanffy 1928, 90). Leben kann dem Organismus nur als etwas Ganzem, nicht seinen Teilen zugesprochen werden.

Für Bertalanffy stellte die Auseinandersetzung mit dem Mechanismus und dem Vitalismus eines der zentralen Themen seiner gesamten wissenschaftlichen

Laufbahn dar. Ob anfangs seine organismische Auffassung oder später seine Allgemeine Systemtheorie, es erfolgte eine permanente Abgrenzung seiner Auffassung gegenüber diesen beiden Ansätzen. Sein durch allgemeine Konzepte und Begriffe ausgezeichneter Ansatz ermöglichte ihm zudem eine reflexive Kritik an anderen Positionen hinsichtlich ihrer Nähe zu mechanistischen oder vitalistischen Ansätzen. Mechanismus und Vitalismus sind uns heute als widerstreitende Auffassungen im Kontext der Reduktionismusdebatten bekannt. Diese typologische Vereinfachung der historischen Entwicklung in der Biologie (Driesch war immerhin Schüler und Kollege von Roux) machte sich bereits Bertalanffy zunutze. Dabei vertritt der Mechanismus einen reduktionistischen Ansatz und der Vitalismus einen anti-reduktionistischen Ansatz. In seiner Auseinandersetzung mit der reduktionistischen Position formulierte Bertalanffy Argumente, die in späteren reduktionismuskritischen Debatten in veränderter und präzisierter Form wieder auftauchten. So wird bspw. die hierarchische Organisation eines Organismus als Problem der Beziehung zwischen verschiedenen ebenspezifischen Beschreibungen (oft auch als Problem der Erklärung emergenter Eigenschaften bekannt), wie bspw. zwischen Genotyp und Phänotyp (Hull 1974), oder die dynamische Ordnung im Zusammenhang mit der Bedeutung von Umweltfaktoren (Gottlieb 1997) behandelt. Es erscheint daher sinnvoll, die organismische Auffassung von Bertalanffy in einen allgemeinen, gegenwärtigen Kontext der Debatten um Reduktion und die Reduktionismuskritik und damit den Status der Einzelwissenschaften zu diskutieren, um eine systematische Einschätzung seiner Position leisten zu können.

4.1 Reduktionismus und das Problem der Autonomie der Einzelwissenschaften

Die Geschichte der Biologie ist mit dem Problem des Reduktionismus und damit mit der Frage nach ihrem Status im Ensemble der Wissenschaften eng verbunden. Dies zeigt sich besonders an den in der Geschichte periodisch wiederkehrenden Debatten um Mechanismus und Vitalismus bzw. einer reduktionistischen oder ganzheitlichen Wissenschaftsauffassung. Diese Debatten haben im letzten Jahrhundert eine bisher unerreichte Differenzierung erfahren, die ich im Folgenden skizzieren möchte.

Anfang des 20. Jahrhunderts orientierte sich die wissenschaftstheoretische Reflexion besonders am Vorbild der Physik und forderte, die Einheit der Wissenschaften mittels Theorienreduktion zu befördern. Wissenschaftlicher Fort-

schritt, so die implizite Annahme, bestehe in der Rückführung der Theorien und Gegenstände der Einzelwissenschaften, z.B. Biologie, Psychologie oder Ökonomie, auf die Theorien und Gegenstände einer besonders ausgezeichneten Grundlagenwissenschaft, mit den Vorteilen einer einheitlichen Sprache (Neurath 1933) und einiger weniger Theorien mit hoher Erklärungskraft. Beispiele derartiger Reduktionsbemühungen finden sich in der Rückführung von Wasser auf H_2O , der Vielfalt der Lebensphänomene auf physikalisch-chemische Gesetze oder mentaler Ereignisse auf das Feuern der Neuronen in einem Gehirn. Paul Oppenheim und Hilary Putnam (1958) entwickelten 1958 ein hierarchisches Modell, das sogenannte *layer cake*-Modell, das die Abhängigkeiten einer Einzeldisziplin von einer jeweils fundamentalen Disziplin und damit die Möglichkeit ihrer Reduktion darstellt. In diesem Modell sind soziale Gruppen, der Gegenstand der Soziologie, auf das Verhalten individueller Lebewesen, als Gegenstand der Biologie, zurückführbar. Dieses ist wiederum auf den Begriff der Zelle mit all ihren mikrobiologischen Prozessen reduzierbar; weiterhin folgen die Bestandteile von Zellen, wie Molekülen, bis wir schließlich bei den Gegenständen der Physik, den Atomen und Elementarteilchen, angelangt sind. Die physikalischen Elemente stellen die ontologische Basis für eine komplette Naturbeschreibung dar. Die Gesetze der Physik werden als universelle Gesetze angesehen, ihre Gültigkeit ist nicht allein auf die Erde beschränkt. Die Physik könnte somit als Grundlagenwissenschaft dienen, von der aus alle anderen, einzelwissenschaftlichen Phänomene abgeleitet werden. In diesem Sinn stellten die Einzelwissenschaften jeweils keine autonomen, auf einer eigenen Grundlage stehenden Wissenschaften dar; sie seien immer der Physik „anhängig“ und ausschließlich Anwendungen der allgemeinen physikalischen Gesetze unter spezifischen disziplinären Bedingungen. Das letztendliche Ziel einer Einzelwissenschaft, hier der Biologie, sei es – so Francis Crick – „[...] to explain all biology in terms of physics and chemistry [...]“ (Crick 1966, 10). Dieser Physikalismus, so seine Vertreter, bilde den Kern jeder modernen exakten Wissenschaft und nur eine derart exakte Wissenschaft könne als eine wirkliche Wissenschaft angesehen werden (Nagel 1961).

Dagegen behaupten andere Wissenschaftler – für die Biologie bspw. der Wissenschaftstheoretiker Joseph Henry Woodger – eine charakteristische Besonderheit der biologischen Forschung, „[...] a biological way of thinking [...]“ (Woodger 1948, 325), und führen Aspekte der Organisation des Lebendigen als Argument gegen die Möglichkeit eines physikalistischen Reduktionismus-Programms an. Mit Bertalanffys *Kritische(r) Theorie der Formbildung* (1928) und Woodgers *Biological Principles* (1948) erschienen nun organismische Prinzipien als Garanten einer wissenschaftlich begründeten Reduktionismuskritik.

Ende der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts kam es zu einer weiteren reduktionismuskritischen Welle (Ayala 1968, Mayr 1969). Insbesondere argumentierte David Hull (1972; 1973; 1974) gegen Kenneth Schaffner für die Autonomie der Biologie, und Jerry Fodor (1974) plädierte für die Autonomie der Psychologie mit einer Vielzahl ähnlicher Argumente und begrifflicher Differenzierungen. In der Konsequenz dieser Argumente sollte gezeigt werden, dass eine radikal reduktionistische Position mit großen Schwierigkeiten behaftet, theoretisch nicht haltbar und auch weniger produktiv ist, als behauptet. Zudem wurde die Ignoranz weiter Teile der Biologie durch die mechanistischen bzw. physikalistischen Ansätze kritisiert, die bspw. evolutionsbiologische Konzepte als metaphysisch kennzeichneten und deren Ausgangsfragen unbeantwortet oder als nicht wissenschaftlich beantwortbar stehen ließen (Mayr 1996, 99).

Unbeschadet von diesen Argumenten und Bemühungen behaupten sich bis heute noch hartnäckig reduktionistische Auffassungen in den Einzelwissenschaften bzw. in spezifischen Gebieten dieser Wissenschaften. Und dies hat seinen Grund: Wissenschaftliche Verfahren haben zum einen die Erkenntnis nach dem, was hinter den Phänomenen steckt, also deren Analyse zum Ziel. In diesem Sinne verfahren Wissenschaften meist reduktionistisch. Der mechanistische Ansatz definiert sich gar über die kausale Analyse des Lebensphänomens. Und zweitens greift ein ökonomisches Prinzip. Eine wissenschaftliche Erklärung ist nur dann eine gute Erklärung, wenn sie eine möglichst große *Gesamtheit* von Einzelereignissen und deren Regularität erfasst bzw. möglichst viele dieser Ereignisse auf eine einzige Erklärung zurückführen kann. So charakterisiert bspw. Michael Friedman die Güte bzw. Kraft einer Erklärung mittels ihres Reduktionspotentials, d.h. durch die Gesamtzahl an unabhängigen Phänomenen, die als gegeben akzeptiert werden müssen und auf eine Erklärung reduziert werden können (Friedman 1974, 15; 19). Zu begrüßen sind demnach nur wenige Theorien, die möglichst viele Phänomene oder auch (einzelwissenschaftliche) Theorien erklären. Diese explanatorische Vereinheitlichung (explanatory unification) ist allerdings nicht das einzige Ziel reduktiver Analysen. Nach Friedman geht es ebenfalls um eine ontologische Vereinfachung und – nicht zuletzt – um die Korrektur der *zu* reduzierenden Theorien. Bspw. wurde die biologische Forschung lange Zeit von den vitalistischen Ansätzen dominiert. Das Spezifische der Lebensphänomene konnte nur über die zusätzliche Annahme einer Lebensessenz erklärt werden. Die ontologische Reduktion des Organischen auf physikalisch-chemische Prinzipien, die mit Friedrich Wöhler und seiner Entdeckung der Möglichkeit einer chemischen Synthese der organischen Stoffe Oxalsäure und Harnstoff bereits im Jahr 1824 begann, stellte einen enormen Fortschritt in den Wissenschaften dar. Die auf Grundlage reduktiver Methodik erzielten

Erfolge, bspw. bei der Voraussage zukünftiger Phänomene oder der technischen Reproduzierbarkeit bestimmter Eigenschaften, schienen die Richtigkeit und den Nutzen eines derartigen Ansatzes zu bestätigen.

Fragen nach der Autonomie einer wissenschaftlichen Disziplin, also Fragen nach der Rückführbarkeit dieser Disziplinen auf eine Grundlagenwissenschaft (Reduktion), müssen in dreierlei Hinsicht diskutiert werden: in ontologischer, in epistemologischer und in methodologischer Hinsicht (Sarkar 1992; Brigandt & Love 2008; Schaffner 1993). Ich möchte vorerst nur von einer Unterscheidung zwischen einer ontologischen und einer epistemologischen Perspektive ausgehen.

Das Problem der Autonomie einer Wissenschaft lässt sich wie folgt formalisieren (vgl.: Beckner 1967, 312): Nehmen wir zwei Theorien, T_1 und T_2 , und P_1 und P_2 als Phänomene, die durch T_1 und T_2 erklärt werden sollen. T_1 ist eine biologische Theorie, T_2 eine physikalisch-chemische Theorie. Das Problem der Autonomie der Biologie erwächst (1) wenn T_1 auf ein System S anwendbar ist, auf das auch T_2 anwendbar ist (jedoch nicht umgekehrt). Und (2): Selbst wenn T_1 anwendbar ist, wird das System S als Teilsysteme S'_1, S'_2, S'_3 etc. analysiert, auf die T_2 anwendbar ist, jedoch nicht T_1 .

Der ontologische Reduktionismus behauptet, dass die Eigenschaften eines biologischen Systems durch nichts anderes als durch die Eigenschaften seiner grundlegendsten Teile bestimmt sind. Das Gesamtsystem ist die Summe seiner Teile. Es muss kein disziplinen- bzw. ebenenspezifischer Faktor, wie bspw. ein Lebensfaktor, zusätzlich angenommen werden. Makroeigenschaften können prinzipiell und ohne Weiteres auf eine grundlegende Mikrostruktur (meist physikalisch-chemischer Natur) zurückgeführt werden. Eine solche Position wurde bereits früh und prominent von dem Physiologen und Mechanisten Jacques Loeb vertreten (Jahn et al. 1982, 362f.). Dementgegen geht eine in ontologischer Hinsicht behauptete Autonomie von der Annahme aus, dass die Eigenschaften des gesamten Systems nicht ausreichend durch die Teilsysteme bestimmt sind. Obwohl T_2 auf das System S anwendbar ist, wenn auch T_1 anwendbar ist, so kann S nicht ausreichend über seine Teilsysteme analysiert werden, die nur P_2 aufweisen (Beckner 1967, 312). Für einen ontologischen Antireduktionisten muss zusätzlich eine nicht-physikalische Entität mit den Eigenschaftsmerkmalen P_1 , ein spezifischer (Ganzheits-)Faktor, angenommen werden, der letztlich erst das Verhalten des Gesamtsystems konstituiert. Diese Position wird als Substanzdualismus bezeichnet. In der Biologie werden die vitalistischen Positionen mit einem solchen Substanzdualismus verbunden. Die Kritik von Bertalanffy an beiden Positionen wurde bereits im Kapitel II.2.1 dargelegt. Die Prinzipien der lebenden Natur – die hierarchische Organisation und die dynamische Ordnung

eines offenen Systems (Bertalanffy 1949, 123) – sind weder mit einer mechanistisch-reduktionistischen Haltung vereinbar noch verlangen sie die Annahme eines gesonderten vitalistischen Agens.

Der epistemologische Reduktionismus hingegen macht keine derartigen Aussagen über die Wirklichkeit der Welt. Er beschränkt sich auf Aussagen über unser Wissen und dessen Begründung, somit auch über den Status und die Qualität von Erklärungen. Für ihn kann das *Wissen* eines disziplinären Bereichs einer hierarchisch höheren Ebene auf das Wissen einer basalen disziplinären Ebene zurückgeführt werden. Repräsentativ für eine Version des epistemologischen Reduktionismus stehen die Arbeiten des Wissenschaftstheoretikers Ernest Nagel (Nagel 1956, 1961). Für Nagel bedeutet Reduktion wesentlich Theorienreduktion. Eine Theorie besteht aus universellen Gesetzen, den Relationen dieser Gesetze zueinander und aus spezifisch systematisierten Wissensbeständen. Entsprechend ließe sich eine Theorie T_1 genau dann auf eine Theorie T_2 reduzieren, wenn alle Gesetze von T_1 – eventuell mit Hilfe geeigneter Brückengesetze – aus den Gesetzen von T_2 abgeleitet werden könnten. Entscheidend für das Gelingen der reduktiven Beschreibung einer Theorie wären zwei Bedingungen: *Erstens* die Bedingung der Ableitbarkeit, d.h., die Relation zwischen T_1 und T_2 ist derart, dass T_1 aus T_2 deduziert werden kann, und *zweitens* die Bedingung der Verknüpfbarkeit (*connectability*) beider Theorien, die im Falle heterogener Reduktionen (T_1 enthält Begriffe, die nicht in T_2 enthalten sind) mittels Brückengesetzen bzw. verbindenden Zusatzannahmen sichergestellt werden muss. So kann, als Beispiel für eine homogene Relation, das Galileische Fallgesetz auf das zweite Gesetz der Newtonschen Mechanik und das Newtonsche Gravitationsgesetz reduziert werden. Die formalisierten Begriffe und Relationen der beiden Newtonschen Gesetze lassen sich derart umformen, dass das Galileische Fallgesetz aus diesen deduziert werden kann (vorausgesetzt, man vernachlässigt die während eines freien Falls auftretende geringfügige Änderung der Gravitationskraft) (Beckermann 2008, 104ff.).

In heterogenen Relationen bleibt jedoch der Status von Brückengesetzen oft unterbestimmt und damit unklar. Begriffe oder Gesetze in T_1 – so die Bedingung des epistemologischen Reduktionisten – müssten mit Hilfe von Brückengesetzen eindeutig oder zumindest eindeutig mit Begriffen und Gesetzen aus T_2 verknüpft werden können. Ein Beispiel, welches Nagel diskutiert, ist die Reduktion der Thermodynamik auf die statistische Mechanik. Der Zusammenhang von Temperatur und mittlerer kinetischer Energie dient hier als ein solches Brückengesetz (Nagel 1961, 354f.). Problematischer sieht die Formulierung von Brückengesetzen bei der Rückführung biologischer oder psychologischer Theorien auf physikalisch-chemische Theorien aus – sie gelingt nur in wenigen, isolierten

Fällen. Deshalb werden entsprechende Reduktionsvorhaben von vielen Autoren kritisch beurteilt und abgelehnt. Behauptet wird dagegen eine Autonomie dieser Disziplinen zumindest in epistemologischer Hinsicht.

Die Position der epistemologischen Autonomie behauptet mindestens eine der folgenden Thesen (Beckner 1967, 312):

- (1) T_1 beinhaltet Begriffe, die nicht mit den Begriffen aus T_2 definiert werden können (begriffliche Autonomie);
- (2) T_1 beinhaltet Gesetze, die nicht aus den Gesetzen von T_2 abgeleitet werden können, selbst nicht mit Hilfe von Prinzipien (Brückenprinzipien), die P_1 und P_2 verknüpfen (nomische Autonomie);
- (3) Erklärungen oder Analysen einiger P_1 beinhalten Aussagen, die nicht auf P_2 anwendbar sind (methodologische Autonomie).

Mit der Position der epistemologischen Autonomie ist nicht notwendig auch eine entsprechende ontologische Position verbunden. Dagegen öffnet sich eine Palette an Kombinationen ontologischer und epistemologischer Positionen. Bspw. wäre ein ontologischer Reduktionismus mit einem epistemologischen Antireduktionismus vereinbar (bspw.: Davidson 1970) etc. Dagegen implizieren die beiden ontologischen Positionen eine entsprechende epistemologische Position.

Doch noch einmal zurück zur Position des epistemologischen Reduktionismus, insbesondere der Auseinandersetzung um den Status der Brückengesetze: Ende der 1950er Jahre verbreitete sich eine kritische Sicht auf das deduktiv-nomologische Schema der Erklärung (Salmon 1998) und erfasste auch den Formalismus der Theorienreduktion von Nagel. Wie beim D-N-Schema der Erklärung traf die Kritik am epistemologischen Reduktionismus zum einen dessen Charakter als deduktiver Subsumtion und zum anderen – analog zur Gesetzesbedingung – den Status der Brückengesetze. Die Kritiker dieses Ansatzes wiesen darauf hin, dass wissenschaftliche Ableitungen fast nie logisch-deduktiven Charakter haben. Oft bestehen die Zusammenhänge zwischen zwei Theorien T_1 und T_2 nur annähernd, die Ableitungen tragen eher statistischen Charakter. Zum zweiten bleibt der Status der Brückengesetze und deren logische Form weitestgehend unklar. In der klassischen Variante können Brückengesetze entweder als Konvention oder als empirische Gesetzmäßigkeiten aufgefasst werden (Nagel 1961). Ein Brückengesetz kann dann die logische Form einer einfachen Implikation, eines Konditionalsatzes annehmen. Aus Gründen einer erwünschten Eliminierbarkeit von T_1 wird aber auch eine stärkere logische Form gefordert, so von Hempel als bikonditionaler Satz (Hempel 1969) oder als synthetische Identität bei Schaffner (Schaffner 1967).

Insbesondere gegen die Identitätstheoretische Auffassung der Relation der beiden Theorien T_1 und T_2 richteten sich die antireduktionistischen Kritiken. Mit Hilfe der Brückengesetze sollen die Sätze der Biologie, Psychologie etc. mit den physikalisch-chemischen Sätzen verknüpft werden. Es sind damit sehr spezifische Begriffe und Gesetze angesprochen, so dass auch die Brückengesetze spezifischen Anforderungen genügen müssen. Dies hat zur Folge, dass die Brückengesetze, wie die disziplinären Sätze auch, viele Ausnahmen zulassen müssen, was im Widerspruch zu der Forderung steht, dass die Brückengesetze und Gesetze der reduzierenden Wissenschaft ausnahmslos gelten sollen. Schließlich lässt sich dann nicht mehr von einer Identität zwischen einem Ereignis in T_1 und einem Ereignis in T_2 sprechen (Fodor 1974). Die abgeleitete Theorie kann nicht mit der reduzierten Theorie identisch sein, sie ist dieser nur ähnlich. Die Relation der Theorien T_1 und T_2 zueinander kann daher nicht, wie gefordert, eliminativ sein, sondern sie ist bloß korrelativ. Schaffner entwickelt auf Grund dieser Kritik ein dynamisches Modell der Theorienreduktion, das um die Dimension einer theorienkorrigierenden Nachfolge-Reduktion erweitert ist (Schaffner 1977, 1993). In seinem *Generalized Reduction-Replacement Model* wird T_1 in einer Theorie T_1^* reformuliert, so dass eine reduktive Ableitung (eventuell mit Brückengesetzen) möglich wird. T_1 und T_1^* gehören dem gleichen Phänomenbereich an und stehen zueinander in einer strengen Analogie. Doch auch Schaffner konnte die Kritiker nicht überzeugen, da die Reformulierung einer Theorie zumeist auch eine Änderung der Bedeutung der in ihr enthaltenen Begriffe zur Folge hat (Carrier 1995, Bd. 3, 517).

Die problematische Relation der zwei Theorien T_1 und T_2 oder von zwei Eigenschaften P_1 und P_2 wurde in den 1970er Jahren besonders von Philosophen der Biologie und der Psychologie aufgegriffen. Die Diskussionen führten zu zwei zentralen reduktionismuskritischen Argumenten, dem Argument der Kontext- bzw. Umweltabhängigkeit (*one-many-relation*) und dem Argument von der multiplen Realisierbarkeit (*many-one-relation*).

Zum ersten Argument, der Kontext- bzw. Umweltabhängigkeit von Mechanismen bei der Konstitution von Eigenschaften und Phänomenen (*one-many-relation*) (Fodor 1974; Hull 1974): Die klassische Genetik war sich der Tatsache bewusst, dass das Erscheinungsbild eines Lebewesens (ihr Phänotyp) seinen Ursprung in der Interaktion der verschiedenen Gene hat. Das gleiche Allel (die gleiche Zustandsform eines Gens an einem bestimmten Ort auf einem Chromosom) (*one*) kann – wenn es sich bspw. in verschiedenen, durch den Genotyp unterschiedenen Individuen, damit in einer anderen Umwelt befindet – zu unterschiedlichen Phänotypen (*many*) führen. In modernen Theorien werden daher zunehmend nicht-genetische Faktoren (wie bspw. der maternalen Umwelt)

bei der Ausprägung des Phänotyps mit berücksichtigt. In den reduktiven Analysen wird dagegen die molekulare Ursache eines Phänomens P_1 isoliert, indem experimentell oder theoretisch der Hintergrund und Kontext der Variablen konstant gehalten wird. Dies führt schließlich zu einer fehlerhaften Korrelation der Phänomene P_1 (Phänotyp) und P_2 (Genotyp). Biologische Mechanismen lassen sich auf Grund ihrer Umweltabhängigkeit nicht oder nur unzureichend auf eine physikalisch-chemische Erklärungsebene reduzieren.

Mit dem zweiten Argument der multiplen Realisierbarkeit (*many-one-relation*) wird die Relation von reduzierter und reduzierender Theorie in anderer Hinsicht kritisiert. Demnach kann ein biologisches Phänomen P_1 , (ein Phänotyp) (*one*) durch verschiedene molekulare Mechanismen oder durch verschiedene Arten molekularer Konfigurationen (*many*) realisiert werden (Hull 1972, 1974, 1976). Hilary Putnam, der das Argument für seine funktionalistische Version einer Philosophie des Geistes verwendete, erläutert dies am Beispiel des Schmerzes. Entsprechend einer identitätstheoretischen Auffassung wären Schmerzen (allgemein verstanden als Typus bzw. *type*) mit bestimmten Gehirnzuständen identisch. Putnam zeigt jedoch, dass einzelne konkrete Schmerzzustände (*token*) durch verschiedene Gehirnzustände realisiert sein können, wie bspw. bei einem Menschengehirn im Unterschied zum Gehirn eines Lurches (Putnam 1967). Fodor schließlich generalisiert dieses Argument zu einem allgemeinen reduktionismuskritischen Argument (Fodor 1974). Seiner Meinung nach widerlegt das Argument nicht nur eine identitätstheoretische Auffassung des Reduktionismus, sondern zeigt auch, dass die Gesetze der sogenannten Einzelwissenschaften *prinzipiell nicht* auf eine physikalische Sprache (inklusive ihrer Gesetze) zurückgeführt werden können. Selbst bei einem einzigen Organismus (hier verstanden als *token*) kann ein mentaler Zustand verschiedene Realisierungen aufweisen. Die Plastizität des Gehirns mag als Beleg hierfür dienen. Nach Verletzungen des Gehirns können bestimmte Funktionen von anderen, gesunden Gehirnarealen übernommen werden. Mit dem Argument der multiplen Realisierbarkeit will Fodor schließlich die Autonomie der Einzelwissenschaften begründen.

Der starke Ansatz der Theorienreduktion möchte eine ganze Theorie, bspw. die Klassische Genetik auf die Molekulare Genetik, reduzieren. Diesem Ansatz gemäß ist es nicht ausreichend, einzelne Ereignisse (*token*) durch ihre molekulare Struktur zu erklären. In Konsequenz des Arguments würde eine solch reduktive Erklärung nur noch einen schwächeren Anspruch mit dem Ziel der reduktiven Beschreibung einzelner Ereignisse oder Phänomene (*token*) vertreten können. Allgemeine Erklärungen wären dann nicht mehr möglich. In einer heterogenen Beziehung zweier Theorien wäre zudem mit einer disjunkten Pluralität möglicher Realisierungen zu rechnen, was den Reduktionismus zu einem

unübersichtlichen und haltlosen Unterfangen machen würde. Es müsse demnach von einer prinzipiellen Autonomie der Einzelwissenschaften ausgegangen werden. Dass diese Konsequenzen empirisch wenig plausibel erscheinen, wird wiederum gegen eine derart starke, antireduktionistische Position eingewandt (Bechtel & Mundale 1999). Dennoch führten die Schwierigkeiten der Vermittlung zwischen den Theorien T_1 und T_2 , wie es die Probleme bei der Explikation der vermittelnden Brückengesetze verdeutlichen, bei vielen Autoren zumindest zu einer Abkehr vom starken Anspruch der Theorienreduktion.

Bei Bertalanffy finden wir bereits ähnliche Argumente, die das Verhältnis disziplinärer Ebenen zueinander thematisieren. Er stellt fest, dass bei der Ausbildung eines Merkmals zwei oder mehrere Gene beteiligt sein können (Polygenie), was dem Argument der multiplen Realisierbarkeit nahekommt. Ebenso könne ein Gen die Ausbildung mehrerer Merkmale bedingen (Polyphänie), was es notwendig machen würde, den Kontext bzw. die Umwelt des Gens mit in Betracht zu ziehen (Bertalanffy 1949, 77f.).

Dass Bertalanffy ein Gegner starker Positionen in der Reduktionismusfrage ist, wurde bereits dargestellt. Zwischen den Positionen des Mechanismus und Vitalismus bevorzugt er eher einen Mittelweg. Vom mechanistischen Forschungsprogramm übernimmt er den wissenschaftlichen Anspruch. Allgemeine Gesetze aufzustellen, wird als wichtigstes Ziel des organismischen Ansatzes angesehen. Auch eine physikalisch-chemische Analyse kann – im Rahmen spezifischer Fragestellungen – relevant werden. Diese Position führt bei Bertalanffy allerdings nicht zu einem Reduktionismus. Dagegen wird den reduktionistischen Verfahren ihr Platz im Gesamtsystem einer wissenschaftlichen Biologie zugewiesen:

„Eine noch höhere Stufe repräsentiert der biologische Bereich. Wie ausgeführt [...], können wir hier entweder Einzelvorgänge herauslesen und sie physikalisch-chemisch bestimmen; oder wir können Gesetzmäßigkeiten für biologische Gesamtsysteme aufstellen, wobei wir auf Angabe aller unübersehbaren, physikalisch-chemischen Einzelabläufe verzichten.“ (Bertalanffy 1949, 161)

Das organismische Forschungsprogramm jedoch zielt auf die biologischen Gesetzmäßigkeiten, die das Lebendige in seinen typischen Eigenschaften erfassen können. Reduktive Erklärungen müssen dagegen das Besondere des Lebendigen auf Grund ihrer Methodik und ihrer Begriffe verfehlen.

„Wir werden also die erste Frage [...] dahin beantworten, daß biologische Gesetze nicht eine bloße Anwendung physikalisch-chemischer sind, sondern daß hier ein eigenartiger Gesetzesbereich vorliegt.“ (Bertalanffy 1949, 147)

Bertalanffy ist als Vertreter einer Autonomie der Biologie – zumindest in epistemologischer Hinsicht – anzusehen. Insbesondere sein Werk *Das biologische Weltbild* (1949) lässt sich als Verteidigung dieser Position lesen. In den Konzepten von Äquifinalität und Organisation und in den Begriffen von Regulation, Reproduktion und Entwicklung sieht Bertalanffy für die Biologie zentrale Begriffe, die einer Reduktion widerstehen (begriffliche Autonomie). Ebenfalls ist die Deduktion von T_1 aus T_2 prinzipiell nicht möglich. Spezifische Organisationsprinzipien und Systemgesetze sind unterscheidende Merkmale der lebenden von der unbelebten Natur. Das Lebendige ist ohne diese Gesetze oder Prinzipien nicht zu erfassen (nomische Autonomie).

Die biologische Forschung bedarf eigener Methoden und Konzepte zur Erforschung der lebenden Natur (methodologische Autonomie). Diese kommen u.a. in den von Bertalanffy formulierten organismischen Prinzipien zum Ausdruck: dem methodischen Schwerpunkt auf Organisation und Organisationsprinzipien, der dynamischen Betrachtung der Lebensphänomene und des historischen Ansatzes. Das Lebensproblem kann nur von diesen drei Prinzipien der lebenden Natur (Organisation, Geschehen, Geschichte) ausgelöst werden.

4.2 Die theoretische Grundlegung der Biologie

Den Überlegungen zu einer Autonomie der Wissenschaften vom Lebendigen gemäß muss sich nun die Biologie auch als eine eigenständige Disziplin mit eigenen Begriffen, Methoden und Gesetzen ausweisen und behaupten. Sie bedarf einer eigenständigen theoretischen Grundlegung. Diese findet sich in Bertalanffys zweibändigem Werk, der *Theoretischen Biologie* (1932), ausgearbeitet. Bereits in der *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928) weist Bertalanffy auf die Notwendigkeit theoretischer Reflexion in der Biologie hin. Die diagnostizierte Krise der Biologie äußere sich in logischen Widersprüchen und im Durcheinander von Tatsachenbeschreibungen und Hypothesen. Sie erreichte ihren Höhepunkt im Streit zwischen den zwei grundlegenden Auffassungen, dem Mechanismus und dem Vitalismus. Bertalanffy zieht hieraus seine Lehre und verfolgt die Klärung theoretischer Fragen in der Biologie konsequent mit seinem eigenen Ansatz. Nach der Kritik an den beiden Positionen des Mechanismus und des Vitalismus muss die Grundlegung der Biologie mit einem ihr eigenen, charakteristischen Ansatz in einer theoretischen Biologie geleistet werden. Erstens sollte eine „[...] hypothesenfreie und logisch einwandfreie Ordnung [...]“ (Bertalanffy 1928, 51) des biologischen Wissens durchgeführt wer-

den. Mit reflexiven Mitteln müssten die Ergebnisse der Biologie gesichtet und in einem widerspruchsfreien, deduktiven System (Bertalanffy 1949, 150) geordnet werden. Zweitens sollte die auf diese Weise „[...] in Ordnung gebrachte, deskriptive Biologie durch eine theoretische [...]“ Biologie ergänzt werden (Bertalanffy 1928, 52). Dies versteht Bertalanffy in Analogie zur theoretischen Physik. Eine „exakte Gesetzeswissenschaft“ – und damit eine autonome Wissenschaft – könne die Biologie nur werden, indem sie sich zu einer theoretischen Wissenschaft entwickelt. Sie müsse über den Status einer Erfahrungswissenschaft, im Sinne eines bloßen Sammelns von Daten, hinausgehen und eine „rationale Wissenschaft“ werden. Eine autonome Biologie könne die wissenschaftlichen Grundlagen und Prinzipien der Forschung nicht mehr von anderen Wissenschaften, wie der Physik, unbefragt übernehmen. Sie würde dann nur weiterhin eine Provinz der Physik bleiben (Mayr 1996, 98). Bertalanffy lehnt sich hier ausdrücklich an die Kantsche Auffassung von Wissenschaft an:

„Eigentliche Wissenschaft kann nur diejenige genannt werden, deren Gewißheit apodiktisch ist; Erkenntniß, die bloß empirische Gewißheit enthalten kann, ist ein nur uneigentlich so genanntes Wissen. Dasjenige Ganze der Erkenntniß, was systematisch ist, kann schon darum Wissenschaft heißen, und, wenn die Verknüpfung der Erkenntniß in diesem System ein Zusammenhang von Gründen und Folgen ist, sogar rationale Wissenschaft [...] Eine rationale Naturlehre verdient also den Namen einer Naturwissenschaft nur alsdann, wenn die Naturgesetze, die in ihr zum Grunde liegen, *a priori* erkannt werden und nicht bloße Erfahrungsgesetze sind.“ (Kant MAN, 468)

Entsprechend dem methodischen Vorbild der physikalischen Wissenschaft, müssen auch biologische Gesetze logische Notwendigkeit besitzen, d.h., sie müssen aus übergeordneten Gesetzen deduktiv ableitbar sein (Bertalanffy 1928, 91). Daher wird von Bertalanffy eine mathematische Formulierung der biologischen Gesetze angestrebt (bspw. die bekannten Bertalanffy-Gleichungen der Wachstumsprozesse). Im Anschluss an Kant ist die Mathematik auch Garant der Wissenschaftlichkeit einer Biologie (Kant MAN, 470). Bertalanffy formuliert folgendermaßen:

„Daher wird das Ziel der Wissenschaft erst dann erreicht, wenn eindeutig festgelegte Symbole nach ebenso eindeutigen Spielregeln miteinander verknüpft werden. Ein derartiges System nennen wir Mathematik. In diesem Sinne ist Kants Satz gerechtfertigt, dass in jeder Naturlehre nur so viel echte Wissenschaft anzutreffen sei, als Mathematik in ihr enthalten ist. Dies bedeutet nichts anderes als die höchste erreichbare Form der Rationalisierung der Wirklichkeit.“ (Bertalanffy 1949, 151)

Wenn es gelingt, die Biologie als eine Wissenschaft auf einer derart rationalen Grundlage aufzubauen, dann kann auch ihr Status als einer autonomen und exakten Naturwissenschaft begründet behauptet werden.

Eine theoretische Biologie hat nun die konkrete Aufgabe, die allgemeinen Gesetze der Lebenserscheinungen, die „[...] spezifisch biologischen Gesetze [...]“ (Bertalanffy 1932, VIII), bspw. der Formbildung, des Stoffwechsels, der Reizbarkeit, der Fortpflanzung und Vererbung, auszuarbeiten und letztlich eine Theorie des Lebens als Grundlage der Biologie zu formulieren. Der organismische Ansatz mit seinen Begriffen und Konzepten bildet den Kern einer solchen theoretischen Biologie. Der Begriff des Organismus als eines dynamischen Ganzen stellt die grundlegende Ebene der Integration und Interpretation der empirischen Daten und Ergebnisse dar. Neben dem teleologischen Prinzip (Äquifinalität) und dem Deszendenzprinzip (historische Erklärungen) werden auch kausale (physiko-chemische) Erklärungen akzeptiert, insofern diese die Bedingungen der Eigenschaften der Teile im Gesamtorganismus klären (Bertalanffy 1932, Kapitel 3: Physikalisch-chemische Grundlagen). Die hierarchische Ordnung spiegelt sich schließlich im „Aufbau des Lebendigen“ wider (Bertalanffy 1932, Kapitel 4), und der Organismus als offenes System mit seiner dynamischen Organisation ist Grundlage der Erklärungen von Stoffwechsel, von Entwicklung und Wachstum (Bertalanffy 1942, Kapitel 1-7).

Mit der Mathematisierung von Gesetzen in der Biologie und ihrer theoretischen Grundlegung durch die Beschreibung des Organismus als eines offenen Systems ist bereits die zukünftige Generalisierung des organismischen Ansatzes vorgezeichnet. In Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Disziplinen wird hieraus schließlich die Allgemeine Systemtheorie erwachsen. Wie sich zeigen wird, werden die biologischen Ansätze in der Ausarbeitung der Allgemeinen Systemtheorie präsent bleiben. Dies nicht zuletzt deshalb, da sich in den Arbeiten von Bertalanffy disziplinäre und metadisziplinäre Ansätze wechselseitig befruchten.

III.

Die Allgemeine Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy

1 Das Entstehen der Systemtheorie aus dem organismischen Ansatz

Bertalanffy formuliert seine organismische Auffassung erstmals in seinem Artikel *Zur Theorie der Organischen „Gestalt“* (1926). Darin setzt er sich mit der seiner Zeit populären Gestalttheorie (vgl. Kap. III.4.1) – insbesondere in der Fassung von Wolfgang Köhler – als einer möglichen Grundlage für die Biologie auseinander und findet den Gestaltbegriff für eine Klärung des Lebensproblems als nicht ausreichend. Die „Wesensverschiedenheit“ zwischen der belebten und der unbelebten Natur, so seine Kritik, werde von Köhler nicht genügend berücksichtigt, so beispielsweise die Fähigkeit zur Regulation, welche die Köhlerschen Gestalten nicht aufwiesen (Bertalanffy 1926, 414f.). Bertalanffy formuliert den Unterschied zu Köhler später prägnant in seiner *Theoretischen Biologie* (1932): Leben sei eine Systemeigenschaft. Der Organismus sei ein offenes System. Er stelle eine hierarchische und dynamische Ordnung dar, deren Erhalt in einem Fließgleichgewicht von auf- und abbauenden Stoffen und Energien gewährleistet würde.

Zu jener Zeit war eine allgemeine Theorie offener Systeme noch nicht existent, sie stellt eine originäre Leistung von Bertalanffy dar. Durch Anregungen des Chemikers Alfred J. Lotka, der in seinem Werk *Elements of Physical Biology* (Lotka 1925/1956) mittels der Sätze der Thermodynamik Entwicklung als Energieumwandlung beschrieb, wandte sich Bertalanffy einer biophysikalischen Beschreibung offener Systeme zu. Dies führte zu einer ersten Verallgemeinerung des organismischen Ansatzes, die in einem zweiten Schritt in der Ausarbeitung der Allgemeinen Systemtheorie münden sollte.

Das grundlegende Problem war das Folgende: Wie ist der Erhalt von Ordnung oder gar die Erhöhung der Vielfalt und Mannigfaltigkeit von Systemen mit dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik vereinbar? Bekanntlich geht dieser von der entgegengesetzten Annahme einer Tendenz zu maximaler Entropie und damit Unordnung aus. Erste Arbeiten zu diesem Problem finden sich bereits in dem Artikel *Der Organismus als physikalisches System betrachtet* (1940). Bereits hier führte Bertalanffy den Begriff des offenen Systems ein. Die bekannten Arbeiten von Erwin Schrödinger, in denen er den Begriff der Negentropie (negative Entropie) prägte (Schrödinger 1951), und die von Ilya Prigogine mit seiner Beschreibung der dissipativen Strukturen (Prigogine 1955) erschienen deutlich später. Damit kann Bertalanffy als „Vater“ der Thermodynamik offener Systeme betrachtet werden (Davidson 2005, 64).

Der ersten Verallgemeinerung des organismischen Ansatzes zu einer Biophysik offener Systeme folgte eine zweite Generalisierung, die Bertalanffy zur Allgemeinen Systemtheorie führte. In vielen Wissenschaften, wie der Biologie, den Verhaltens- und Sozialwissenschaften, hatte man es zunehmend mit Problemen der Ordnung, der Organisation, der Ganzheit und des gerichteten Verhaltens (Teleologie) zu tun. Es zeigte sich, dass die strukturellen Ähnlichkeiten in der Problemstellung auch mit ähnlichen Modellen analysiert werden konnten. Die Bemühungen um eine disziplinübergreifende Theorie dieser Probleme formulierte Bertalanffy bereits in seinem Artikel *Allgemeine Systemlehre* (1945) für die Deutsche Zeitschrift für Philosophie. In den Wirren des Krieges ging diese Arbeit jedoch verloren, so dass kurz darauf sein Artikel *Zu einer allgemeinen Systemlehre* (1949) folgte. Die wissenschaftstheoretischen Argumente, welche die organismische Auffassung in der Auseinandersetzung mit dem Mechanismus und dem Vitalismus prägten, konnten nun in allgemeiner, disziplinübergreifender Hinsicht entfaltet werden. Einen wichtigen Anstoß erhielt die Allgemeine Systemlehre oder Systemtheorie durch die sich eröffnenden Möglichkeiten der Anwendung mathematischer Modelle. Die mathematischen Generalisierungen, die in den 1940er und 1950er Jahren stattfanden, stellten einen wichtigen Aspekt der Transformation der organismischen Auffassung und der Ausbildung

der Allgemeinen Systemtheorie dar. Die bisher spezifischen Probleme von Organisation und Dynamik konnten nun unabhängig von ihren disziplinären Beschränkungen beschrieben und übergreifende Lösungen erarbeitet werden. Letztere mussten jetzt nur noch praktisch umgesetzt, d.h. angewandt werden. Demnach konzentrierten sich einige systemtheoretische Autoren besonders auf den formal-mathematischen Ansatz (William Ross Ashby, Arthur D. Hall, Robert E. Fagen, Mihajlo Mesarović). Die aus dem formalen Systembegriff abgeleiteten Eigenschaften sollten nur noch auf die disziplinären Phänomene übertragen werden. Bertalanffy sowie andere Systemtheoretiker, wie James Grier Miller, Anatol Rapoport oder Kenneth Boulding, standen dieser Eingleichung kritischer gegenüber. Ausgehend von einer Theorie lebender Systeme, vertraten diese Autoren einen ganzheitlichen Ansatz, der sich im methodischen Zusammenspiel „intuitiver“ und deduktiver Methoden entfalten sollte (Bertalanffy 1969a, 99; Rapoport 1988, 2).

Im Prinzip geht die Allgemeine Systemtheorie davon aus, dass aus dem komplexen Weltgeschehen bestimmte Aspekte oder Teile isoliert werden können, die als Systeme und damit als Ganzheiten angesprochen werden müssen. Über diese Systeme können dann auch Aussagen getroffen werden, die auf *alle* Systeme zutreffen und dennoch nicht trivial sind. Diese Aussagen bilden das Gerüst einer Theorie allgemeiner Systeme (Rapoport 1976, 232). Die Allgemeine Systemtheorie abstrahiert von konkreten Systemen, um allgemeine Systemprinzipien oder -gesetze für die Anwendung und Übertragung auf verschiedenste Bereiche und disziplinäre Probleme fruchtbar zu machen.

Dass eine Allgemeine Systemlehre sich zu dieser Zeit entwickeln musste, dass nicht nur ein wissenschaftlicher, sondern auch ein gesellschaftlicher Bedarf bestand, reflektiert Bertalanffy später. Die vielen, den Disziplinen gemeinsamen Problemlagen verlangten nach einer Vereinheitlichung der vielfältigen, theoretischen Lösungsansätze. Die Probleme der Organisation oder des zielgerichteten Verhaltens zeigten sich nicht allein in der Biologie. Demnach wurden Fragen und Lösungsmöglichkeiten, die eine systemtheoretische Tendenz aufwiesen, bereits in der Medizin (bspw. der französische Mediziner und Physiologe Claude Bernard mit seinem Begriff des *Milieu intérieur*, Bernard 1855/1856), der Psychologie (bspw. die Gestaltpsychologie, Ehrenfels 1890) oder der Soziologie (bspw. Talcott Parsons und das Problem der sozialen Ordnung, Parsons 1937/1968) diskutiert. In dem Prozess der Verallgemeinerung kam es zu einer semantischen Ausdehnung der meist disziplinären Begriffe und Kategorien. Diese mussten nun neu definiert und in einen allgemeineren wissenschaftlichen Rahmen reintegriert werden. Schließlich machten die disziplinübergreifenden Problemstellungen auch einen interdisziplinären Ansatz notwendig (Bertalanffy

1969a, 36ff.). Die Allgemeine Systemtheorie bot hierfür einen allgemeinen theoretischen Rahmen, der geeignet schien, die disziplinären Perspektiven integrieren zu können.

Angesichts dieser Tendenzen in den Wissenschaften und den Veränderungen in der Theoriebildung war sogar von einer Wende, einem Paradigmenwechsel in den Wissenschaften die Rede, ja von einem neuen wissenschaftlichen Weltbild, welches mehr der tatsächlichen organisatorischen bzw. systemischen Verfasstheit unserer Welt entspräche. Kenneth Boulding nimmt die bisherige disziplinäre Zersplitterung der Wissenschaften als Anlass und betont den vereinheitlichenden Aspekt eines solchen Weltbildes:

“The need for general systems theory is accentuated by the present sociological situation in science [...]. The more science breaks into subgroups, and the less communication is possible among the disciplines, [...] the greater chance there is that the total growth of knowledge is being slowed down by the loss of relevant communications [...]”. (Boulding 1956/2004, 198f.)

Diese Tendenzen zeigten sich nicht nur in den Arbeiten von Bertalanffy. Es bemühten sich verschiedene Autoren unterschiedlicher disziplinärer Herkunft, allgemeine Prinzipien von Organisation und Systemen aufzudecken. Stellvertretend und prominent sind hier u.a. zu erwähnen: die Allgemeine Organisationslehre (Tektologie) von Alexander Alexandrowitsch Bogdanow (1926, 1928), Forrester's Simulationsmodelle von Mengen von Differentialgleichungen (Forrester 1968), die modelltheoretisch-mathematische Fassung der Allgemeinen Systemtheorie (Mesarović & Takahara 1975), die Organisationslehre und Operations Research von Russell Lincoln Ackoff (1957) und die Kybernetik von Norbert Wiener (1948). Auch sollen die Theorien sozialer Systeme (Parsons 1951/1979, Luhmann 1984) nicht vergessen werden. *Systemtheorie* kann demnach auch nicht als eine einheitliche Theorie bezeichnet werden. Die Unterschiede zwischen den verschiedenen systemtheoretischen Ansätzen sind so groß, dass Hans Lenk sogar von einem „[...] Sammelreservoir theoretisch und methodologisch unterschiedlicher, disziplinübergreifender, aber durch Projektbezogenheit verbundener Modellansätze [...]“ (Lenk 1978, 245) sprechen konnte.

Die von Bertalanffy entwickelte Allgemeine Systemtheorie erfuhr nicht nur – wie die anderen Ansätze auch – eine große Resonanz unter den Wissenschaftlern. Geschult im Streit um die Autonomie der Biologie und der kritischen Sicht auf die Debatten zwischen mechanistischen und vitalistischen Ansätzen, bewahrte sich die Allgemeine Systemtheorie in ihrer Ausprägung ein philosophisch-kritisches Potential, weshalb sie nicht nur von wissenschaftstheoretischem Interesse

ist. Im Gegensatz zu anderen Systemansätzen mit einem technischen (Kybernetik) oder sozial-kommunikativen Hintergrund (Luhmann) operiert die Allgemeine Systemtheorie mit Begriffen (Identität, Organisation, Zielgerichtetheit etc.), die ihren biologischen Hintergrund nicht verleugnen können und wollen. Ein weiteres auszeichnendes Merkmal ist ihr sogenannter synthetischer Ansatz. Im Unterschied zu den Systemanalysen technisch orientierter Theoretiker (Regelkreise, Feedback-Mechanismen etc.) orientiert sich die Systemtheorie von Bertalanffy an der Ganzheit von Systemen. Im Kontext des nunmehr verblasenden systemtheoretischen Booms macht sie dies zu einem Unternehmen, das – wie gezeigt werden soll – auch heute noch ihr kritisches Potential zu entfalten vermag.

2 Grundlagen der Allgemeinen Systemtheorien

2.1 Systembegriff

Bereits in der Beschreibung des organismischen Ansatzes spielte der Begriff des Systems eine Rolle. Der Organismus wurde bereits als offenes System definiert. Für die Allgemeine Systemtheorie ist es *der* zentrale Begriff und soll nun für die Arbeiten von Bertalanffy präzisiert werden. Im Zuge der Entwicklung der Allgemeinen Systemtheorie erfolgte die Generalisierung der organismischen Perspektive zu einem allgemeinen Systemansatz. Mit dem allgemeinen Systembegriff lässt sich nun ein breites Spektrum an Phänomenen erfassen. Wir können von materialen Systemen (bspw. einem Organismus) und formalen Systemen (wie in der Mathematik), von natürlichen und von künstlichen Systemen (bspw. einem Musikstück) sprechen. Systeme können in allen Bereichen der Natur (bspw. als Ökosysteme oder als Organismen) und der sozialen Welt (bspw. Organisationen, eine Universität oder eine Familie) beschrieben werden. Sie finden sich im Makrobereich (bspw. ein Sonnensystem) oder im Mikrobereich (bspw. ein Atom). Allen diesen Systemen liegen Gemeinsamkeiten zu Grunde, welche die Allgemeine Systemtheorie mit einem generalisierten Systembegriff zu erfassen und zu beschreiben versuchte.

Das entscheidende Merkmal von Systemen besteht für die meisten Autoren, so auch für Bertalanffy, in Wechselwirkungen, Interdependenzen. Der Begriff der Interdependenz bezeichnet die wechselseitige Beeinflussung, die Interak-

tion von Elementen in einem Set von Elementen. Ein System ist demnach ein Set von Objekten und den Beziehungen zwischen diesen Objekten und ihren Eigenschaften (Hall & Fagen 1956, 18). Dem schließen sich viele der Systemtheoretiker an:

“[...] systems as ‘sets of elements standing in interaction’ [...]” (Bertalanffy 1969a, 38)

“A physical entity is considered as a system if the outcome of its behavior is conceptualized as the product of the interactions of its parts.” (Ackoff 1960, 2)

„In der Tat sollte laut Definition ein System bloß eine durch spezifizierte Relationen organisierte Menge von Elementen sein. Jedoch können nur die einfachsten Systeme in dieser Weise beschrieben werden. In der Wirklichkeit treffen wir Systeme an, die viel zu verwickelt sind, um überhaupt präzise in jedem Detail definiert werden zu können. Wir nehmen ihren ‚Systemcharakter‘ wegen der wechselseitigen Abhängigkeit ihrer Teile intuitiv wahr.“ (Rapoport 1987, 364)

Die Einfachheit der Definition mittels des Interdependenz-Begriffs ermöglicht schließlich auch eine formale Beschreibung von Systemen. Das Ziel der Beschreibung besteht in einem hohen Abstraktionsgrad, der Systeme als generalisierte Systeme von der Analyse in ihren spezifischen, disziplinären Zusammenhängen löst. In formaler Hinsicht ist ein System einfach eine Menge aller Relationen eines Systems. Diese lässt sich mathematisch durch einen Satz simultaner Differentialgleichungen ausdrücken. Für jeden Systemparameter gibt es eine Gleichung, die zeigt, wie die Änderungen dieses Parameters von der Änderung der anderen Systemparameter abhängt. Bertalanffy definiert:

“A system can be defined as a complex of interacting elements. Interaction means that elements, p , stand in relations, R , so that the behavior of an element p in R is different from its behavior in another relation, R' . If the behaviors in R and R' are not different, there is no interaction, and the elements behave independently with respect to the relations R and R' .” (Bertalanffy 1969a, 55f.)

In formaler Hinsicht stellt sich dieser Sachverhalt folgendermaßen dar (Bertalanffy 1969a, 56):

$$\begin{aligned} dQ_1 / dt &= f_1 (Q_1, Q_2, \dots Q_n) \\ dQ_2 / dt &= f_2 (Q_1, Q_2, \dots Q_n) \\ &\dots\dots \\ dQ_n / dt &= f_n (Q_1, Q_2, \dots Q_n) \end{aligned}$$

Jeder Funktionsausdruck des Systems f_1, f_2, \dots, f_n ist von seinen Argumenten Q_1, Q_2, \dots, Q_n abhängig. Da jede Variable in jeder Gleichung erscheint, zieht die Variation einer beliebigen Funktion f_i Veränderungen aller anderen Funktionen nach sich.

Die allgemeine Definition des Systembegriffs scheint zunächst etwas grob und wenig aussagekräftig. Dennoch ist mit dem Interdependenzbegriff das entscheidende Merkmal von Systemen, die *differentia specifica*, gegenüber anderen möglichen Sets von Elementen herausgearbeitet. Die wechselseitige Interaktion der Teile unterscheidet ein System von bloßen Haufen oder Ansammlungen von Teilen. Ebenso werden Systeme von den linearen Kausalzusammenhängen mechanistischer Beschreibungen unterschieden. Begriffen wie Ganzheit, Gestalt, Organismus oder dem etwas mystischen Ausspruch „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ kann so eine konkrete Bedeutung gegeben werden (Bertalanffy 1969a, 55).

Kritisch wird dagegen eingewandt, dass der so beschriebene Systembegriff nur eine Wiederholung des mathematischen Begriffs der strukturierten Menge darstellt. Dies führt zu Überschneidungen mit einer mengentheoretisch interpretierten Mathematik. Eine mathematische Beschreibung des Systembegriffs wäre demzufolge noch weiter zu spezifizieren (Lenk 1978, 240). Bertalanffy und die meisten anderen Systemtheoretiker bleiben daher auch nicht bei dieser Definition stehen. Das Merkmal der Interdependenz der Elemente stellt nur den kleinsten gemeinsamen Nenner der Systemtheorien dar. Die weiteren Spezifizierungen des Systembegriffs entsprechen dann genau den Eigenschaften, welche die Vielfalt an Systemtheorien ausmachen. Bei Bertalanffy ist es eine Theorie offener Systeme mit einem primär begrifflichen System von Bestimmungen und Abgrenzungen, die er mathematisch zu fundieren sucht.

2.2 Systemtheorie

2.2.1 Interdependenz

Zu unterscheiden ist die Definition (Explikation) eines allgemeinen Systembegriffs von den Eigenschaften der Systeme (deren Deskription). Der Interdependenz-Begriff stellt für beide den zentralen Grundbegriff dar. Er ist unterscheidendes Merkmal (*differentia specifica*) für die Definition des Systembegriffs und notwendige Bedingung für Systeme und deren besondere Eigenschaften. Von hier aus lassen sich viele Eigenschaften von Systemen deduzieren bzw.

anderweitig erschließen. Beispielsweise ist er eng mit den Begriffen der Organisation und Ordnung oder der Äquifinalität verknüpft.

Die Interdependenz zweier Elemente E_1 und E_2 lässt sich folgendermaßen definieren: Ändern sich die Struktur und Eigenschaften des Elements E_1 , dann ändern sich auch die Struktur und Eigenschaften des Elements E_2 und umgekehrt.

Nehmen wir als ein einfaches Beispiel die Beziehung von Raubtier und Beutetier in einem Ökosystem (Lotka-Volterra-Regeln). Diese Beziehung unterliegt Schwankungen, die sich auf die Interdependenz von Räuber und Beute zurückführen lassen. Wenn sich die Beutetiere vermehren, dann haben die Räuber ein reichhaltigeres Nahrungsangebot, in dessen Folge sie sich stärker vermehren. Die gestiegene Anzahl der Raubtiere führt zu einer erhöhten Fressmenge und damit zu einer deutlichen Abnahme der Beutetiere. Ist das Nahrungsangebot dezimiert, hat dies wiederum Konsequenzen für das Überleben der Raubtiere etc. Weitere Beispiele lassen sich auf vielen Gebieten finden, so die Wärmeregulation von Säugetieren, die Interdependenzen bei der Embryonalentwicklung, die Wechselwirkung zwischen den Planeten und der Sonne (Gravitation), die verantwortlich für die Gestalt des Sonnensystems sind usw.

Der Interdependenz-Begriff ist in formaler wie auch in qualitativer Hinsicht von Bedeutung für den Aufbau der Allgemeinen Systemtheorie. Bereits mit Hilfe der formalen Definition des Systembegriffs lassen sich bestimmte Eigenschaften von Systemen mathematisch darstellen. Als Beispiele führt Bertalanffy die mathematische Modellierung u.a. von Gleichgewichtszuständen, von Konkurrenzverhalten, von Ganzheit und Summativität an, die letztlich alle auf dem Interdependenz-Begriff aufbauen (Bertalanffy 1969a, 57ff.).

“Thus a number of concepts follow from the definition of systems which, like non-summativity, wholeness, centralisation, individuality, finality, have often been considered as anthropomorphic, vitalistic or metaphysical, but which are, in fact, consequences of the formal characters and certain conditions of the system.” (Bertalanffy 1950b, 155)

Die Eigenschaften von Systemen sind Konsequenzen bzw. Funktionen der Interaktionen der Elemente oder der Subsysteme (Bertalanffy 1956, 8). So folgt bspw. die Gleichung zur Beschreibung von Wachstum aus der Wechselwirkung der Auf- und Abbauprozesse (vgl. Kap. II.3.3.3). Dem Erfordernis der Ganzheit entsprechen die Beziehungen der untergeordneten Elemente und dieser mit dem übergeordneten System (Bertalanffy 1969a, 68).

Nicht alle Eigenschaften können jedoch aus der formalen Systemdefinition deduziert werden bzw. sind einer formalen Beschreibung zugänglich. Zwar fin-

den sich beispielsweise in Theorien zu biologischen Gleichgewichten oder der Theorie der natürlichen Selektion (die Price-Gleichung: Price 1970) mathematische Ansätze, dennoch beschreiben diese nur bestimmte Aspekte des Phänomens. Zudem sind sie in der Realität nur schwer anzuwenden, da bestimmte Parameter der Gleichungen im Feld nur ungenügend oder unmöglich zu bestimmen sind und so qualitative Argumente ins Spiel kommen müssen (Bertalanffy 1956, 7). Das Problem der Anwendung mathematischer Modelle ist ein besonders wichtiges Problem für die Allgemeine Systemtheorie. Ich werde darauf im Kapitel IV.3.2.1 näher eingehen.

Auch in methodischer Hinsicht ist Interdependenz zentral für eine Allgemeine Systemtheorie. Wie Kausalität die grundlegende Beziehung in linearen Zusammenhängen darstellt, so ist die Interdependenz die grundlegende Beziehung in systemischen Zusammenhängen. Im Unterschied zur linearen Kausalität oder Mono-Kausalität, bei der eine Ursache mit einer Wirkung verknüpft wird, zeichnen sich systemische Zusammenhänge durch Wechselwirkungen der Elemente aus. Kausale Zusammenhänge nehmen unter diesen Bedingungen die Form von Netzwerkkausalität an. Eine Ursache kann dann mehrere Wirkungen haben, wie auch umgekehrt mehrere Ursachen eine Wirkung hervorbringen können. Einfache kausale Relationen sind hier als Spezialfälle von Interdependenz anzusehen. Das Kausalprinzip kann damit auf das Prinzip der Wechselwirkung zurückgeführt werden. Dies hat schließlich wissenschaftspraktische Konsequenzen: Eine umfassende Analyse komplexer Zusammenhänge muss Interdependenzen berücksichtigen und darf nicht bei einer mono-kausalen Analyse stehen bleiben (Bendmann 1967, 37; 77). Rapoport spricht hier von einem „holistischen“, besser einem ganzheitlichen Ansatz der Systemtheorie (Rapoport 1987, 360f.).

2.2.2 Hierarchische und dynamische Ordnung

Im Unterschied zum Strukturbegriff impliziert der Systembegriff mindestens vier Dimensionen, d.h. die drei räumlichen Dimensionen und die zeitliche Dimension. Weitere wichtige Eigenschaften von Systemen sind demzufolge in der hierarchischen und dynamischen Organisation von Systemen zu finden.

Die einfachste hierarchische Ordnung lässt sich als ein Set chinesischer Boxen beschreiben (Simon 1973). Dieses Set besteht aus einer Box, die eine Box beinhaltet, in welcher sich eine weitere Box befindet etc. Für Systeme gilt dann: Öffnet man eine Box, so findet man nicht nur eine weitere Box, sondern ein kleineres Set an Boxen. In der Natur finden sich allerdings weitaus komplexere hierarchische Ordnungen. Zum einen sind es nicht nur homogene Elemente,

sondern heterogene Elemente, die in einer hierarchischen Organisation miteinander verbunden sind. Zum anderen sind die Art und Anzahl der „Verschachtlungen“ nicht immer homogen. Beispielsweise besteht ein Molekül aus Atomen, die wiederum aus einem Kern und mehreren Elektronen bestehen. Der Kern beinhaltet dabei noch weitere Elementarteilchen. Oder: Organismen bestehen aus Organen und Gewebe, welche aus Zellen, und die wiederum aus makromolekularen Strukturen gebildet sind. Auch soziale Strukturen lassen sich als hierarchische Ordnungen beschreiben: Organisationen, Gruppen, Individuen etc.

Eine hierarchische Organisation umfasst demnach mehrere Ebenen, meist heterogener Elemente. Systeme bestehen aus Subsystemen, diesen Subsystemen sind wiederum weitere Subsysteme untergeordnet und so fort. Umgekehrt kann ein System Teil eines größeren Systems, eines Supersystems sein, welches dann seine Umwelt darstellt. Es lässt sich so von verschiedenen Systemebenen sprechen, die mit entsprechenden disziplinären Perspektiven verknüpft sein können, aber nicht müssen. Die Subsysteme der verschiedenen Ebenen stehen als Elemente des Systems in wechselseitiger Beziehung zueinander und konstituieren so das Ganze.

In formaler Hinsicht lässt sich ein System von Systemen folgendermaßen beschreiben: Jedes Element Q_1, Q_2, \dots, Q_n ist ein System von Elementen $O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{in}$, von denen jedes System O durch eine entsprechende Differentialgleichung (vgl. Kapitel III.2.1) beschreibbar ist.

$$dO_{ii} / dt = f_{ii} (O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{in})$$

Hierarchische Organisationen sind jedoch nicht immer gleich aufgebaut. So unterscheidet sich die Organisation von Organismen wesentlich von einer physikalischen hierarchischen Organisation. Entgegen letzterer zeichnet sich die Organisation lebender Systeme durch eine fortschreitende Differenzierung des Gesamtsystems aus:

“As a rule, the organization of physical wholes, such as atoms, molecules, or crystals, results from the union of pre-existing elements. In contrast, the organization of biological wholes is built up by differentiation of an original whole which segregates into parts.”
(Bertalanffy 1969a, 68)

Hierarchische Organisation in der lebenden Natur kann nicht als eine summativ Organisation von Elementen angesehen werden. Ebenfalls gilt, dass das Verhalten eines lebenden Systems nicht durch die Summe des Verhaltens bzw. der Eigenschaften seiner Elemente charakterisiert werden kann. Umgekehrt stellt die organisatorische Einheit bzw. Ganzheit eines lebenden Systems eine

der Bedingungen für das Verhalten der Teilsysteme dar. Anders ausgedrückt: Die Teilsysteme und ihre Eigenschaften stehen in Abhängigkeit von der Gesamtheit der Wechselwirkungen eines Systems.

Die hierarchische Organisation eines Systems lässt sich dagegen als hierarchische Abfolge von Komplexitätsebenen (*levels*) beschreiben. Dies entspricht meist der disziplinären Einteilung in den Wissenschaften. Beispielsweise stellen physikalische Systeme (Atome, Moleküle etc.) eine Ebene in einem Gesamtsystem, biologische Systeme (Organe, Gewebe etc.) eine andere komplexere Ebene des Gesamtsystems dar. Problematisch werden dann die Beziehungen dieser Ebenen zueinander (*inter-level relations*). Viele der bekannten naturwissenschaftlichen und philosophischen Probleme können als derartige „Ebenenprobleme“ formuliert werden. Prominent sind Fragen einer Philosophie des Geistes (bspw. bei der neurobiologischen Erklärung mentaler Phänomene) oder in der Genetik (die Genotyp-Phänotyp-Unterscheidung). Es ist die Rede von niedrigen und höheren Ebenen, wobei die niedrigen Ebenen gemeinhin als eine basale Ebene gegenüber dem Phänomenbereich der höheren Ebene angesehen werden, wie bspw. die physikalisch-chemischen Elemente, das Genom oder physiologische Einheiten. Die höhere und komplexere Ebene ist meist die Ebene der speziellen Disziplinen, für die genannten Beispiele die Biologie (Lebensphänomen), die phänotypische Ausprägung des Lebendigen oder die Psychologie (mentale Eigenschaften).

Die hierarchische Organisation von Systemen wie deren wissenschaftsorganisatorische Entsprechung werfen viele Probleme auf. Es stellt sich erstens die Frage, ob in biologischen Systemen von einer kausal-determinierenden Beziehung der unteren Ebene durch die höhere Ebene gesprochen werden kann (*downward causation*) (Campbells 1974). Die Annahme einer abwärts gerichteten Kausalität sehen Hofkirchner & Schafranek auch von Bertalanffy vertreten (Hofkirchner & Schafranek 2011, 189), führen jedoch für diese These – außer der ursprünglich von Aristoteles stammenden, verkürzten Summenmetapher „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ (Aristoteles *Ta meta ta physika*, 1041b) – keine weiteren einschlägigen Zitate an. Ich möchte mich daher diesem Problem etwas ausführlicher widmen. Ein Beispiel für abwärts gerichtete Kausalität (*downward causation* bzw. *top-down-Kausalität*) wäre das, was man als mentale Verursachung bezeichnet. Einerseits verursachen körperliche Verletzungen Schmerzen, eine kausale Relation, die einen Sachverhalt auf der physischen Ebene als Ursache für eine mentale Wirkung, das Schmerzerlebnis, zeigt. Aber auch das umgekehrte Verhältnis scheint möglich. Werde ich bspw. wütend, so verursacht dies das Ansteigen meines Blutdrucks. Hier ist ein mentaler Sachverhalt ursächlich für die Veränderung eines physiologischen Zustandes.

Ein weiteres Beispiel (Craver & Bechtel 2007, 559): Nehmen wir eine Person mit dem Namen Fritz, die nach Jahren der Sportabstinenz anfängt, Tennis zu spielen. In dem Moment, in dem Fritz das Tennisfeld betritt und anfängt, sich zu bewegen, wird ein physiologischer Prozess in Gang gesetzt, der die nötige Energie bereitstellen soll. Die im Blut gelöste Glucose (Glykogen) wird transformiert, so dass Adenosintriphosphat (ATP) erzeugt und damit Energie zur Verfügung gestellt werden kann. Die veränderte Intensität des Glucose-Metabolismus ist demnach eine Wirkung davon, dass Fritz beginnt, Tennis zu spielen. Der Beginn des Spiels ist scheinbar Ursache für eine Veränderung des Verhaltens bestimmter biochemischer Wege und zellulärer Mechanismen. Diese Änderungen können kurzfristige, bei ausdauerndem Training und entsprechender Fitness auch langfristige Wirkungen zeigen. Auch dies wäre ein Fall abwärts gerichteter Kausalität. Craver und Bechtel meinen jedoch, dass dieser Begriff in die Irre führe. Im genannten Beispiel wie auch in anderen Fällen sogenannter Interlevel-Kausalität handele es sich tatsächlich um hybride Mechanismen von konstitutiven und kausalen Relationen. Die Kausalprozesse fänden weiterhin nur auf einer hierarchischen Ebene statt (Intralevel-Kausalität). Korrekt müsste das Beispiel demnach anders beschrieben werden: Beginnt Fritz mit dem Spiel, dann signalisieren die beanspruchten Muskelnerven den Beginn des Glukose-Metabolismus. Die Information führt dazu, dass die Muskelzellen mit Energie versorgt werden. Der Veränderung im Verhalten des Organismus entspricht eine Veränderung von einer oder mehreren Komponenten eines Mechanismus (konstitutive Relation). Diese Komponenten verursachen dann Veränderungen bei anderen Komponenten (Kausalrelation). Eine spezifische Interlevel-Kausalität muss dabei nicht unterstellt werden. In den Ausführungen von Craver & Bechtel bleibt allerdings unbestimmt, was eine konstitutive Relation auszeichnet. So ist nicht immer geklärt, warum gerade diese Veränderungen bzw. Komponenten angesprochen werden. Die konstitutive Relation scheint zudem nur in summativer Hinsicht gebraucht. Die Komponenten haben bestimmte Eigenschaften, die aktiviert und deaktiviert werden können. Diese Problematik wird in der phänotypischen Ausprägung genetischer Informationen besonders deutlich. Gene können nicht nur aktiviert oder deaktiviert werden, sondern ihnen kann im Zusammenspiel mit den anderen Genen auch eine bestimmte Funktion zugewiesen werden. Es ist die Gesamtheit der wechselwirkenden Komponenten, welche die eine Komponente auf eine bestimmte Funktion festlegen bzw. beschränken (*constrain*) kann.

Statt eine abwärts gerichtete Kausalität oder – das andere Extrem – eine bloß additive Konstitution zu postulieren, kann mit der Kenntnis der die Eigenschaften bestimmenden, systemimmanenten Bedingungen eine nicht-metaphysische und nicht-reduktive Erklärung der konstitutiven Beziehung versucht werden. Es

geht um eine Beschreibung der Interdependenzen von Prozessen, nicht um eine Negierung ontologischer Sachverhalte der Organisation (wie dem Supervenienzprinzip) durch metaphysische Postulate (Brigandt & Love 2008). Derartige Beziehungen sind zudem mathematisch darstellbar, wie dies Bertalanffy für den spezifischen Fall des Wettkampfes bzw. Kampfes (*competition*) der Elemente eines Systems demonstriert hat (Bertalanffy 1969, 63ff.). Die „Summenmetapher“ ist demnach auch kein Beleg für eine abwärts gerichtete Kausalität bei Bertalanffy.

Wie viele Beispiele zeigen, sind die Interdependenzen eines Systems nicht auf eine horizontale Struktur beschränkt. Sie finden sich in vertikaler Hinsicht, in bspw. einer konstitutiven oder einer einschränkenden Funktion. Es ist irreführend, den allgemeineren Begriff der Interdependenz verengend kausal zu interpretieren und so zu metaphysischen Annahmen, wie einer abwärts gerichteten Kausalität, genötigt zu sein. Stanley Salthe wird eine Vielfalt an Beziehungen der Ebenen zueinander später folgendermaßen zusammenfassen:

“In [...] hierarchy, a higher level organizes, controls, regulates, harnesses, guides, interprets, constrains, limits, etc. the lower levels.” (Salthe 2009)

Ein zweites, mit dem Bestehen hierarchischer Organisation verbundenes Problem ist ihre Genese. Für genetisch-historische Erklärungen steht u.a. eine historische Biologie. Abgesehen von den Mängeln, auf die bereits im Kapitel II.3.3 eingegangen wurde, bleibt auch für Bertalanffy die Evolutionstheorie der beste Ansatz der Erklärung. Den evolutionären Vorteil bei der Genese einer *hierarchischen* Organisation erläutert Herbert Simon (1962) prägnant mit der Geschichte von den beiden Uhrmachern Hora und Tempus. Beide waren sehr erfolgreich und erhielten immer öfter neue Aufträge. Doch während sich Hora zunehmend etablieren konnte, wurde Tempus immer ärmer, bis er schließlich sein Geschäft ganz verlor. Was war passiert? Die Uhren bestanden aus mehreren tausend Einzelteilen. Tempus hatte die Uhr so konstruiert, dass seine Uhr – musste er aus irgendeinem Grund seine Arbeit unterbrechen und die Uhr weglegen – wieder in ihre Einzelteile zerfiel. Erst wenn er sie vollständig zusammengesetzt hatte, konnte er sie weglegen. Um so mehr Aufträge und damit Anrufe er erhielt, desto öfter musste er die begonnene Arbeit weglegen, um an das Telefon zu gehen. Die Uhr zerfiel in ihre Einzelteile, und er musste wieder von vorn anfangen. Dagegen hatte Hora seine Uhr anders konzipiert, sie war über hierarchische Stufen aufgebaut. Ein Subsystem der untersten Ebene bestand aus je zehn Elementen. Zehn dieser Subsysteme ergaben ein größeres Subsystem, von denen zehn Subsysteme schließlich das gesamte System konstituierten. Musste er seine Arbeit unterbre-

chen, so verlor er nur einen kleinen Teil seiner Arbeit (Simon 1962, 470). Simon weist nach, dass die zur Herstellung benötigte Zeit bei hierarchischen Systemen signifikant geringer sei. Zudem wären diese stabiler. Die für die Evolution komplexer Formen benötigte Zeit stehe in Abhängigkeit zur Anzahl und Verteilung vermittelnder stabiler Formen in einer hierarchischen Ordnung.

“The effect of the existence of stable intermediate forms exercises a powerful effect on the evolution of complex forms [...]” (Simon 1962, 472)

Das Problem der Genese hierarchischer Formen besteht allerdings nicht nur in evolutionärer, sondern ebenso in ontogenetischer Perspektive. Das Problem der Formbildung bzw. der Embryonalentwicklung stellte das zentrale Thema des organismischen Ansatzes bei Bertalanffy dar. Hier entwickelte er ein wissenschaftliches Verständnis teleologischer Mechanismen mittels des Begriffs der Äquifinalität. Die Interdependenz der verschiedenen Elemente eines Gesamtsystems stellt auch hier einen, komplexe Ordnungsmuster konstituierenden Faktor dar. Nehmen wir als Beispiel den Mechanismus der Genexpression. Die ‚Ausprägung des Genotyps‘ umfasst die Prozesse der Transkription und Translation. Typischerweise ist ein Gen ein langer DNA-Strang. Wie entsteht aus dieser linearen Einheit nun eine hierarchische Struktur? Im Prozess der Transkription wird bekanntlich eine Kopie des DNA-Strangs erstellt. Die sogenannte mRNA (messenger RNA) ist eine (fast) identische Kopie der DNA. Sie liefert die Informationen für die Synthese von einem oder mehreren Proteinen. Jedes Basentriplett des Nukleotids der kodierenden Region der mRNA korrespondiert mit der bindenden Seite der transfer RNA. Dieses kodiert die durch das Ribosom verketteten Aminosäuren und kreierte so ein strukturloses Protein (Translation). Durch homologe (ähnliche Moleküle) oder heterologe (verschiedene Moleküle) Interaktion der Genprodukte werden schließlich die Moleküle einander so zugeordnet, dass sie ein multimolekulares System bilden. Dieser makromolekulare Komplex stellt dann bereits eine höhere Ordnungsstufe dar. Schließlich beginnt der Prozess der Faltung: Mit Unterstützung von Enzymen werden die Proteine in eine drei-dimensionale Struktur gebracht. Durch diese Faltung entstehen neue Relationen mit neuen Möglichkeiten der Interaktion und damit auch neue Eigenschaften. Clifford Grobstein fasst den Prozess der Neogenesis folgendermaßen zusammen:

“We can summarize by saying that the interactive properties of proteins [...] are an expression of the relationships among the amino acids, initially linear but secondarily more complex. They are expressed in conformation, which is transformation of the

original linear sequence, sensitive to the context within which the molecule folds and functions. The initial relationship of the particular amino acid set established in one context are transformed in a new context. In the transformation to higher order a new property *emerges* as the *enzyme* is formed.” (Grobstein 1973, 41)

Interdependenzen erweisen sich damit als grundlegendes und konstitutives Element einer hierarchischen Ordnung.

Drittens: Die offensichtliche Dynamik des Lebendigen zeigt, dass die Eigenschaften eines Systems nicht allein durch die Interdependenz von Elementen in Strukturen erklärt werden können. Eine prozessuale Perspektive muss eingenommen werden. Die systemischen Eigenschaften erweisen sich dann als eine Funktion der Interdependenzen der Prozesse. Für Bertalanffy besteht nicht nur eine hierarchische Ordnung der Elemente, sondern auch eine hierarchische Ordnung der Prozesse eines Systems. Ein System ist eine Ordnung in der Zeit, es ist eine dynamische Ordnung. Wissenschaftshistorisch verschiebt sich damit der Fokus von strukturellen hin zu prozessualen Interdependenzen. Temporale Hierarchien wie z.B. Wechselwirkungen und Rhythmen von Prozessen werden zunehmend Gegenstand wissenschaftlicher Analyse. Die Erklärung der Genese der Asymmetrie des Aortenbogens ist ein Beispiel hierfür. In dieser werden die verschiedenen Ereignisse eines fortlaufenden Prozesses kombiniert. Genexpression und Dynamik des Blutflusses stehen in einem Wechselverhältnis. Die Genexpression ist kausal relevant für die Änderung der Arterienstruktur. Diese wiederum verändert die Dynamik des Blutflusses. Die neue Dynamik des Blutflusses induziert eine Veränderung der Genexpression. Die veränderte Genexpression ist schließlich für das Entstehen der Asymmetrie im Aortenbogen relevant (Yashiro et al. 2007).

Weitere Beispiele der Beschreibung und Erklärung prozessualer Ordnungen finden sich mit den geschlossenen Systemen des kybernetischen Ansatzes. Den kybernetischen Mechanismen wie Feedback bzw. Rückkoppelung liegen eine dynamische Interaktion der Elemente bzw. eine Interaktion der Prozesse zu Grunde. Nehmen wir als Beispiel einen Regelkreis zur Steuerung der Temperatur in einem Raum. Das System „Heizung-Thermostat“ interagiert dynamisch. Der Thermostat (ein Messfühler, der die Zimmertemperatur mit einem vorgegebenen Sollwert vergleicht) ist mit einer Heizung verbunden. Wird der Sollwert des Thermostaten unterschritten, so wird ein Mechanismus in Gang gesetzt, der das Heizungsventil öffnet. Wird die Solltemperatur durch die gestiegene Wärmezufuhr der Heizung im Raum überschritten, dann wird das Heizungsventil wieder zuge dreht. Es besteht also eine Interdependenz zwischen Thermostat und Heizung, in der Sprache der Kybernetik eine *negative Rückkoppelung*, die das

System „Zimmer“ auf einem geeigneten (eingestellten) Temperaturniveau hält. Die Prozesse des Thermostaten und der Heizungsanlage interagieren und konstituieren so eine Ordnung, ein stabiles Gesamtsystem.

Ein letzter Aspekt der prozessualen Perspektive auf Organisation und Ordnung soll hier nur angedeutet werden. Bertalanffy spricht von einem Gegensatz von Struktur und Funktion, der sich in den biologischen Disziplinen der Morphologie und Physiologie ausdrückt. Die Morphologie versteht sich als Wissenschaft, welche den Aufbau, die Struktur und die Form der Organismen beschreibt, die Physiologie dagegen versteht sich als Lehre von den physikalischen und biochemischen Vorgängen (Funktionen). Dieser Unterschied wird zu einem wissenschaftstheoretischen Gegensatz, begreift man den Organismus ausschließlich als ein statisches System. Die Elemente des Systems finden sich in einer Struktur angeordnet, so dass die Morphologie als grundlegender Wissenschaftszweig erscheint. Dagegen argumentiert Bertalanffy, dass ein Organismus vorrangig als ein dynamisches System anzusehen sei. Er zielt damit nicht nur auf die biochemischen Prozesse als isolierbare Einheiten, sondern auf das gesamte System. Das, was die Morphologie als Strukturen und die Physiologie als Funktionen beschreibt, bekommt bei Bertalanffy eine prozessontologische Grundlage:

„Strukturen sind, für unseren menschlichen Maßstab, lang ausgedehnte, langsame, Funktionen hingegen kurze und rasche Prozeßwellen. Sagen wir, daß eine Funktion, etwa die Kontraktion eines Muskels, an einer Struktur ablaufe, so heißt dies, daß einer langgestreckten und langsam dahinlaufenden Prozeßwelle eine kurze und rasche superponiert ist.“ (Bertalanffy 1949, 129)

Die Integration der beiden widerstreitenden Teildisziplinen in eine Biologie als Wissenschaft des Lebendigen soll mit einer dynamischen Auffassung des Organismus gelingen.

Fassen wir das in diesem Kapitel Gesagte zusammen, so lässt sich von einem engen Zusammenhang zwischen der Definition des Systembegriffs durch Interdependenzen und der Erklärung der Konstitution von hierarchischer Ordnung und Systemen ausgehen. Einbezogen werden dabei nicht nur die Elemente oder Teilsysteme eines Systems, sondern vor allem die Prozesse des Systems. In der Gesamtheit der Wechselwirkungen, die ein System oder Subsystem konstituieren, bestimmt jedes Element – direkt oder indirekt über Subsysteme und Mechanismen – die Eigenschaften der anderen Elemente. In diesem Sinne wird von systemimmanenten Bedingungen der Eigenschaften der Systemelemente gesprochen.

2.2.3 *Theorie offener Systeme*

Die Allgemeine Systemtheorie findet zwar ihre wissenschaftlich, mathematische Form über den Begriff der Relation (Interdependenz), doch kann bei der Systemtheorie – entgegen aller Behauptungen und Zukunftsvisionen – nicht von einem ausschließlich deduktiven Wissenschaftssystem gesprochen werden. Wie die Kritik von Lenk an der Überschneidung von Systemtheorie und mathematischer Mengentheorie zeigt, sind die Interdependenzen zwar ein notwendiges, jedoch kein hinreichendes Kriterium für den Systembegriff. Ebenso beruhen komplexe Netzwerke auf Interdependenzen, ohne jedoch mit dem Systembegriff identisch zu sein. Das bedeutet, dass zu dem Begriff der Interdependenz weitere konzeptionelle Annahmen hinzukommen müssen. Ein solch entscheidendes Kriterium bietet sicherlich der Begriff der Grenze eines Systems bzw. die Relation von System und Umwelt, welche Bertalanffy in seiner Theorie offener Systeme expliziert. Er eröffnet damit der Allgemeinen Systemtheorie Möglichkeiten der Erklärung lebender Systeme und wird in kulturphilosophischer Hinsicht der historischen Unabgeschlossenheit von Kulturen gerecht (Rickert 1913, 297; 299). Die Theorie offener Systeme ist daher ebenfalls als eine Entgegnung und Konsequenz der Kritik an einem starren und ahistorischen Systembegriff zu sehen.

Vor allem ist es aber ein Problem, welches Bertalanffy besonders beschäftigt. Für lebende Systeme gilt, dass die Interdependenzen eines Systems eine dynamische Ordnung konstituieren, die in der Zeit eine gewisse Stabilität bzw. „Invarianz im Wandel“ (Rapoport 1988, 9) aufweist. Die Elemente eines lebenden Systems sind so organisiert, dass das System in der Zeit bestehen bzw. sich erhalten kann. Der Erhalt einer solchen Ordnung scheint allerdings den bekannten Gesetzen der Thermodynamik zu widersprechen. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik behauptet die generelle Tendenz von Systemen zu „Unordnung“ und Nivellierung von Unterschieden (Bertalanffy 1956, 4), besser der Zunahme von Entropie. Entropie ist eine fundamentale thermodynamische Zustandsgröße, die sich allgemein als Maß der Wahrscheinlichkeit (Bertalanffy 1969a, 39) beschreiben lässt. In allen irreversiblen Prozessen nimmt die Wahrscheinlichkeit von Ordnung mit der Zeit ab, d.h. die Entropie (Unordnung) notwendig zu. Der Wert der Änderung der Entropie müsste daher immer positiv sein. Nehmen wir als Beispiel ein Gefäß, in dem zwei verschiedene Gase durch eine Scheidewand getrennt sind. Zieht man diese Scheidewand heraus, so bleibt die (Trennungs-)Ordnung beider Gase nicht bestehen. Es findet eine Vermischung beider Gase statt, bis ein Zustand maximaler Entropie erreicht ist. Dieser Zustand entspricht der wahrscheinlichsten Verteilung der beiden Gase

in einem Raum. Ein weiteres Beispiel ist das Schmelzen von Eis. Hier ist die Ordnung eine geregelte Kristallstruktur, die zu einer regellosen Bewegung von Wassermolekülen tendiert.

Dementgegen können lebende Systeme ihre organisatorische Ordnung über einen langen Zeitraum hinweg erhalten. Dies wird durch einen Stoff- und Energieaustausch möglich, mit dem die Ordnung lebender Systeme über ein Fließgleichgewicht von Auf- und Abbauprozessen erhalten wird. Im Unterschied zu einem chemischen oder einem thermodynamischen Gleichgewichtszustand mit maximaler Entropie beschreiben Fließgleichgewichte das Verhältnis von Auf- und Abnahme der Energie und Materie bzw. des Auf- und Abbaus der Elemente des Systems. Die Ordnung kann nur erhalten werden, befinden sich Auf- und Abbauprozesse in einem dynamischen Gleichgewicht, einem Fließgleichgewicht (*steady state*). So behaupten sich lebende Systeme in der Zeit durch einen kontinuierlichen Austausch von Materie und Energie, wodurch der systemerhaltende Auf- und Abbau der Elemente bzw. Teilsysteme des Systems gewährleistet wird. Neben der Interdependenz stellt deshalb die prinzipielle Offenheit von Systemen zu ihrer Umwelt ein weiteres zentrales und konstitutives Merkmal der Allgemeinen Systemtheorie dar:

“From the physical point of view, the characteristic state of the living organism is that of an open system.” (Bertalanffy 1950a, 23)

Diese Offenheit gilt nicht nur für lebende Systeme. Ein einfaches Beispiel eines offenen Systems findet sich bereits in einer Kerzenflamme. Diese erhält ihre Form im Gleichgewicht materieller und energetischer Auf- und Abbauprozesse der Oxidation von Kohlenstoff.

In der Allgemeinen Systemtheorie werden seit Bertalanffy offene von geschlossenen Systemen unterschieden. Die geschlossenen Systeme sind dabei ein Spezialfall offener Systeme. Geschlossene Systeme sind Idealisierungen, da sie isoliert von Umwelteinflüssen bzw. unter gleichbleibenden Bedingungen (*ceteris paribus*) beschrieben werden. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik behält für geschlossene Systeme uneingeschränkte Gültigkeit. Die Existenz offener Systeme jedoch verlangt eine Erweiterung und Generalisierung der Thermodynamik. Bertalanffy hebt besonders die Arbeiten des Physikochemikers Ilya Prigogine hervor. Die von Prigogine begründete Thermodynamik irreversibler Prozesse und offener Systeme (Prigogine 1955) bietet eine Lösung der Probleme der Evolution des Lebens, welche die Physik herausfordern. Die klassische Dynamik betrachtet Vorgänge in der Zeit als reversible Prozesse. Physikalische Beschreibungen, wie beispielsweise die des freien Falls, seien nicht an bestimmte

Zeitpunkte gebunden und könnten genauso gut umgekehrt verlaufen. Die Richtung des Zeitfaktors würde keine Rolle spielen, zwischen Vergangenheit und Zukunft eines Systems würde nicht unterschieden. In der Biologie zeigen jedoch Phänomene der Dynamik, dass ein Charakteristikum lebender Systeme die Irreversibilität dieser Prozesse ist. So können die Prozesse von Evolution und Ontogenese, die zu einer höheren Komplexitätsstufe tendieren, nur auf Kosten von Energie erzielt werden, die in anderen Prozessen gewonnen wurde. In einer Physik der Nicht-Gleichgewichtsprozesse (bezogen auf den Gesamtwert der Entropie) wird mit dem Begriff der Irreversibilität nun der Zeitpfeil in die Physik eingeführt und offene Systeme einer physikalischen Beschreibung zugänglich (Prigogine 1992).

Gemäß Prigogine könne der Austausch von Entropie in einem offenen System folgendermaßen beschrieben werden:

$$dS = d_e S + d_i S$$

Hierbei entspricht $d_e S$ der Veränderung der Entropie durch Import und $d_i S$ der Produktion von Entropie in irreversiblen Prozessen. Der Term $d_i S$ ist immer positiv, dagegen kann $d_e S$ einen positiven oder negativen Wert annehmen. Die Gesamtveränderung der Entropie dS kann somit einen positiven wie auch einen negativen Wert annehmen. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik wird nicht verletzt bzw. behält seine Gültigkeit für offene Systeme *plus* deren Umwelt (Bertalanffy 1950a, 26). Mit Prigogine lässt sich formulieren:

“1) Steady states in open systems are not defined by maximum entropy, but by the approach of minimum entropy production. 2) Entropy may decrease in such systems. 3) The steady states with minimum entropy production are, in general, stable.” (Bertalanffy 1950a, 26)

Mit Hilfe einer allgemeinen Transportgleichung wird dann definiert:

$$dQ_i/dt = T_i + P_i$$

Q_i ist ein Maß des durch i bestimmten Elements des Systems, bspw. eine Konzentration oder Energie. P_i ist die Produktions- oder Destruktionsrate des Elements Q_i an einem bestimmten Raumpunkt (bspw. eine Reaktionsgleichung) und T_i die Transportgeschwindigkeit am selben Raumpunkt (bspw. eine Diffusionsgleichung). Ein durch diese Gleichung beschriebenes System kann drei Lösungen annehmen. Erstens können die Q 's unbegrenzten Zuwachs erfahren,

zweitens kann ein zeitunabhängiges Fließgleichgewicht erreicht werden und drittens können periodische Lösungen erfolgen. Im zweiten Fall eines Fließgleichgewichts gilt die Gleichung:

$$T_i + P_i = 0$$

Diese muss für einen Zeitraum ($t \neq 0$) aufrechterhalten werden.

Die Tendenz lebender Systeme, ein solches Fließgleichgewicht zu erhalten bzw. nach Störungen wieder herzustellen, bezeichnet Bertalanffy mit einem Begriff von Driesch als Äquifinalität. Einfach formuliert bedeutet dies, dass ein Endzustand von verschiedenen Ausgangszuständen erreicht werden kann. In geschlossenen Systemen wird jeder Endzustand durch seine Anfangsbedingungen eindeutig bestimmt. Beispielsweise sind in einem Modell des Planetensystems die Positionen der Planeten zu einem Zeitpunkt t eindeutig durch ihre Positionen zum Zeitpunkt t_0 bestimmt. Oder: In einem chemischen Gleichgewicht hängt die Konzentration der Reaktionspartner im Endzustand eindeutig von ihren Anfangskonzentrationen ab. Wenn die Anfangsbedingungen oder der Prozess verändert werden, dann ändert sich auch der Endzustand. Dies ist nicht so in offenen Systemen. Hier kann ein bestimmter Endzustand von verschiedenen Ausgangszuständen erreicht werden. Das offene System ist nicht durch seine Anfangsbedingungen, sondern nur durch seine Systemparameter (Organisation) und die Transportvorgänge determiniert:

“In an open reaction system, irrespective of the concentrations in the beginning or at any other time, the steady state values will always be the same, being determined only by the constants of reactions and of the inflow and outflow.” (Bertalanffy 1950, 25)

Zu erinnern ist an das bereits beschriebene Experiment Drieschs mit Seeigeleiern. Ein typischer Seeigel kann sich aus einem normalen Seeigelei wie auch aus zwei Hälften eines geteilten Seeigeleis entwickeln. Es zeigt sich ein Potential zur Regulation. Das Phänomen der Regulation basiert auf einer Eigenschaft von Systemen, welche Driesch als Äquifinalität gekennzeichnet hat (Driesch 1921). Demnach wird auch nach Störung eines bereits bestehenden Fließgleichgewichts dieses Gleichgewicht unter veränderten Bedingungen wieder hergestellt. Ein offenes System erhält sich, so Bertalanffy, indem es den Zustand des Fließgleichgewichts aufrechterhält bzw. wieder herstellt.

Äquifinalität ist eine Eigenschaft von Systemen, die auf Interdependenz, also der wechselseitigen Beeinflussung bzw. Abhängigkeit der Elemente *und* der Offenheit von Systemen beruht. Das scheinbar zielorientierte Verhalten offe-

ner Systeme wurde in der Theorie bisher mit dem Begriff der Teleologie erfasst ($\tau\acute{\epsilon}\lambda\omicron\varsigma$, gr.: Ziel, daher der Begriff für die scheinbare Zielgerichtetheit von Prozessen). Mit Bertalanffy erfährt dieses Verhalten nun eine wissenschaftliche, systemtheoretische Begründung:

“A goal in its general sense is simply some end state to which a system tends by virtue of its structural organization [...]” (Rapoport 1970, 8)

Ebenfalls kann der Erhalt eines Systems nicht allein durch die Interdependenzen, sondern muss zusätzlich durch die Offenheit eines Systems begründet werden. Mit einer Theorie offener Systeme bestehen nun auch neue Möglichkeiten der mathematischen Beschreibung. Bereits besprochen wurden die Bertalanffy-Gleichungen für das Wachstum als einer Interdependenz von Auf- und Abbauprozessen (vgl. Kap.: II.3.3.3). Auch Wachstum ist ein äquifinaler Prozess. Die für eine Spezies charakteristische Endgröße kann von verschiedenen Anfangsbedingungen oder nach einer zeitweisen Störung (bspw. Fehlernährung) erreicht werden (Bertalanffy 1950, 25).

Mit dem Stoff- und Energieaustausch in offenen Systemen ist – auch auf der organismischen Ebene – noch kein Informationsaustausch verbunden. Dies unterscheidet Bertalanffy von James G. Miller und seiner Theorie lebender Systeme (Miller 1978a). Bertalanffy weist allerdings auf die Nähe seiner Theorie offener Systeme zu kommunikationstheoretischen Ansätzen hin (Bertalanffy 1956, 5). Beide, Bertalanffy und Miller, beziehen sich auf den Informationsbegriff von Shannon & Weaver (1949) und bringen diesen in den Kontext einer Theorie offener Systeme. Information ist ein Maß für die Ungewissheit des Eintretens von Ereignissen. Der Informationsgehalt entspricht der Menge an Entscheidungen, die nötig sind, um das Auftreten eines Ereignisses P aus einer Menge möglicher Ereignisse p_n zu bestimmen (Shannon & Weaver 1949, 49). Dies lässt sich mit Hilfe eines Verfahrens binärer Entscheidungen operationalisieren. Das Vorkommen eines Zeichens p_1 aus einem Vorrat von vier möglichen Zeichen p_1, p_2, p_3 und p_4 kann dadurch bestimmt werden, dass zuerst der Vorrat halbiert wird und man sich bspw. für die eine Hälfte p_1 und p_2 entscheidet (1. Binärentscheidung). Dieser Rest wird wiederum halbiert und man entscheidet sich bspw. für die Hälfte, die p_1 beinhaltet (2. Binärentscheidung). Mathematisch lässt sich dies in Form eines binären Logarithmus (Logarithmus zur Basis 2) der möglichen Alternativen (p_n) darstellen. Der Informationsgehalt aus vier möglichen Ereignissen entspricht dann $\log_2 4 = 2$ bits (binary digits, Binärentscheidungen), der aus 8 möglichen Ereignissen $\log_2 8 = 3$ bits und so weiter. Auch der Entropiebegriff (als ein Maß der Unordnung) bzw. der Begriff

der Negentropie (der negativen Entropie als Maß der Ordnung) (Schrödinger 1951) werden über einen Logarithmus beschrieben. Es bestehen, so Bertalanffy, Gemeinsamkeiten zwischen einer physikalischen Fundierung offener Systeme durch den Begriff der Negentropie und der Informationstheorie:

“This measure of information happens to be similar to that of entropy, since entropy also is defined as a logarithm of probability. But entropy [...] is a measure of disorder; hence negative entropy or information is a measure of order or of organization since the latter, compared to distribution at random, is an improbable state. In this way information theory comes close to the theory of open systems, which may increase in order and organization, or show negative entropy. But negative entropy can be considered a measure of decisions, taken out of equally probable ones, a measure of improbability or information.” (Bertalanffy 1956, 5)

Miller geht noch einen Schritt weiter (Miller 1978b). Für ihn sind die Begriffe Information und Entropie nicht nur in formaler Hinsicht ähnlich. Materie-Energie und Information treten immer gemeinsam auf. Information wird von einem materiellen Marker – einer beobachtbaren Einheit wie z.B. Papier, eine CD, Rauchzeichen, dem Arrangement der Nukleotide in einem DNA-Molekül etc. – getragen. Umgekehrt ist in einem System keine Bewegung vorhanden ohne eine Differenz zwischen zwei verschiedenen Potentialen, also negativer Entropie bzw. Information. Welcher Aspekt bei einer Übertragung der wichtigste ist, hängt nun davon ab, was durch den Empfänger verarbeitet wird. Wenn der Empfänger in erster Linie auf den materiellen oder energetischen Aspekt reagiert, so findet eine Materie-Energie-Übertragung statt. Reagiert der Empfänger auf die Informationen, so findet eine Informationsübertragung statt. Als Beispiele führt Miller einen Affen an, der eine Banane isst. Den Affen interessiert nicht die Anordnung der spezifischen Moleküle und damit auch nicht deren Informationsgehalt, sondern einzig deren energetische Wirkung. Dagegen ist das energetische Potential des Lichtsignals, das ihm sagt, er muss den Hebel drücken, um eine Banane zu bekommen, weniger wichtig als die Tatsache, dass das Licht eine Information vermittelt. Wie lebende Systeme bestimmte Formen der Materie-Energie-Übertragung zu ihrem Erhalt benötigen, so benötigen sie auch entsprechende Informationen. Demnach entwickeln sich einige Arten von Tieren nicht „normal“, wenn ihnen entsprechende Informationen in der Kindheit fehlen. Bspw. verfügen Affen über keine angemessenen sozialen Fähigkeiten, wenn sie nicht, während des dritten bis sechsten Monats ihres Lebens mit Artgenossen interagieren können.

Die klassische Informationstheorie, so Miller, negiert zumeist die energetischen Kosten einer Informationsübertragung und damit einen wichtigen Aspekt einer Systemtheorie:

“Systems theory is more than information theory, since it must also deal with energetics – such matters as the muscular movements of the people, the flow of raw materials through societies, or the utilization of energy by brain cells.” (Miller 1978b)

Bertalanffy dagegen sieht in erster Linie die Relevanz von Information für die Dynamik offener Systeme, so bei Feedback-Mechanismen, wie bspw. bei der Temperaturregelung (Thermostat) oder der Thermoregulation warmblütiger Tiere. Bertalanffy betont, dass primäre Regulationsmechanismen (wie bspw. bei der Embryonalentwicklung) in der dynamischen Interaktion der Systemelemente begründet seien. Diese dynamischen Interaktionen wiederum bestünden auf der Grundlage, dass lebende Systeme offene Systeme sind (Bertalanffy 1956, 6). Die Erweiterung einer Theorie offener Systeme hinsichtlich einer Koppelung der materiell-energetischen und informationellen Austauschprozesse, wie Miller sie darstellt, hat Bertalanffy nur angedeutet. Auch in diesem Zusammenhang wird deutlich, dass die Eigenschaft der Interdependenz allein nicht ausreicht, um systemische Ordnung zu kreieren. Wechselwirkungen und deren Konsequenzen sind nur eines unter anderen wesentlichen Charakteristiken. Sie sind nicht hinreichend, um alle weiteren Systemeigenschaften ableiten zu können.

Zwei allgemeine Konsequenzen der Theorie offener Systeme möchte ich im Folgenden kurz andeuten. Ein zentrales Merkmal lebender Systeme ist ihre Fähigkeit zum Erhalt mittels des Austauschs von Materie und Energie. Rapoport bezeichnet dieses Merkmal als Invarianz, was hier nichts anderes als die „[...] Erhaltung von Konstanz unter gewissen Aspekten im Kontext des Wandels [...] bedeutet“ (Rapoport 1988, 9). Angesprochen ist das philosophische Problem der Identität in der Zeit, das mit der Theorie offener Systeme eine unerwartete Perspektive gewinnt.

Ein weiteres Problem betrifft die Abgrenzung von Systemen zu einer Umwelt. Gegenwärtig ist es üblich, den Systembegriff über die System-Umwelt-Differenz zu explizieren (Luhmann 1997, 60ff.). Das findet natürlich bei Bertalanffy in den Ausführungen zu einer Theorie offener Systeme seine Entsprechung. In Auseinandersetzung mit dem Umweltbegriff Jakob von Uexkülls, den er als nur reiz-physiologisch und daher pseudo-psychologisch charakterisiert, fasst er mit Hermann Weber (1939) einen erweiterten Umweltbegriff als das „[...] Gesamtsystem der auf einen Organismus wirksamen Einflüsse, wie dieses von seiner spezifischen Organisation abhängig ist und andererseits den Bestand des Orga-

nismus ermöglicht [...]“ (Bertalanffy 1949, 172). Umwelt wird in Abhängigkeit zum Systembegriff eingeführt und bezeichnet eine Seite der Interdependenz zwischen zu- und abfließenden Materie- und Energieströmen in offenen Systemen. In formaler Hinsicht definieren Hall & Fagen den Umweltbegriff schließlich als ein Set von Objekten, bei denen Veränderung das System beeinflussen, wie auch umgekehrt durch das Verhalten eines Systems beeinflusst werden können (Hall & Fagen 1956).

2.3 Systemprinzipien

Systemprinzipien sind allgemeine, regelhafte Phänomene und Mechanismen auf Grund des organisatorischen Zusammenhangs von Systemen. Insoweit diese Prinzipien mathematisch beschreibbar sind, insofern sind sie für Bertalanffy Gesetzesanalog. Bertalanffy demonstriert dies an einer Auswahl zentraler Prinzipien.

Ein mit dem Problem der Abgrenzung verbundenes Phänomen ist das der Individualität. Für Bertalanffy gibt es streng genommen keine biologische Individualität. Beispielsweise entstehen eineiige Zwillinge aus einem einzigen, sich im frühen Stadium zu zwei ‚Individuen‘ entwickelnden Ei. Und im Experiment von Driesch entwickeln sich aus den beiden Hälften des geteilten Seeigelkeims jeweils ein vollständiger Seeigel. Das, was gemeinhin als biologische Individualität bezeichnet wird, ist „[...] nur eine stammes- und keimesgeschichtlich fortschreitende Individualisierung [...]“ (Bertalanffy 1949, 56). Mit der *Individualisierung* tritt dann auch der Tod in die Welt des Lebens. Die einer Fortpflanzung durch Teilung nunmehr unfähigen Lebewesen sind im Gegensatz zu bspw. einzelligen Lebewesen („Dividuen“) nicht dauerhaft existenzfähig. Durch „natürliche Abnutzung“ sind sie schließlich dem Prozess des Alterns und dem Tod unterworfen. Vollständige Individualität (Zentralisation) würde Fortpflanzung jedoch unmöglich machen. Jeder Aufbau eines neuen Organismus setzt ein Teilstück des alten Organismus voraus. Der Begriff der Individualität ist damit als ein Grenzbegriff anzusehen (Bertalanffy 1949, 57). Individualisierung ist dagegen eine Konsequenz von Prozessen der Organisation von Systemen (Bertalanffy 1949, 55ff.), die mathematisch modelliert werden können (Bertalanffy 1969, 66ff.).

Als Merkmal der Systemtheorie bereits erwähnt, versteht Bertalanffy die *hierarchische Ordnung* als ein allgemeines Prinzip der Organisation. Im Anschluss an Woodger führt Bertalanffy mehrere biologische Beispiele an: die Teilungs-

hierarchie als Relation von Mutter- und Tochterzellen in vielzelligen Organismen, die räumliche Hierarchie als Relation von Systemen zu Teilsystemen, die genetische Hierarchie als Relation von Muttergeneration zu Tochter-, Enkelgenerationen etc. (Nachkommenschaft), die Histosysteme als Relation von Einschlüssen (bspw. Nervenfasern, Nervenfasern, makroskopischer Nerv) oder die hierarchische Ausgliederung (wie besonders in der Keimesentwicklung).

Ein weiteres, auf der hierarchischen Organisation aufbauendes Prinzip stellen Prozesse der *Mechanisierung* dar. Zunehmende Differenzierung geht dabei mit einer zunehmenden Mechanisierung einher. Die Differenzierung des Systemganzen, d.h., die Aufspaltung einer ursprünglich einheitlichen Leistung in verschiedene Einzelleistungen (funktionale Determination), impliziert einen Verlust an Regulationsfähigkeit. Die funktionale Spezialisierung gewisser Teilsysteme verringert die Möglichkeit der Übernahme anderer Leistungen im Falle von Störungen und Ausfall anderer funktioneller Teilsysteme. Um so schwächer die Interaktion der Systemelemente dabei wird, desto maschinenähnlicher wird das gesamte System, bis es schließlich nur als eine Summe unabhängiger Teilsysteme anzusehen ist. Die mathematische Modellierung progressiver Mechanisierung lässt sich über einen Interaktionskoeffizienten realisieren (Bertalanffy 1969, 68f.).

Ein viertes, für Bertalanffy bedeutsames Prinzip stellt die *Zentralisierung* dar. Auch hier geht eine zunehmende Differenzierung mit der zunehmenden Zentralisierung einher. Diese bezeichnet den Fall, in dem ein Subsystem – als führender Teil – die anderen Teilsysteme dominiert bzw. um das die anderen Teilsysteme gruppiert sind. In mathematischer Hinsicht lässt sich dies folgendermaßen modellieren: Der Koeffizient des einen Elements des formalen Systembegriffs (vgl. Kap. III.2.1) ist in allen Gleichungen signifikant größer als die Koeffizienten der anderen Elemente. Der fortschreitenden Zentralisierung entspricht ebenfalls eine fortschreitende Individualisierung. Eine „vollständige“ Individualität kommt einer vollständigen Zentralisierung gleich.

Eine Allgemeine Systemtheorie macht es sich nun zur Aufgabe, diese und weitere Eigenschaften von Systemen und deren zu Grunde liegenden Systemprinzipien zu beschreiben und in einer mathematischen Beschreibung zu verallgemeinern. Der Status der formalen Systemprinzipien in der Allgemeinen Systemtheorie ist dann analog zum Status von Gesetzesaussagen in den deduktiv-nomologischen Erklärungen. Im Prozess der Generalisierung der Prinzipien werden einzelwissenschaftliche Erkenntnisse aufgegriffen und in die allgemeine Theorie von Systemen integriert. Als formale, von den spezifisch disziplinären Inhalten befreite Prinzipien stehen sie der weiteren Anwendung und Übertragung auf eine Vielfalt weiterer disziplinärer Bereiche zur Verfügung. Im folgen-

den Kapitel soll dieses methodische Kernprinzip der Allgemeinen Systemtheorie und ihre ontologischen und epistemologischen Voraussetzungen dargestellt werden.

3 Ontologische, erkenntnistheoretische und methodische Aspekte der Allgemeinen Systemtheorie

3.1 Die Realität von Systemen

Debatten in den 1950er und 1960er Jahren offenbarten ein zentrales Problem der Allgemeinen Systemtheorie. Unabhängig von der Präzision des Systembegriffs stellte sich die Frage, ob Systeme nun als Objekte der Realität oder eher als analytische Konstruktionen angesehen werden müssten. Sollten sie strukturalistisch oder gegenstandsbezogen interpretiert werden und unterliegen sie objektiven Gesetzen oder repräsentieren sie nur zweckmäßig abstrahierte Aspekte der Wirklichkeit (Müller 1996, 219)? Die folgenden Kapitel wenden sich diesen und angrenzenden Problemen der Allgemeinen Systemtheorie bei Bertalanffy zu. Einfach formuliert geht es um die Frage: Gibt es Systeme und wenn ja, wie ist Wissen über diese zu erlangen? Angesprochen sind damit ontologische wie auch epistemologische Aspekte einer Realismusproblematik.

Zu Recht betont Klaus Müller, ein moderner Vertreter systemtheoretischen Denkens in der Soziologie, dass der Begriff des Systems bei Bertalanffy kein „[...] subjektives nützliches Schema [...], sondern objektive Gegebenheiten bezeichne[t], die auf verschiedenen Ebenen der Realität anzutreffen [...]“ sind (Müller 1996, 219). Dies wird mit einem Zitat aus dem Vorwort des Hauptwerks zur Systemtheorie von Bertalanffy (*General System Theory*) belegt. Hier heißt es:

“What is to be defined and described as system is not a question with an obvious or trivial answer. It will be readily agreed that a galaxy, a dog, a cell, and an atom are *real systems*; that is entities perceived in or inferred from observation, and existing independently from an observer. On the other hand there are *conceptual systems* such as logic, mathematics [...] which essentially are symbolic constructs; with *abstracted systems* (science) as a subclass of the latter, i.e. conceptual systems corresponding with reality.” (Bertalanffy 1971, XIXf.)

Bertalanffy vertritt also einen durchaus differenzierten Systemrealismus, in dem er zwischen empirischen und theoretischen Systemen unterscheidet. Erstere besitzen den Status realer Systeme, während Letztere einen eher konstruktiven Charakter aufweisen.

Müller versucht nun den Realismus Bertalanffys mit einem Begriff von Talcott Parsons als „analytischen Realismus“ zu kennzeichnen. Parsons grenzt sich damit von den verschiedenen Formen eines Empirizismus sowie von einem naiven Realismus ab. Im Gegensatz zu den konstruktivistischen Tendenzen des Empirizismus behauptet dieser die Möglichkeit von objektivem Wissen über eine externe Welt, von Kategorien und von Theorien; entgegengesetzt zu einem naiven Realismus beruht dieses Wissen jedoch auf einer analytischen Grundlage.

“As opposed to the fiction view it is maintained that at least some of the general concepts of science are not fictional but adequately ‘grasp’ aspects of the objective external world. [...] These concepts correspond, not to concrete phenomena, but to elements in them which are analytically separable from other elements.” (Parsons 1937, 730)

“A system of scientific theory is generally abstract precisely because the facts it embodies do not constitute a complete description of the concrete phenomena involved but are stated ‘in terms of a conceptual scheme,’ that is, they embody only the facts about the phenomena which are important to the theoretical system that is being employed at the time.” (Parsons 1937, 41)

Im epistemologischen Sinne sind alle begrifflichen Systeme der Wissenschaften (*abstract systems*) auch bei Bertalanffy „analytisch“ gewonnen. Wissen über die externe Welt gewinnt man durch bestimmte wissenschaftliche Verfahren und Methoden. Diese ermöglichen gesicherte und wahre Aussagen. Die theoretischen Aussagen und Begriffe sind natürlich nicht das konkrete Phänomen selber, sie repräsentieren dies nur. Bertalanffy weist darauf im Zusammenhang mit dem Modellbegriff noch einmal ausdrücklich hin:

„Jedes Modell (wir sprechen hier von theoretischen Modellen in der Wissenschaft, nicht von materiellen Modellen, wie sie z. B. die Technik oft verwendet) ist eine gedankliche Repräsentation gewisser Züge oder formaler Strukturen empirischer Entitäten.“ (Bertalanffy 1970, 186)

In ontologischer Sicht entspricht die Welt einem hierarchischen Aufbau von Systemen (*real systems*). Bertalanffy führt entsprechende Beispiele an: Atome,

Moleküle, Organe, Organismen, Sozialsysteme, Welt, Kosmos etc. Für Bertalanffy – einem nicht-reduktionistischen Biologen – sind lebende Systeme natürlich konkrete Objekte der Welt. Die materiale Komposition eines Organismus behauptet ihre Identität im Wandel durch Austauschprozesse, wie bspw. den Stoffwechsel, sie organisiert sich selber. Lebende Systeme stellen den Idealtyp eines Systems dar. Damit soll nicht einer plumpen Verallgemeinerung des Organismus-Begriffs das Wort geredet werden. Ganz im Gegenteil wendet sich Bertalanffy kritisch gegen derart organozistische Ansätze (Bertalanffy 1970, 186). Der Systemrealismus jedoch ist auf Objekte anderer wissenschaftlicher Disziplinen übertragbar:

„Die Biologie deklariert sich damit als ‚Naturwissenschaft‘, d.h. als eine Wissenschaft von ‚Dingen‘, die wir vermittels der ‚Wahrnehmung‘ als ‚Objekte‘ der ‚Außenwelt‘ im ‚Raume‘ kennenlernen. Jeder der letzteren Begriffe mag für den Philosophen und Erkenntniskritiker ein Rätsel und Problem sein; uns genügt jedoch der naive Standpunkt, daß wir – abgesehen von abnormen Zuständen, Träumen, Halluzinationen – stets unterscheiden können zwischen ‚Objekten‘, die wir im ‚Raume‘ der Außenwelt ‚wahrnehmen‘ – Steinen, Käfern, Bäumen – und ‚Subjektivem‘ – Freude, Gedanken, Strebungen –, die wir in unserer Psyche erleben. Mit den ersteren beschäftigt sich die Naturwissenschaft, mit dem letzteren die Psychologie. Von den ‚Objekten‘ ist die Erforschung der ‚unbelebten‘ die Aufgabe der physikalischen Wissenschaften, die der ‚lebenden Organismen‘ die Aufgabe der Biologie.“ (Bertalanffy 1932, Bd. I, 8f.)

Wie Bertalanffy später ausführen wird, existieren tatsächlich *nur* Systeme, d.h. systemische Zusammenhänge, Organisationen in hierarchischer Ordnung, und *keine* isolierten Elemente oder Objekte. Hieraus folgt schließlich seine Kritik an einer analytischen Methode, welche auf isolierbare Elemente statt auf Organisation setzt (Bertalanffy 1969, 18f.). Die Bezeichnung „analytischer Realismus“ für die Position von Bertalanffy ist daher durchaus zweischneidig. Man kann die Position von Bertalanffy jedoch schlicht als wissenschaftlichen Realismus bezeichnen. Die Position eines wissenschaftlichen Realismus kann – wie jede realistische Position – in sehr differenzierter Weise behauptet werden. Es finden sich in der Literatur eine Vielzahl an Varianten, die jedoch zwei Gemeinsamkeiten aufweisen: Sie behaupten die Existenz, zumeist von beobachtbaren, wie auch nicht-beobachtbaren Aspekten der Welt unabhängig von einem Beobachter, und vertreten eine positive Haltung gegenüber deren Erkennbarkeit durch die wissenschaftliche Forschung. Realistische Positionen verfügen daher über eine ontologische und eine epistemologische Dimension. In modernen Fassungen nach dem *linguistic turn* gewinnt noch eine semantische Dimension

an Bedeutung, die ich hier allerdings vernachlässigen möchte. Bei Bertalanffy haben wir es mit einer relativ unspezifischen realistischen Position zu tun, in der diese Dimensionen des Realismusbegriffs miteinander verschwimmen. Es lassen sich jedoch einige Merkmale herausarbeiten. Bertalanffy vertritt einen Realismus bezüglich der von einem Beobachter unabhängigen Existenz von (beobachtbaren wie auch nicht beobachtbaren) Gegenständen in einer externen Welt. Dies trifft im speziellen auf Systeme zu, die als hierarchisch organisierte, dynamische Ganzheiten unabhängig von einem Beobachter bestehen. In epistemologischer Hinsicht behauptet Bertalanffy die Erkennbarkeit der Systeme durch wissenschaftliche Forschung. Er vertritt keinen naiven Realismus, sondern ist sich des konstruktiven Charakters von Wahrnehmung und wissenschaftlicher Methodik bewusst. Dies zeigt sein Insistieren auf eine theoretische und nicht allein empirische Arbeit in den Wissenschaften. Mit Parsons (1937) und Müller (1996) lässt sich besonders die Rolle der Mathematik bei der Beschreibung der Systemeigenschaften als „analytisch“ bezeichnen. Dies scheint durch die ausgezeichnete Aufgabe der formal-mathematischen Verfahren für die Allgemeine Systemtheorie gerechtfertigt zu sein (Müller 1996, 220). Pouvreau & Drack gehen so weit, mit den Spätschriften von Bertalanffy eine prinzipiell konstruktivistische Haltung zu behaupten (Pouvreau & Drack 2007, 293ff.). Andererseits korrespondiert mit dem systemtheoretischen Fokus auf Ganzheiten eine Methode empirisch-intuitiven Erfassens (Rapoport 1988, 9), so dass eine Spezifikation des Realismus von Bertalanffy als konstruktivistisch einseitig zu werden droht.

Arno Bendmann kritisiert die Position von Bertalanffy als zu ambivalent:

„In der oben angeführten konkreten Fragestellung sucht Bertalanffy die Gesetzmäßigkeiten in den Organismen. Damit wird in diesem Zusammenhang die Objektivität der Gesetzmäßigkeit festgehalten, weil die Organismen als Gegenstand der Forschung für ihn ‚Dinge der Außenwelt im Raume‘ sind, die mittels der Sinnesorgane und des Denkens erfasst werden können. An anderer Stelle werden jedoch aus den Organismen nach echt positivistischer Art lediglich Phänomene. So nimmt Bertalanffy in der Frage nach der Objektivität der Gesetzmäßigkeit keinen eindeutigen Standpunkt ein.“ (Bendmann 1967, 75)

Tatsächlich findet nicht immer eine klare Unterscheidung zwischen wissenschaftlichem Modell und konkretem System statt. Der Systembegriff wird einmal mit einer mehr realistischen, ein anderes Mal mit einer mehr konstruktiv-analytischen Betonung verwendet, je nachdem, ob der Systemtheoretiker, der Begründer eines neuen Weltbildes oder der Biologe spricht. Zu unterscheiden ist zumindest zwischen formalen/theoretischen und materialen Systemen. In for-

maler Hinsicht ist ein System einfach eine mathematisch beschreibbare Menge aller Relationen – es stellt ein ideales System dar. In materialer Hinsicht entsprechen dem System die organisierten und realen Ganzheiten der einzelnen Disziplinen.

Rapoport spricht in diesem Zusammenhang auch von einer „weichen“ und einer „harten“ Perspektive:

“According to a ‘soft’ definition, a system is a portion of the world that is perceived as a unit and that is able to maintain its ‘identity’ in spite of change going on in it.”
(Rapoport 1970, 22)

Die generalisierten (idealen, mathematischen) Systeme stellen dagegen den anderen Extremfall dar und sind als Konstruktionen anzusehen. Beide Perspektiven können nebeneinander bestehen. Wo mathematische Generalisierungen nicht erzielt werden können, müssen qualitative Aspekte in die Theoriebildung einbezogen werden (Bertalanffy 1969a, 99). Rapoport spricht von einer Integration der analytisch-mathematischen und der ganzheitlich-deskriptiven Perspektive, die mit der Allgemeinen Systemtheorie geleistet werden muss:

„Der hier unternommene Zugang zu einer allgemeinen Systemtheorie wird ein Versuch sein, die analytischen und die ganzheitlichen, die deskriptiven und die normativen Ansichten zu integrieren. Unser Ziel wird sein, zu zeigen, daß, weit davon entfernt, unvereinbar zu sein, diese Ansichten komplementär sind und verschiedene Aspekte eines einheitlichen Zugangs zur Systemtheorie offenbaren.“ (Rapoport 1988, 8)

3.2 Ontologische Aspekte: Systemerhalt als Kriterium der Systemidentifikation

Die allgemeinen Aspekte des Realismusproblems haben konkrete Auswirkungen auf die Identifikation und Beschreibung von Systemen. Bertalanffy formuliert dies an Hand eines konkreten Falls: “Can societies and civilizations be considered as systems?” (Bertalanffy 1969a, 34).

Dem Systemerkennungs- bzw. -modellierungsprozess entspricht in einer konstruktivistischen Sicht ein bloß additives Verfahren. In einer Systemtechnik wird diese Sichtweise methodisch relevant:

„ u_1 ist eine Analysetätigkeit, die Systemerkennungsprozess genannt wurde. Dabei werden einige Elemente von L (Wissen zur Konstruktion – Anm. T.D.), die man bei einem bestimmten Differenzierungsgrad der Analyse bezüglich eines bestimmten Betrachtungsaspektes als einbeziehbar unter einen Begriff betrachtet, zu Systemelementen s zusammengefasst.“ (Jansen 1974, 39)

Es handelt sich meist um einfache Systeme, die mittels Addition bekannter und verstandener Komponenten erklärt (Rapoport & Horvath 1959, 89) und formalisiert werden können. Dies ermöglicht dann die Anwendung deduktiver Methoden. Der zu Grunde liegende additive Ansatz folgt aus einer konstruktivistischen Haltung und ist als mechanistisch zu charakterisieren.

In realistischer Hinsicht lautet die zentrale Frage anders: Entspricht es der „Natur“ des Phänomens X, dass ich es als ein System S beschreibe; hat das Phänomen Eigenschaften, die nur auf Grund organisatorischer Prinzipien bestehen oder nicht? Dieser Ansatz ist bei Systemen mit komplexer Organisation – wie bei lebenden Systemen – von besonderer Relevanz. Einige zentrale Eigenschaften der Organisation von Systemen können dann als Kriterien dafür dienen, wann etwas als System angesehen bzw. beschrieben werden kann und wann nicht. Denn schließlich kann nicht aus jedem beliebigen Zusammenhang ein System konstruiert werden. Es sind daher die Phänomene komplexer Organisation – wie Selbsterhalt, Selbstorganisation, Robustheit oder Kohäsion (*cohesiveness*, Boyer 1990, 3) –, die als Kriterium für die Gegebenheit eines Systems relevant werden.

Insbesondere die Robustheit eines Zusammenhanges deutet auf dessen Systemcharakter hin:

“Robustness is widely used as a criterion for the reality of trustworthiness of the thing that is said to be robust.” (Wimsatt 2007, 60)

Beispielsweise stimmen die Grenzen eines einfachen Objekts – wie eines Tisches – in den verschiedenen Wahrnehmungsmodi (visuell, taktisch etc.) miteinander überein. Sie zeugen von der Stabilität bzw. Robustheit des Gegenstandes. Dagegen sind durch Drogen verursachte Halluzinationen zwar multi-modal erfahrbar, doch mangelt es ihnen an dauerhafter Konsistenz in der Zeit. Bereits Donald T. Campbell (1958) hat vorgeschlagen, die Koinzidenz der wahrgenommenen Grenzen als ein methodologisches Kriterium zur Identifikation von physikalischen Gegenständen einzuführen.

“In the diagnosis of middle-sized physical entities, the boundaries of the entity are multiply confirmed, with many if not all of the diagnostic procedures confirming

each other. For the more ‘real’ entities, the number of possible ways of confirming the boundaries is probably unlimited, and the more our knowledge expands, the more diagnostic means we have available.” (Campbell 1958, 23f.)

In einem weitaus wichtigeren Sinn lassen sich Eigenschaften wie Stabilität, Robustheit etc. als Kriterien für dynamische Systeme nutzen. Die Tendenz zum Erhalt des Systems wurde bereits als Eigenschaft eines organisierten offenen Systems beschrieben. Das Experiment von Driesch ist nur ein Beispiel, wie Regulationsphänomene entdeckt und damit die besondere Natur lebender Systeme begründet werden können. Entsprechend stellt die Robustheit eines phänomenalen Zusammenhangs *in der Zeit* ein mögliches Kriterium von Systemhaftigkeit dar. Unter Robustheit wird hier nun die Unempfindlichkeit eines Systems gegenüber bestimmten Veränderungen verstanden, welche ein konstantes Verhalten des Systems im Wandel ermöglicht. Diese Veränderungen können externe oder interne Veränderungen sein. So ist die DNA lebender Systeme relativ instabil und durchlebt zahllose Mutationen. Dennoch entstehen normalerweise keine zweiköpfigen Tiere etc., so dass hier von einer gewissen Robustheit des Systems gesprochen werden kann:

“[...] biological systems are indeed robust on all levels of organization. Proteins can tolerate thousands of amino acid changes, metabolic networks continue to sustain life even after removal of important chemical reactions, gene regulation networks continue to function after alteration of key gene interactions, and radical transformations in embryonic development can lead to an essentially unchanged adult organism.” (Wagner 2005, 2)

Dies gilt nicht nur für biologische Systeme, sondern auch für andere, bspw. soziale Systeme, wie Bertalanffy mit Bezug auf Parsons betont (Bertalanffy 1969, 196). Ein systemtheoretischer Ansatz ist nicht ausschließlich auf materiale Systeme beschränkt, sondern kann auf Systeme angewandt werden, die – zumindest teilweise – immateriell und heterogen sind:

“Systems analysis, for example, of a business enterprise encompasses men, machines, buildings, inflow of raw material, and outflow of products, monetary values, good will and other imponderables; it may give definite answers and practical advise.” (Bertalanffy 1969, 196)

Ähnlich wie der Begriff der Robustheit findet der Begriff der Selbstorganisation analoge Anwendung. Im wissenschaftlichen Diskurs konnte dieser Begriff

sich erst Ende der 1950er Jahre etablieren (Hofkirchner & Schafranek 2011, 185) und wird seitdem äußerst kontrovers diskutiert (Koutroufinis 1996). Unter Selbstorganisation versteht man allgemein, „[...] daß die spontane Entfernung eines dynamischen Systems vom Zustand der größten Unordnung [Entropie – Anm. T.D.] [...] Resultat der gesetzmäßigen Interaktionen seiner Elemente ist [...]“ (Koutroufinis 2007, 119). Bertalanffy versteht diesen Begriff als Sammelbegriff für verschiedene Phänomene, allen voran die progressive Differenzierung von Systemen, d.h. die Entwicklung lebender Systeme von einem Status niedriger zu einem Status höherer Organisation, wie er in der Ontogenese stattfindet (Bertalanffy 1969, 97). In dieser Tradition findet sich später auch die Theorie autopoietischer Systeme, die mit der Idee der organisationellen Geschlossenheit den Begriff der Systemstabilität fortsetzt (Varela 1987, 126). Auch die autopoietischen Systeme sind zunächst offene Systeme hinsichtlich eines Materie- und Energieaustauschs, stellen jedoch rekursiv eine informationelle Geschlossenheit her, die Stabilität als fortgesetzte Autopoiesis gewährleistet (Maturana 1987, 94).

Die beschriebenen Eigenschaften von Systemen (Robustheit, Regulation, Selbstorganisation etc.) bezeichnen Phänomene, die auf Grund der besonderen organisationalen Struktur der Zusammenhänge, somit ihrer Systemhaftigkeit, bestehen. Diese Eigenschaften treten nicht an isolierten Teilen oder in einfacher Addition der Teile auf. Sie sind sogenannte emergente Eigenschaften, d.h., die Makroeigenschaften eines Phänomens können nicht einmal prinzipiell aus der Mikrostruktur abgeleitet werden (Beckermann 2008, 227). Die Eigenschaften von Systemen sind nicht durch simple Addition der Eigenschaften der Teile erklärbar und ableitbar. Es muss immer der vollständige organisatorische Zusammenhang mit in Betracht gezogen werden. In diesem Sinne vertritt Bertalanffy mit der Allgemeinen Systemtheorie eine „starke Auffassung“ von Emergenz (Hoyningen-Huene 1994).

3.3 Isomorphien

Ich möchte mich nun den erkenntnistheoretischen und methodischen Fragen der Allgemeinen Systemtheorie zuwenden. Der Begriff der Isomorphie spielt in der Allgemeinen Systemtheorie die zentrale epistemische Rolle. Ähnlich wie der Begriff der Interdependenz, der als spezifisches Merkmal die Systemeigenschaften fundiert, begründet der Begriff der Isomorphie die Methodik des Systemansatzes. Mit ihm werden schließlich die methodische Verwendung von Analogien möglich.

Unter Isomorphie versteht man das gleichartige Strukturverhalten bei gleichen Mengenverhältnissen von Elementen in einer bestimmten Formation. Rapoport definiert für formale Systeme:

“Two mathematical objects are isomorphic if there exists a one-to-one correspondence between the elements of one and those of the other and if the relations among the elements are preserved by the same correspondence.” (Rapoport 1968, 455)

Die Korrespondenz der Struktur- und Mengenverhältnisse zweier Systeme muss logisch äquivalent, d.h. gleichwertig sein, soll sie eine wissenschaftliche Methodik begründen. Beispielsweise findet eine formale Relation, wie die Bertalanffy-Gleichung für Wachstum, Anwendung auf Bakterienkulturen, auf tierische oder menschliche Populationen oder auf den Fortschritt der wissenschaftlichen Forschung in Abhängigkeit zu den thematischen Publikationen. Die fraglichen Phänomene sind jeweils andere; die formale Relation der Gleichung, deren Wertigkeiten – damit die Struktur und Mengenverhältnisse – bleiben bei jedem der verschiedenen materialen Systeme gleich. Doch, so Bertalanffy, finden sich Isomorphien auch in nicht-formaler Hinsicht. Eine methodische Reflexion muss dann „bloße Analogien“ von den sogenannten „logischen Homologien“, den eigentlichen Isomorphien, unterscheiden.

Der Begriff der Isomorphie ist für eine Allgemeine Systemtheorie in dreierlei Hinsicht relevant. Erstens gibt er dem Realismus Bertalanffys eine genetische Grundlage (Kapitel III.3.4), zweitens begründet er die Methodik der Systemtheorie (Kapitel III.3.5) und fundiert – drittens – die Einheit der Wissenschaften (Kapitel IV.2.3).

3.4 Evolutionäre Epistemologie

Der Systemrealismus von Bertalanffy erhält mittels des Isomorphie-Begriffs eine genetische Begründung. Wissen über die Welt ist möglich, weil die Struktur unseres kognitiven Systems isomorph zu den Strukturen der Welt ist. Diese Isomorphie ist eine Folge der Entwicklungsgeschichte der Menschheit und der in ihr wirksamen, evolutionären Prinzipien der Mutation und Selektion. Überleben konnten nur die Individuen (Selektion), welche bei allen Veränderungen (Mutation) die Welt weiterhin adäquat kognitiv widerspiegeln, also „erkennen“ konnten. Es ist hierbei weder notwendig, dass die Kategorien der Erfahrung

mit der Welt vollständig korrespondieren, noch, dass sie diese vollständig erfassen. Es genügt, dass die Kategorien in bestimmter Hinsicht und in bestimmtem Umfang mit der Realität übereinstimmen (Bertalanffy 1969a, 239).

Bertalanffy erläutert dieses im Rückgriff auf eine Kritik, die bereits der Ethologe Konrad Lorenz an den Formen der Sinnlichkeit und den Kategorien der Erfahrung bei Immanuel Kant übte. Für Kant sind diese Kategorien und Formen apriorisch. Sie sind die Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung und geben eine Art strukturellen Rahmen für mögliche Erkenntnis. Neben den Formen der Sinnlichkeit (Raum, Zeit) nennt Kant vier Klassen von Kategorien, denen er jeweils drei Glieder zuordnet: Quantität (Einheit, Vielheit, Allheit), Qualität (Realität, Negation, Einschränkung), Relation (Substanz, Ursache, Gemeinschaft) und Modalität (Möglichkeit, Dasein, Notwendigkeit) (Kant, Prolegomena, AAIV, 302). Lorenz kritisiert den apriorischen Charakter dieser Formen und Kategorien. Diese seien eigentlich organische Funktionen, die auf der Physiologie der Sinnesorgane und des Nervensystems beruhen. Sie seien Ergebnis eines Millionen Jahre langen evolutionären Anpassungsprozesses, d.h. von Prozessen des Wandels (Mutation) und der Selektion. Unsere kognitiven Fähigkeiten sind an die Welt angepasst, wie bspw. der Huf eines Steppentiers an die Steppe, in der es lebt. Damit wäre eine ausreichende Korrespondenz zwischen Erscheinung und Welt garantiert. Bertalanffy spricht hier von einer Isomorphie zwischen evolutionär angepasster Kognition und Welt als einer fundamentalen Bedingung für die Wahrheit unserer Erkenntnisse (Bertalanffy 1969a, 240). Dieser Ansatz wurde von verschiedenen Autoren aufgegriffen und in einer evolutionären Epistemologie weiter ausgearbeitet (Riedl 1980, Vollmer 1975).

Müller weist darauf hin, dass es sich hierbei um eine Naturalisierung der Erkenntnistheorie handelt, die nicht nur eine Akzentverschiebung von der logischen Analyse der Erkenntnis auf die biologische Beschaffenheit des Wahrnehmungs- und Denkvermögens beinhaltet, sondern auch Erkenntnis durch ihren Überlebenswert rechtfertigt. Die normative Seite einer Erkenntnistheorie würde somit eliminiert werden (Müller 1996, 244). Es ist jedoch nicht anzunehmen, dass die evolutionären Beiträge zur Erkenntnistheorie, die Bertalanffy von Konrad Lorenz übernimmt, Fragen der Geltung ersetzen sollen. Wie im Folgenden gezeigt wird, ist sich Bertalanffy sehr wohl der Notwendigkeit epistemischer Rechtfertigung bewusst. Ob es ihm jedoch gelingt, diesen Anspruch zu erfüllen, sei vorerst dahingestellt.

3.5 Methodik

3.5.1 *Analogie, logische Homologie und die Rolle der Mathematik*

Der Begriff der Isomorphie beschreibt nicht nur die Relation zwischen Kognition und Welt, sondern ist *der* Grundbegriff für die Methodologie der Allgemeinen Systemtheorie. Insbesondere die formale Beschreibung von Systemen und Systemeigenschaften ermöglicht es, in bestimmter Hinsicht gleiche Zusammenhänge in verschiedenen Kontexten und Systemen aufzufinden. Diese Äquivalenz der Zusammenhänge wird als Hinweis auf die gemeinsame Organisation der verschiedenen materialen Systeme gedeutet. Darauf aufbauend, können weitere Prinzipien und Systemeigenschaften abgeleitet (deduziert) werden, die so aus einzelwissenschaftlicher Perspektive nicht sichtbar geworden wären. Mit dem Verfahren der Analogie bzw. Homologie werden die Eigenschaften der allgemeinen Systemmodelle auf verschiedenste materiale Systeme und deren Verhalten übertragen bzw. allgemeine Systeme auf materiale Systeme angewandt:

“If a term enters as a homologous variable or parameter in two or more isomorphic models, then the term plays the same part in the respective theories.” (Rapoport 1968, 456)

Allgemein gesprochen, bestehen Analogien in einem Vergleich zweier oder mehrerer Objekte oder Systeme in einer bestimmten, als ähnlich unterstellten Hinsicht. Analogien können als Argumente in Begründungszusammenhängen eine rechtfertigende und in Entdeckungskontexten eine heuristische Rolle spielen (Bartha 2013). Dennoch gilt die methodische Verwendung von Analogien, deren Plausibilität als problematisch, ihre rechtfertigende Kraft als schwach. Bertalanffy unterscheidet daher zwischen den oberflächlichen Ähnlichkeiten einer Analogie und den isomorphen Beziehungen zwischen Systemen. Nicht alle Analogien entsprechen bei Bertalanffy also den Standards einer wissenschaftlichen Methodik. Als Beispiel einer Analogie führt Bertalanffy die Übertragung des Organismus-Begriffs auf andere Systeme an. Wenn man Ökosysteme oder Gesellschaften unkritisch als Organismen ansieht, so werden offensichtliche Unterschiede zwischen individuellem Organismus und den Gemeinschaften ignoriert. Die Analogie geht trotz ihrer intuitiven Einsichtigkeit fehl.

Dagegen entsprechen die isomorphen Beziehungen eher dem, was aus der Biologie unter Homologie bekannt ist. Diese können zu begründeten Erkenntnissen führen. Der Begriff der Homologie bezeichnet in seiner biologischen Verwendung die grundsätzliche Übereinstimmung physiologischer Merkmale oder

Prozesse zwischen verschiedenen biologischen Ordnungen (Taxa) mit einem gemeinsamen evolutionären Ursprung. Homologe Strukturen leiten sich von der gleichen ursprünglichen Stammstruktur ab. Ein Beispiel ist die Homologie der Handknochen bei verschiedenen Säugetieren. Die Handknochen von Mensch, Hund oder Pferd sehen äußerlich unterschiedlich aus. Jedoch sind Aufbau und Anordnung der Knochen gleich. Man kann bei allen Arten die verschiedenen Fingerknochen, Mittelhandknochen und Handwurzelknochen unterscheiden. Im Unterschied zu den Homologien lassen sich sogenannte Homoplasien unterscheiden. Diese bezeichnen Gemeinsamkeiten von Spezies, die keinen gemeinsamen evolutionären Ursprung aufweisen. Homoplasien bezeichnen den umstrittenen Fall evolutionärer Konvergenz (Lankester 1870; Kim 2002) und sind für systemtheoretische Ansätze daher ebenfalls von großer Bedeutung, lassen sich doch hier regelhafte Bedingungen von Entwicklungsprozessen ausmachen. Trotz verschiedenen Ursprungs führten bestimmte Umwelt- oder Systembedingungen zu einer strukturell oder funktional gleichen Ausprägung der Form.

Von dieser biologischen Bedeutung geht Bertalanffy aus, wenn er den Wert von Isomorphismen als logische Homologien für die Allgemeine Systemtheorie hervorhebt:

“The isomorphism under discussion is more than mere analogy. It is a consequence of the fact that, in certain respects, corresponding abstractions and conceptual models can be applied to different phenomena.” (Bertalanffy 1969a, 36)

“If an object is a system, it must have certain general system characteristics, irrespective of what the system is otherwise. Logical homology makes possible not only isomorphy in science, but as a conceptual model has the capacity of giving instructions for correct consideration and eventual explanation of phenomena.” (Bertalanffy 1969a, 85)

Es ist besonders die Anwendung formalisierter oder generalisierter Systemprinzipien auf die verschiedensten materialen Sachverhalte, die den Erfolg einer Analogie gewährleisten soll. Zu unterscheiden wären demnach materiale von formalen Analogien. Erstere sind gegenüber letzteren weitaus unsicherer. Für Bertalanffy entsprechen Verfahren formaler Analogie der gängigen wissenschaftlichen Praxis, dem, was Hempel als nomischen Isomorphismus bezeichnet (Hempel 1965). Es wäre nichts anderes, so Bertalanffy, als wenn Newtons Gravitationsgesetz auf verschiedene Objektbereiche wie auf einen Apfel, das Planetensystem oder die Gezeiten angewandt wird (Bertalanffy 1969a, 36). Für die Anwendung dieser formalen Analogien in systemtheoretischen Kontexten stellte sich dann natürlich genau so die Frage nach deren Rechtfertigung:

“Which principles are common to the several levels of organization and so may legitimately be transferred from one level to another, and which are specific so that transfer leads to dangerous fallacies?” (Bertalanffy 1969a, 34)

In forschungspragmatischer Sicht muss es einer Allgemeinen Systemtheorie nun besonders darum gehen, möglichst viele der Eigenschaften von Systemen und der das Systemverhalten leitenden Prinzipien zu formalisieren bzw. direkt aus der formalen Definition des Systembegriffs abzuleiten, letztlich allgemeine Modelle von generalisierbaren Zusammenhängen aufzustellen. Nur formale oder quantitative Relationen können eine exakte Wissenschaft – bei Bertalanffy die Anwendung von formalen Analogien (bzw. logischen Homologien) – begründen. Es ist daher vor allem die Aufgabe der Mathematik, eine Geltungsgrundlage für die Anwendung von Analogien bereitzustellen. Die Mathematik ermöglicht nicht nur eine formale Beschreibung und begründete Anwendung der allgemeinen Strukturen und Prinzipien (formale Analogien), sondern schließlich auch die Deduktion weiterer Systemeigenschaften. Was sich als ein offenes System beschreiben lässt, wird auch ähnliche Eigenschaften wie die Interdependenz von Auf- und Abbauprozessen oder äquifinales Verhalten aufweisen. Eigenschaften, die in einer Disziplin bereits bekannt und beschrieben wurden, können auf andere Systeme übertragen werden. Schließlich erlaubt die Mathematik nicht nur eine Anwendung der Zusammenhänge auf verschiedene Arten von Problemen, sondern auch die Formulierung neuer und bisher ungelöster Probleme.

“It seems, therefore, that a general theory of systems would be a useful tool providing, on the one hand, models that can be used in, and transferred to, different fields, and safeguarding, on the other hand, from vague analogies which often have marred the progress in these fields.” (Bertalanffy 1969a, 34)

Eine Allgemeine Systemtheorie besteht aber nicht nur in der Anwendung generalisierter Systeme auf materielle Systeme in den Einzelwissenschaften. Umgekehrt ist die Allgemeine Systemtheorie auch eine Konsequenz der strukturellen Ähnlichkeiten (Isomorphien) zwischen systemtheoretischen Beschreibungen in den verschiedenen Disziplinen. Eine systemtheoretische Methodik ist daher in zweierlei Hinsicht zu betrachten. Zum einen sind es die bereits erwähnten Fragen der Anwendung, zum anderen die Probleme der Identifizierung und Generalisierung von Systemen, d.h. von Forschung und Modellbildung.

Entsprechend zentral ist die Rolle der Mathematik. Die Mathematik gewährleistet höchste Objektivität. Unter wissenschaftlichem Fortschritt versteht Bertalanffy daher die Elimination des subjektiven Faktors im Erkenntnisprozess.

Wissenschaftlicher Fortschritt bestehe in einer „fortschreitenden De-Anthropomorphisierung“ (Bertalanffy 1969a, 242ff.). In der Wissenschaftsgeschichte fänden sich, so Bertalanffy, drei bedeutsame Schritte. Im ersten Schritt findet durch die Erfindung von optischen Instrumenten eine Erweiterung der Sehorgane statt. Die Forschung ist nun nicht mehr an die Reichweite der menschlichen visuellen Wahrnehmung gebunden. Auf dieser Stufe kommt es zur Entwicklung des kopernikanisch-newtonschen Systems. Im zweiten Schritt findet eine sogenannte „Konvergenz der Forschung“ statt. Verschiedene unabhängige Methoden kommen in verschiedenen, unabhängigen Disziplinen zu gleichen Ergebnissen. Im letzten und dritten Schritt findet schließlich die Mathematisierung dieser Ergebnisse statt. Mit der zunehmenden Vervollkommnung der mathematischen Methoden erfasst die Mathematisierung der Wissenschaften auch die bislang noch nicht formalisierten bzw. formalisierbaren Eigenschaften komplexer Organisationen. Die neuen Möglichkeiten der Beschreibung von Systemen mit verschiedenen Differentialgleichungen werden als ein Indikator dieser Entwicklung gewertet (Hofkirchner & Schafranek 2011, 183). So können bspw. Systeme und deren Geschichte bereits mittels retardierter Differentialgleichungen beschrieben werden; die Ableitung einer Funktion hängt dann nicht nur vom Funktionswert zum Zeitpunkt t , sondern auch von früheren Zeitpunkten ab. Für Bertalanffy ist die Mathematisierung die höchste erreichbare Form der Rationalisierung von Wirklichkeit (Bertalanffy 1949, 151). Und schließlich ist es die Mathematisierung der Systemprinzipien, die deren Gesetzescharakter für die Allgemeine Systemtheorie garantieren soll.

Allerdings ist sich Bertalanffy auch der Grenzen mathematischer Beschreibung von Systemen und Systemeigenschaften bewusst. Zum einen stellen diese nur einen kleinen Ausschnitt der Welt dar (Bertalanffy 1949, 144). Zum anderen werden wesentliche Fragen einzelwissenschaftlicher Disziplinen überhaupt nicht angeschnitten. So sind bspw. in der Biologie nicht-quantifizierbare Fragen wie nach Muster, Gestalt und Form oder Lage von zentralem Interesse. Obwohl Bertalanffy sich als „[...] Streiter für eine exakte, theoretische und quantitative [...]“ (Bertalanffy 1949, 144) Wissenschaft versteht, sieht er doch die Grenzen dieses Ansatzes. Eine bereits beim Realismus-Problem angedeutete ambivalente Haltung zeigt sich demzufolge auch in methodischer Hinsicht.

“These remarks are not intended as adverse criticism of [...] the deductive approach in general; they only emphasize that there is no royal road to general systems theory. As every other scientific field, it will have to develop by an interplay of empirical, intuitive and deductive procedures. If the intuitive approach leaves much to be desired in logical rigor and completeness, the deductive approach faces the difficulty of whether the fundamental terms are correctly chosen.” (Bertalanffy 1969a, 99)

Wie im Folgenden gezeigt werden wird, sieht Bertalanffy einen Methodenmix aus deduktiver Methode – welche von formalisierten Systemen und deren Eigenschaften ausgeht – und induktiven Verfahren – wie den empirischen und intuitiven Methoden, die von den materialen Systemen der einzelwissenschaftlichen Forschung ausgehen – für unumgänglich an. Damit geht auch eine gestufte Beurteilung der Exaktheit wissenschaftlicher Erklärungen einher. Der logischen Strenge der formalen Methoden kommt dabei das höchste Maß an wissenschaftlicher Genauigkeit zu (Bertalanffy 1969a, 36).

3.5.2 *Induktive und deduktive Verfahren*

In seinem Artikel *General Systems Theory as a New Discipline* unterscheidet Ashby zwischen zwei methodischen Ansätzen in der Systemtheorie, die er als diametral entgegengesetzt ansieht (Ashby 1958). Die erste ist die empirische Methode. Diese geht von verschiedenen, konkreten Systemen der Disziplinen aus – seien es zoologische, physiologische Systeme etc. – und entwickelt die allgemeinen Prinzipien von Systemen in einem Akt der Generalisierung. Diese Methode identifiziert er vor allem mit den Arbeiten von Bertalanffy. Die andere Methode beginnt bei den abstrakten, idealen Systemen, welche durch Konkretion bzw. Reduktion auf die materialen Systeme angewandt werden. Dieser Methode folgt Ashby selber. Bertalanffy lässt sich jedoch nicht auf die Einseitigkeit einer Entweder-Oder-Haltung ein. Die Systemtheoretiker arbeiten mit beiden Methoden bzw. mit einer Kombination dieser. Jede der Methoden hat seine Vor- und Nachteile. Rapoport bemüht sich daher besonders um die Integration beider Methoden in einer Allgemeinen Systemtheorie (Rapoport 1988, 2ff.). Für Bertalanffy gibt es keinen methodischen „Königsweg“ – im Gegenteil. Im Rückgriff auf die Geschichte der Wissenschaften behauptet er, dass ein Wechselspiel von empirischen und deduktiven Prozeduren den Wissenschaftsprozess und daher auch eine Allgemeine Systemtheorie in ihrer Entwicklung befördern würde (Bertalanffy 1969, 99).

Wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, orientiert sich die deduktive Methode an der formalen Beschreibung von Systemen in Form von Gleichungssystemen bzw. formalen Modellen. Von hier aus werden Systemeigenschaften – bspw. durch Änderung der Werte von Variablen – deduziert. Die empirische Methode bezeichnet Bertalanffy als „empirico-intuitive“ Methode (Bertalanffy 1969, 95). Diese verfährt nun umgekehrt, indem sie nahe an der Realität verbleibt und aus der disziplinären Perspektive heraus – sozusagen „bottom up“ – zu den allgemeinen Prinzipien einer Systemtheorie gelangt. Der biologische

Hintergrund der Systemtheorie von Bertalanffy zeigt die Relevanz eines solchen Ansatzes. Hier konnten systemische Prinzipien von Ganzheit und Organisation wie Hierarchie, offene Systeme etc. begrifflich erfasst werden, ohne bereits über eine allgemeine Theorie von Systemen zu verfügen. Mit Blick auf die anderen Disziplinen wurde dann die Notwendigkeit eines generalisierten Ansatzes überhaupt erst sichtbar. Seitdem sind bei Bertalanffy auch keine wesentlichen Prinzipien zu seiner Systemtheorie hinzugekommen.

Dem empirisch-intuitiven Ansatz mangelt es zwar an methodischer Strenge und logischer Klarheit, dennoch sollte diese Perspektive für die Generierung von Wissen nicht unterschätzt werden. Hingegen ist der deduktive Ansatz in vielerlei Hinsicht begrenzt. So sind die meisten Eigenschaften von lebenden Systemen eben nicht deduzierbar. Die typischen Diskontinuitäten lebender Systeme können nicht formalisiert, der Wandel in der Organisation von offenen Systemen nicht allein aus den Systemvariablen deduziert werden. Lebende Systeme sind durch ihre Offenheit gekennzeichnet, dem die kybernetischen Maschinen von Ashby gerade einmal hinsichtlich einer Offenheit bezüglich Information entsprechen:

“[...] the living organism (and other behavioral and social systems) is not an Ashby machine because it evolves toward increasing differentiation and inhomogeneity [...]”
(Bertalanffy 1969, 98)

Es ist an dieser Stelle an die von Reichenbach getroffene Unterscheidung zwischen Entdeckungs- und Begründungszusammenhang (Reichenbach 1838, §1) zu erinnern. In der Reflexion auf die wissenschaftliche Praxis besteht eine fundamentale Differenz zwischen Ansätzen, die danach fragen, wie wissenschaftliche Theorien zustande kommen, und Ansätzen, die dieses für irrelevant ansehen. Ein Beispiel für den ersten Ansatz wäre bspw. die induktive Logik von Bacon. In seinen *Novum Organon* gibt er Anweisungen, wie die Untersuchung eines bestimmten Phänomenbereichs durchzuführen ist, so dass der so geregelte Forschungsprozess induktiv zu Generalisierungen und Gesetzen führt (Bacon 1620). Eher selten findet sich die Möglichkeit, Gesetze und Theorien aus experimentellen Daten deduktiv abzuleiten, wie bspw. Newton es von den Gesetzen der Mechanik behauptete (Newton 1687/2014; vgl.: Dellian 1992, 97). Selbst in rein formalen Zusammenhängen müssen zusätzliche Variablen eingeführt oder bestimmte Parameter variiert werden, um Eigenschaften formaler Systeme deduzieren zu können. Die Rechtfertigung einer Theorie geschieht stattdessen derart, dass eine experimentelle Situation konstruiert wird, für welche mittels der Theorie die Ergebnisse vorhergesagt und überprüft werden können. Die Verifi-

kations- oder Falsifikationsverfahren des hypothetisch-deduktiven Ansatzes sind dabei nicht an der Produktion (Genese) der Hypothesen interessiert.

Den formal-deduktiven Methoden der Systemtheorie geht es ebenfalls nicht um die Rekonstruktion der Entdeckung der allgemeinen Systeme, sondern um Deduktion von konkreten Ergebnissen, allerdings nicht um eine explanative Theorie zu falsifizieren, sondern um Szenarien – entsprechend eines vorgegebenen Zwecks – vorherzusagen oder zu kontrollieren. Somit wird der hohe Stellenwert von Simulationen in modernen Systemansätzen ersichtlich.

Der empirisch-intuitive Ansatz entspricht bei Bertalanffy einem induktiven Vorgehen im Sinne des Erkenntnisgewinns bzw. der Hypothesengenerierung im Forschungsprozess. Der in diesem Zusammenhang irritierende Begriff der Intuition ist zum einen als ein kreativer psychologischer Akt des Forschungshandelns zu verstehen. Demnach kann es sich um heuristische Verfahren, die von Bertalanffy allerdings nicht näher bestimmt werden, oder einfach um eine intuitive Hypothesengenerierung und deren empirische Verifikation handeln. Zum anderen gründen intuitive Verfahren in Akten der Anschauung. Bertalanffy schätzt Johann Wolfgang von Goethe, da dieser u.a. mit der *Farbenlehre* (Goethe 1810) und seiner (vergleichenden) Morphologie (Goethe 1790) den Begriff der Anschauung als einen, dem Intellektuellen überlegenen Zugang zur Natur dokumentiert. In der Anschauung ist es möglich, das Ganze zu erfassen (vgl.: Schieren 1998). Anschauung meint dann nicht allein den sinnlich-rezeptiven Aspekt im Erkenntnisprozess (Kant KrV A19, B33), wie Kant diesen in seiner transzendentalen Ästhetik versteht. Anschauung bei Goethe ist bereits anschauende Urteilskraft, bei der das „[...] Denkvermögen gegenständlich tätig [...]“ ist, d.h. Urteil und Anschauung „[...] auf das innigste durchdrungen werden, daß mein Anschauen selbst ein Denken, mein Denken ein Anschauen [...]“ ist (Goethe 1823, 385). Mit dem Philosophen und Mathematiker Alfred North Whitehead (von dem Bertalanffy ebenfalls mit großer Hochachtung spricht) ließe sich auch von einem direkten ästhetischen Verständnis sprechen, das der Anschauung eigen ist und das ein notwendiger Akt auf dem Weg zu einer vollständigen Analyse ist:

„Dieses direkte Verständnis bedeutet ein Auffassen dessen, was diese Erfahrung an sich, ihrem eigenen besonderen Wesen nach und mit ihren unmittelbaren konkreten Werten, ist. Das ist eine Frage der direkten Erfahrung, die vom Feingefühl abhängt.“
(Whitehead 1925/1984, 38)

Es geht hier demnach um den Wert anschauenden Erfassens für den Erkenntnisprozess vor aller Analyse, dessen – in gewissem Sinne – intellektuelle Passivität die Gegenstände in ihrem Sosein belässt und doch ihrer bewusst wird.

Eine Notwendigkeit der Integration des empirisch-intuitiven und des deduktiven Ansatzes ergibt sich dann in zweierlei Hinsicht. Zum einen gehören Forschungsprozess, Evaluation und Revision der generalisierten Systeme zusammen. Zum anderen sind formale Systeme vom Forschungsprozess abhängig hinsichtlich des „Was“ und des „Wie“ der Formalisierung. Welche Phänomene sind für eine formale Beschreibung relevant, welche nicht, wurden die Variablen, Parameter entsprechend gewählt etc.? Bertalanffy fasst dies in dem bereits bekannten Zitat zusammen:

“If the intuitive approach leaves much to be desired in logical rigor and completeness, the deductive approach faces the difficulty of whether the fundamental terms are correctly chosen.” (Bertalanffy 1969a, 99)

Das empirisch-intuitive Verfahren wird demnach relevant, wenn es um die Identifikation und Beschreibung von materialen Systemen und deren Phänomene geht. Erst auf dieser Grundlage kann eine formale Systemtheorie angewandt werden. Schließlich geht es nicht nur um eine Anwendung bekannter mathematischer Ausdrücke, sondern um neue Systemphänomene, die bisher noch keiner Lösung zugeführt werden konnten (Bertalanffy 1969, 35).

Das Verfahren der Analogie wurde im vorigen Kapitel als zentrales methodisches Instrument der Allgemeinen Systemtheorie identifiziert. Besonders hier lässt sich zeigen, wie sich induktive und deduktive Verfahren durchdringen. Ein analoges Argument hat die folgende induktive Form (Bartha 2013):

- 1.) S ist T in einer bestimmten (bekannten) Hinsicht ähnlich
- 2.) S verfügt über ein weiteres Merkmal Q
- 3.) Daher verfügt auch T über das Merkmal Q oder ein Merkmal Q*, ähnlich Q

Mit Aristoteles (vgl. im Folgenden: Bartha 2013) handelt es sich bei dieser Form einer Analogie um ein Argument, das auf Ähnlichkeit (ομοιότης) beruht (Aristoteles, Topoi, I, 17; 18). Ein Beispiel bringt Hesse (1966): Die Erde umkreist die Sonne, hat einen Mond, dreht sich um ihre eigene Achse und auf ihr gibt es Schwerkraft. Der Mars ist der Erde ähnlich, er umkreist die Sonne, hat Monde, dreht sich um die eigene Achse, folglich gibt es auf ihm ebenfalls Schwerkraft. Auf Grund dieser Ähnlichkeiten kann man schlussfolgern, dass, da es auf der Erde Leben gibt, auch auf dem Mars Leben möglich ist. Aristoteles führt noch eine zweite Möglichkeit analogen Argumentierens an, die von einem Beispiel (παράδειγμα) ausgeht:

„Wenn man das Allgemeine annimmt und dann auf das Einzelne schließt, gewinnt man ein Enthymem aus einem Beispiel.“ (Aristoteles, *Téchnē rhētorikē*, 1402b15)

Ein Beispiel führt Aristoteles in seiner *Analytik* an:

„[...] es sei A Übel, B gegen Grenznachbarn Krieg anfangen, C Athener gegen Thebaner, D Thebaner gegen Phokier. Wenn wir nun zeigen wollen, daß es ein Übel ist, mit den Thebanern zu kriegern, so muß gesetzt werden, daß es ein Übel ist, mit den Grenznachbarn zu kriegern. Dies wird nun aus den ähnlichen Fällen glaublich, z. B. weil den Thebanern der Krieg mit den Phokiern verderblich war. Da nun der Krieg mit den Grenznachbarn ein Übel und der Krieg mit den Thebanern ein solcher mit Grenznachbarn ist, so ist es offenbar ein Übel, mit den Thebanern zu kriegern.“ (Aristoteles, *Analytika protera*, 69a1)

Entgegen dem vorherigen „Argument auf Grund von Ähnlichkeit“, ist jedoch bei dem „Argument ausgehend von einem Beispiel“ (induktive Inferenz von dem Beispiel „Theben gegen Phokis“ auf die Allaussage) ein deduktiver Schluss (von der Allaussage zu dem Schluss „der Krieg gegen Theben sei von Übel“) zusätzlich erforderlich.

Bertalanffy benutzt in seiner Systemtheorie nun beide Arten von Analogien. Die Ähnlichkeiten bspw. biologischer und psychologischer Systeme führen ihn zu einer Theorie offener Systeme. Die gewonnenen allgemeinen Systemprinzipien werden wiederum auf Systeme anderer Disziplinen übertragen. Induktive und deduktive Verfahren sind in einer Allgemeinen Systemtheorie miteinander verflochten.

3.5.3 *Systeme als Modelle*

Neben der mathematischen Beschreibung von Systemen und Systemeigenschaften ist es der Modellbegriff, der in Forschung und Anwendung der Allgemeinen Systemtheorie von zunehmender Bedeutung wird. Modelle können im Fall eines Analogieschlusses den Allaussagen entsprechen, die eine Voraussetzung für den deduktiven Schluss bei den paradigmatischen Analogien darstellen. In der Systemtheorie spielen sie eine herausragende Rolle in *Forschung* (bspw. in Analogien oder bei Simulationen) wie auch bei der *Erklärung* von Systemeigenschaften (Analogiemodelle). Die modelltheoretische Interpretation der Systemtheorie nimmt in den späteren Arbeiten von Bertalanffy einen größeren Stellenwert ein als in seinen früheren Arbeiten. In einer der späten Arbeiten findet der Modellbegriff bereits im Titel Verwendung: *Das Modell des offenen Systems* (1969b).

Besonders in den deutschsprachigen Ländern lehnt sich die spätere modelltheoretische Interpretation der Systemtheorie an den Modelltheoretiker Herbert Stachowiak an (Ropohl 1978, 31f.; Locker 1998). Die Definition des Systembegriffs über den Interdependenz-Begriff sah sich in enger Verwandtschaft zum Begriff des „Relationengebildes“ (Stachowiak 1973, 244f.) – eine modelltheoretische Interpretation lag also nahe. Im Zuge dessen bekam eine Allgemeine Systemtheorie einen zunehmend, zum Teil auch einen ausschließlich instrumentellen Charakter: Systeme sind keine Gegenstände der Erfahrungswelt mehr, sondern ausschließlich theoretische Konstruktionen (Händle & Jensen 1974, 26).

Für Bertalanffy sind, wie wir gesehen haben, alle wissenschaftlichen Theorien Modelle der Wirklichkeit, sie repräsentieren gewisse Aspekte der Realität (Bertalanffy 1969, 94). Ebenso sind allgemeine Systeme modellhafte Repräsentationen von bestimmten phänomenalen Aspekten der Wirklichkeit. Eine Theorie offener Systeme ist dabei nur *ein* mögliches Modell unter anderen (Bertalanffy 1960, 7).

Stachowiak stellt drei zentrale Merkmale von Modellen heraus: das Abbildungsmerkmal, das Verkürzungsmerkmal und das pragmatische Merkmal (Stachowiak 1973, 131ff.). Das Abbildungsmerkmal drückt aus, dass Modelle Repräsentationen von „[...] natürlichen oder künstlichen Originalen [...]“ sind, Modelle sind stets Modelle von etwas (Stachowiak 1973, 131). Die repräsentationale Beziehung zwischen Modell und Original ist – ganz im Sinne von Bertalanffy – die einer Isomorphie. Formalisierte Modelle sollen eine starke Beziehung zwischen Modell und Original bezüglich ihrer relevanten Aspekte gewährleisten. Beispielsweise formalisiert Bertalanffy Wachstumsprozesse in den Bertalanffy-Gleichungen. Das Verhältnis der Änderung der Körpermasse zur Oberfläche des Körpers ist isomorph zu den entsprechenden realen Wachstumsverhältnissen der verschiedenen Organismen. Es ließe sich auch ein schwächeres Kriterium einführen, das der Ähnlichkeit (Giere 2004). Jedoch nur in der starken Version der Isomorphie, so Bertalanffy, lässt sich die Anwendung von Analogien rechtfertigen.

Das Verkürzungsmerkmal weist darauf hin, dass im Allgemeinen nicht alle Attribute des zu repräsentierenden Originals im Modell erfasst werden. Es fließen nur relevante Attribute in die Modellierung ein (Stachowiak 1973, 132). Entsprechend der Systemdefinition beziehen sich die formalen Modelle der Systemtheorie im Wesentlichen auf Relationen (Interdependenzen). Und schließlich, so das pragmatische Merkmal, sind Modelle nicht nur Modelle von etwas, sondern auch für jemanden. Sie erfüllen einen bestimmten Zweck (Stachowiak 1973, 133). Für Bertalanffy erlauben systemtheoretische Modelle, wie andere Modelle

der Wissenschaften auch, die Deduktion von Eigenschaften und des Verhaltens konkreter Objekte. Bei mathematischen Modellen geschieht dies durch die Lösung von Gleichungen oder – bei komplexen Gleichungssystemen – durch Computersimulation. Unter bestimmten Bedingungen lassen sich Phänomene mit Hilfe von Modellen in eine Theorie integrieren und erfüllen dann eine erklärende Funktion (Cartwright 1983). Allerdings werden die systemtheoretischen Modelle in vielen Bereichen vor allem zu Optimierungszwecken (Ökonomie) oder zur Vorhersage (Meteorologie) eingesetzt.

Die methodischen Aspekte der Anwendung generalisierter Systeme ist in den Arbeiten von Bertalanffy nur schwer zu fassen. Hilfreich sind Überlegungen von Hughes zur Anwendung von Modellen in drei Schritten. Erstens wird die Repräsentationsbeziehung zwischen Original und Modell etabliert (*Denotation*, Modellierung). Im zweiten Schritt werden die Eigenschaften des Modells untersucht (*Demonstration*, Manipulation, Simulation) und im dritten Schritt werden die Ergebnisse in Aussagen über das Original übersetzt (*Interpretation*). Für zwei der kritischen Schritte, die Modellierung und die Interpretation der Modelle, konnten in der Literatur bisher keine allgemeinen Regeln angegeben werden (Frigg & Hartmann 2012).

Schaut man sich die Arbeiten von Bertalanffy an, in denen er die Systemtheorie in den verschiedenen Disziplinen (Biologie, Psychologie etc.) anwendet, so fällt allerdings eine bestimmte methodische Herangehensweise auf. Bereits in der *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928) arbeitet Bertalanffy mit „logischen Disjunktionen“, d.h., er stellt ein Schema aller möglichen Erklärungen, hier zur Embryonalentwicklung, in Form widerstreitender Aussagen auf (vgl.: Kap. II.3.3.3). Im konkreten Fall sind es die Disjunktionen zwischen Präformation und Epigenese, Vitalismus und naturwissenschaftlicher Ganzheitstheorie und Ganzheit als physikalisch-chemisches oder als organisches Prinzip. Die kritische Sichtung der Ansätze führt ihn zu einer theoretischen Lösung des Formproblems als eines epigenetischen Geschehens auf Grund eines naturwissenschaftlich begründeten, organischen Ganzheitsprinzips. In seinen methodischen Vorbemerkungen spricht er dementsprechend von einer theoretischen Biologie, die vor allem eine „[...] Sichtung der vorhandenen Tatsachen und gedanklichen Konstruktionen [...]“ zur Aufgabe hätte (Bertalanffy 1928, 100). In den späteren systemtheoretischen Arbeiten zur Psychologie greift er auf den organismischen Ansatz zurück, den er bereits in *Das Biologische Weltbild* (1949) umfassend dargestellt hat. Hier entfaltet er die drei Leitmotive seiner Theorie – Ganzheit, Dynamik und Aktivität –, welche dann als Richtschnur einer kritischen Beurteilung der in den Disziplinen vertretenen theoretischen Ansätze dienen. Indem Bertalanffy die disziplinäre Relevanz dieser Leitmotive

erweist, können metaphysische Positionen wie auch einseitig mechanistische Positionen (Behaviorismus) zurückgewiesen werden. Bertalanffy bedient sich also einer reflexiv-kritischen Methode, bei der sein organismischer Ansatz und die Allgemeine Systemtheorie eine Folie für die Beurteilung von Theorien – ein modellhaftes Korrektiv – darstellen.

Für Ervin Laszlo sind die Systeme der Allgemeinen Systemtheorie darum auch als „second order models“ (Laszlo 1973, 19f.) anzusehen. Diese Modelle dienen vorrangig der Integration der verschiedenen disziplinären Systemmodelle. Ebenso lässt sich die Anwendung von Modellen zweiter Ordnung im Sinne von Bertalanffy auch als einen, kritische Reflexion anleitenden Arbeitsrahmen verstehen. Ich werde darauf noch im Kapitel IV.4 zu sprechen kommen.

3.5.4 Modellierung und Simulation

Die Modellierung von Systemen und die Erforschung der Eigenschaften des Modells (Manipulation und Simulation) sind zwei Probleme, denen sich eine modelltheoretisch inspirierte Systemtheorie zu stellen hat.

Für die Modellierung von Systemen – wie für die Bildung von Analogien auch – scheint es keine spezifischen Regeln zu geben (Frigg & Hartmann 2012), es scheinen auch keine geeigneten Kandidaten in Aussicht zu sein (Bartha 2013). Unterschieden werden kann jedoch zwischen der theoretischen Modellierung als einer mathematischen Beschreibung des Verhaltens von Systemen und der experimentellen Modellierung, bei der die Eingangs- und Ausgangssignale von Systemen gemessen und ausgewertet werden. Das System wird dann als eine *black box* angesehen. Beide Arten der Modellierung bilden eine Einheit. Sie ergänzen sich, da eine experimentelle Analyse ohne theoretische Vorinformationen und eine theoretische Analyse ohne experimentelle Unterstützung nicht durchführbar ist (Gräber 2007, 251ff.). Dabei entspricht die experimentelle Modellierung dem Verfahren der Simulation.

Simulationen in der Systemtheorie würden den gleichen Status wie herkömmliche Experimente in den empirischen Wissenschaften haben. Die mathematischen Modelle in der Simulation seien analog zu realen Systemprozessen konzipiert, so dass Rückschlüsse auf die reale Entwicklung des Systems gerechtfertigt wären. Das Verfahren der Simulation könne, so Bertalanffy, die reale experimentelle Forschung ersetzen:

“[...] actual laboratory experiment can be replaced by computer simulation, the model so developed then to be checked by experimental data [...]” (Bertalanffy 1971, 18)

Drei Gründe sprechen für diesen Weg (vgl.: Müller 1996, 230ff.). Im Gegensatz zu experimentellen Verfahren können – erstens – in einer Simulation eine Vielzahl von Variablen berücksichtigt werden. Zweitens eröffnen Simulationen überraschende Einsichten in funktionale Zusammenhänge – ihre Ergebnisse sind oft kontraintuitiv –, dies besonders auch unter Bedingungen, in denen klassische Experimente aus sachlichen oder aus normativen Gründen nicht durchführbar wären. Sie sind damit heuristisch wertvoll. Und drittens sind Computersimulationen nicht an den engen Zeithorizont von Experimenten gebunden.

Die Verwendung von Modellen bringt aber auch Probleme mit sich. In seinen Arbeiten weist Bertalanffy auf die Inkongruenz von Modell und Realität hin. Die größte Gefahr sieht er in einer zu starken Vereinfachung der Modelle und den Konsequenzen fehlerhafter Analogiebildung. Weitere Probleme treten mit dem idealisierten Charakter der Übereinstimmung von Simulationsmodell und realem Experiment wie auch bei der Kopplung von theoretischem Modell und Simulation, bspw. bei der Zuordnung von (diskreten) Parametern und Zustandsgrößen auf nicht-diskrete Phänomene (Gräber 2007, 246), auf. Die mögliche hohe Komplexität der Simulationen erfordert „unorthodoxe Methoden“ der Plausibilitätsbetrachtung oder sukzessiver Anpassung eingeschätzter Randwerte, so dass nur eine schrittweise Lösungsannäherung stattfinden kann (Lenk 1978, 252). Letztlich testen Simulationen nicht, wie klassische Experimente, Hypothesen über zukünftige Ereignisse, sondern entfalten eine Vielfalt an möglichen Szenarien. Ihre Aussagen bleiben strikt konditional. Mittels Simulationen kann eine hohe empirische Adäquatheit erzielt werden (bspw. in der Wettervorhersage), jedoch wird damit nicht notwendigerweise das Verständnis dieser Prozesse gefördert. Simulationen sind demnach auch nicht falsifizierbar, so dass damit ein fundamentales Prinzip der Erfahrungswissenschaften suspendiert ist (Müller 1996, 234). Die Vielfalt der simulierten Systemverläufe berechtigt nicht zu allgemeingültigen Aussagen. Jedes errechnete Ergebnis gilt nur für die jeweilige Auswahl von Werten. Der Universalitätsanspruch der Systemtheorie kann dann nicht mehr gewährleistet werden (Müller 1996, 233). Nicht zuletzt wird Erkenntnis mit dem Verfahren der Simulation zunehmend an eine apparative Ausstattung der Simulation gebunden. Die systemtheoretische Methode erfährt damit eine „konstruktivistische Überdrehung“ (Müller 1996, 236).

Auch Bertalanffy ist den konstruktiv-technischen Verfahren gegenüber vorsichtig. Dies zeigt sich an der Auseinandersetzung mit und in der Abgrenzung gegenüber den Modellen der Kybernetik. Für Bertalanffy ist die Kybernetik die „[...] wichtigste Systemwissenschaft ‚mechanistischer Richtung‘ [...]“ (Bertalanffy 1970, 116). Geschult in der Auseinandersetzung mit der mechanistischen Philosophie, übt Bertalanffy auch hier entsprechende Kritik. Kybernetische Modelle,

bspw. die verschiedenen Regelkreismodelle (u.a. Feedback-Mechanismen: das Beispiel des Thermostats; homöostatische Regulation: das Beispiel des Erhalts der Körpertemperatur bei Warmblütern, Homöothermie), sind Spezialfälle von allgemeinen, offenen Systemen. Erstens sind dies geschlossene Systeme. Es findet kein Materie-Energie-Austausch statt, sie sind nur offen für Information. Zweitens werden die dynamischen Wechselwirkungen der verschiedenen Variablen in offenen Systemen nur unzureichend berücksichtigt. Es wird zwar nicht mehr nur eine lineare Kausalität modelliert, doch wird – bspw. mit den Rückkopplungen – nur eine zirkuläre Kausalität eingeführt. Die durch einen Prozess erzeugte Wirkung steuert den weiteren Verlauf dieses Prozesses. Für die Beschreibung organischer Systeme bedeutet dies, dass dem behavioristischen Reiz-Reaktions-Schema (lineare Kausalität) einfach Rückkopplungen beigefügt werden, so dass den selbstregulierenden Eigenschaften von lebenden Systemen Genüge getan zu sein scheint. Die Konzeption des allgemeinen Systems bei Bertalanffy ist im Vergleich zum kybernetischen Ansatz umfassender. Besonders bei lebenden Systemen bietet sie Erklärungen für den Erhalt im Wechsel der Teile, für die Prozesse von Differenzierung, Mechanisierung und Zentralisierung oder die Erhöhung des Organisationsniveaus. Bertalanffy fasst zusammen:

„Aus diesen Gründen kann man sagen, daß das kybernetische Modell wegen seiner interdisziplinären Natur von großem Wert ist und Einsicht in Regelungs-, zielsuchendes und zweckvolles Verhalten gewährt. [...] Das Modell ist aber keine allgemeine Theorie von Systemen oder Grundlage einer neuen ‚Naturphilosophie‘.“ (Bertalanffy 1970, 121)

Die Geschichte der Systemtheorien zeigt, dass besonders die Systemtheorien technischen Ursprungs – wie bspw. die Kybernetik – einer einseitigen Entwicklung von technisierten Methoden Vorschub leisteten. Laszlo spricht zudem von einem *methodic shift* zugunsten der deduktiven Methoden (Laszlo 1973, 17), welche diese Technisierung weiter beförderte. Bertalanffy und seine Mitstreiter sahen mit der Kritik an den Verfahren der Kybernetik zugleich die Notwendigkeit, eine gleichwertige Integration der verschiedenen Methoden anzumahnen und zu verteidigen (Rapoport 1988, Boulding 1956, Laszlo 1973).

4 Disziplinäre Anwendungen

Die Bedeutung der Allgemeinen Systemtheorie, die Relevanz ihrer Methoden und begrifflichen Zusammenhänge zeigt sich in deren Anwendung auf Phänomene der verschiedenen Disziplinen. Bertalanffy demonstriert die Relevanz seiner Theorie offener Systeme bzw. seines organismischen Ansatzes nicht allein anhand biologischer Beispiele, die immerhin von der Biophysik über die Krebsforschung (Bertalanffy 1960, 11ff.) bis hin zur Ökologie (Voigt 2001) reichen. Auch für die Psychologie oder die Sozialwissenschaften wird die Bedeutung seines Ansatzes deutlich. Die späten Arbeiten von Bertalanffy behandeln dabei fast ausschließlich humanwissenschaftliche Themen (Bertalanffy 1970). Es zeigt sich, dass weniger die formalen Aspekte der Allgemeinen Systemtheorie angewandt, sondern vor allem die begrifflichen Zusammenhänge übertragen werden, die zum großen Teil bereits mit seinem organismischen Ansatz entwickelt waren. Besonders die reduktionismuskritische Intention des organismischen Ansatzes und dessen drei Leitideen – Ganzheit, Dynamik und Eigenaktivität – finden ihre jeweilige disziplinäre Entsprechung. Im Folgenden soll gezeigt werden, wie dieser qualitative Ansatz in der Systemtheorie für Bertalanffy einen möglichen Begriffs- und Arbeitsrahmen bei der Beschreibung von Problemen der Organisation in den verschiedenen Disziplinen und für eine reflexive Orientierung und Kritik im Feld der disziplinären, theoretischen Ansätze darstellt.

4.1 Psychologie

In Anwendung des organismischen Ansatzes auf die Psychologie kritisiert Bertalanffy ein vorherrschendes Menschenbild, das er als „Roboter-Modell des Menschen“ bezeichnet. Dieses ist durch vier Prinzipien gekennzeichnet: das behavioristische Reiz-Reaktions- (oder Stimulus-Response-)Modell, die Konditionierung des Verhaltens und der Persönlichkeit, das Prinzip der Stabilität oder des Gleichgewichts des Mentalen und ein ökonomisches Prinzip (Bertalanffy 1969a, 189ff.).

Das Reiz-Reaktions-Modell (Stimulus-Response-Modell, S-R-Modell) der behavioristischen Psychologie verknüpft Reiz und Reaktion über eine Art „*black box*“. Verhalten wird als eine Reaktion auf (eine ganze Bandbreite an) Umweltreizen (Stimuli) verstanden. Die basalen Reaktionen gründen in vererbten neuronalen Mechanismen, in Reflexen oder instinktivem Verhalten. Komplexeres Verhalten ist anerzogen oder entspricht konditionierten Reaktionen. Dieser Ansatz

zeigt sich in Theorien der klassischen Konditionierung (Pavlov) oder der operanten Konditionierung (Skinner), aber auch in den psychoanalytischen Theorien bezüglich früher Kindheitserfahrungen (Freud), bspw. im Training von Hygieneverhalten oder anderem, sozial erwünschtem Verhalten. Die oft in Tierversuchen gewonnenen Ergebnisse wurden auf den Menschen mit der Überzeugung übertragen, damit weitestgehend auch das breite Spektrum menschlichen Verhaltens erfassen zu können. Weitere Entsprechung findet das Reiz-Reaktions-Schema in Theorien der Erziehung bzw. der individuellen Entwicklung (*psychological engineering*). Lernen wird hier als eine Art Konditionierung des Individuums angesehen, was die gesellschaftlichen Begleiterscheinungen, u.a. die Versuche einer Konditionierung durch Werbung, äußere Motivation (Anreize) und Medien, mit umfasst. Das Gleichgewichts- oder Stabilitätsprinzip führt wiederum Verhalten auf den Drang zur Verminderung von (inneren) Spannungen zurück, bspw. das Sexualverhalten betreffend (Freud). Bei gegebener sozialer Freizügigkeit können diese Spannungen problemlos abgebaut und ein „normales“ Verhalten wiedergewonnen werden. Hinter dem ökonomischen Prinzip schließlich verbirgt sich ein utilitaristischer Ansatz und das Prinzip des minimalen Aufwandes. Verhalten ist zweckorientiert und optimierend ausgerichtet.

Offensichtlich entstammen diese Prinzipien dem mechanistischen Wissenschaftsprogramm und sind damit als reduktionistische Prinzipien zu charakterisieren. Wie in der Biologie auch führt dies zu einer Krise der Psychologie, die Bertalanffy als eine schleichende Erosion des bisher leitenden Modells, des „Roboter-Modells des Menschen“, beschreibt. Das Reiz-Reaktions-Modell (S-R-Modell) würde viele Aspekte spontanen Verhaltens vernachlässigen. Nicht einmal die Fruchtfliege und auch nicht die Pavlovschen Hunde könnten somit ausreichend erklärt werden. Die auf Konditionierung setzenden Lerntheorien würden zwar wichtige Aspekte menschlichen Verhaltens beschreiben, jedoch seien sie als umfassende Theorien offensichtlich falsch. Ebenso gründe das Leben nicht auf dem Behaupten eines Gleichgewichts, sondern – wie die Theorie offener Systeme zeigt – auf dem eines Ungleichgewichts. Ein Gleichgewicht beruhe auf Entropiemaximierung und bedeute den Tod des Individuums. Verhalten sei nicht nur Spannungsabbau, sondern auch Spannungsaufbau. Und schließlich würde die gesamte Geschichte der Künste das rein ökonomische Prinzip widerlegen.

Dem reduktionistischen Programm der Psychologie entgegen, stellt Bertalanffy eine organismische bzw. systemtheoretische Neuorientierung in Aussicht. Das leitende Prinzip einer modernen Psychologie sollte das eines aktiven Persönlichkeitssystems (*active personality system*) sein (Bertalanffy 1969a, 192). Parallele theoretische Tendenzen findet Bertalanffy bereits in der Entwicklungspsycholo-

gie, so in der Genetischen Epistemologie bei Jean Piaget oder im Ansatz der progressiven Differenzierung bei Heinz Werner sowie in der Individualpsychologie, der Persönlichkeitstheorie etc. angedacht. Im Gegensatz zum S-R-Modell geht der organismische Ansatz vom psychophysischen Organismus als einem primär aktiven System aus (Bertalanffy 1969a, 193). Weiterhin zeigen die Ergebnisse der Arbeiten von Uexküll, dass Umwelt etwas ist, das durch die Organisation des Systems erst konstituiert wird. Konditionierungsansätze vernachlässigen diesen Aspekt und dessen Relevanz für die individuelle Entwicklung.

Eine systemtheoretische Perspektive in der Psychologie ist bereits mit der Gestaltpsychologie vorbereitet. „Gestalten“ sind psychische Vorgänge und Zustände, deren Eigenschaften nicht aus Teilen zusammensetzbar sind (erstes Ehrenfels-Kriterium). Außerdem lassen sich bspw. Figuren in anderen Farben, an anderen Orten des Gesichtsfeldes, ein musikalisches Motiv in verschiedenen Tonarten vortragen oder derselbe Sinn mit unterschiedlichen Worten darstellen etc. Es bleibt die Gestalt trotz Änderung ihrer Teile bestehen (zweites Ehrenfels-Kriterium) (Bertalanffy 1949, 177). Diese Gestalten sind psychische Ganzheiten, die sich, so Bertalanffy, auf Grund organisatorischer Gesetzmäßigkeiten herausbilden. Dies zeigt sich besonders am Prinzip der Gestaltprägnanz, der Tendenz, möglichst einfache, prägnante Formen anzunehmen. Werden bspw. dem Betrachter für eine kurze Zeitspanne neun Punkte, die in einem Kreis angeordnet, und ein zehnter Punkt, der etwas außerhalb der Kreisform liegt, dargeboten, dann wird letzterer in die Kreisperipherie eingerückt und damit die Gestalt des Kreises vervollständigt:

„So ist die Wahrnehmung nicht eine Summe einzelner und gegeneinander gleichgültiger Empfindungen, sondern die Empfindungen bilden ein gestaltetes System, beherrscht von dynamischen Prinzipien.“ (Bertalanffy 1949, 178)

Auch eine Theorie des Gedächtnisses wäre nach systemtheoretischen Gesichtspunkten umzugestalten. In Kritik an Wolfgang Köhler (Köhler 1929) sind diese Gestalten allerdings keine im Gleichgewicht befindlichen geschlossenen Systeme, sondern als offene Systeme anzusehen. Die Gestalten korrespondieren mit der neurophysiologischen Organisation, wobei die Mechanismen dieser Organisation nicht von Anfang an fixiert sind, sondern sich jeweils erst entwickeln müssen. Allerdings unterliegen sie den gleichen Systemprinzipien – bspw. den Prozessen progressiver Mechanisierung – und verfügen über Systemeigenschaften, bspw. die Robustheit, die Regulation (Prinzip der Prägnanz) und die Regeneration. Mentale Systeme tendieren in ihrer Genese von einem wenig differenzierten Status zu einem Status höherer Differenzierung. Dies beinhaltet

besonders die Hierarchisierung und Spezialisierung bestimmter Hirnbereiche. Das Phänomen der Regeneration kann bspw. bei physiologischen Anpassungen von Teilen des Gehirns wahrgenommen werden. Andere Hirnbereiche können dann durch Schäden verursachte Ausfälle kompensieren.

Für eine moderne, humanistische Psychologie ist schließlich relevant, dass der Mensch – in der Formulierung von Ernst Cassirer – ein *animal symbolicum* ist (Cassirer 1944/1996, 51). Der Mensch lebt in einem symbolischen Universum von Sprache, Mythos, Kunst etc. Ein solches Universum stellt die symbolische Umwelt eines Menschen dar, hierdurch verleiht er der Welt ihre Bedeutung und gewinnt an Orientierung (Cassirer 1944/1996). Entgegen einem behavioristischen Egalitarismus von Tier und Mensch ist die Verwendung von Symbolen das Kriterium, welches den Menschen gegenüber Tieren auszeichnet. Sprachfähigkeit ist dabei nur ein Aspekt der Symbolverwendung. Diese begründet rationale Organisation, zielorientiertes Handeln (im Aristotelischen Sinne einer *causa finalis*, d.h. der Antizipation eines Ziels unabhängig seiner „Nützlichkeit“) und Geschichtlichkeit. Gegenüber einem „Roboter-Modell“ muss nun mit einer organismischen Psychologie primär von symbolischen Aktivitäten ausgegangen werden:

“The key terms of what sometimes is called ‘third force’ or ‘humanistic psychology’, I propose, are ‘symbolism’ and ‘system’.” (Bertalanffy 1968, 12)

Der Mensch, so Bertalanffy, ist ein „aktives Persönlichkeits-System“ (Bertalanffy 1970, 38). Was auch immer Persönlichkeit noch bedeuten mag, es hat die Eigenschaften eines Systems (Allport 1961 in: Bertalanffy 1981, 112).

4.2 Symboltheorie, Kultur- und Sozialwissenschaften

Bertalanffy geht noch einen Schritt weiter und versucht eine systemtheoretische Symboltheorie zu entwickeln. Das durch den Menschen entfaltete symbolische Universum gewinnt im Zuge der (kulturellen) Evolution eine gewisse Autonomie. Die symbolischen Welten, bspw. ein Renaissance-Gemälde, die Evolution der indogermanischen Sprachen etc., unterliegen der systemtheoretischen Perspektive zufolge ebenfalls spezifischen Systemgesetzen. Symbolsysteme können nicht auf die psychologischen Theorien reduziert werden. Es ist daher – nach der unbelebten und der belebten Natur – eine weitere Systemebene anzunehmen, die der Kultur. Die Evolution von Symbolsystemen (Symbolismen) stellt eine der wichtigsten Grundfragen der Anthropogenese dar. Sie ist nicht nur zentral für die Humanpsychologie, sondern auch allgemein für die kulturelle Entwick-

lung des Menschen (vgl.: Cassirer 1929/1997, besonders Band 2: Das mythische Denken).

Bertalanffy definiert den Symbolbegriff mittels dreier Kriterien. Symbole erfüllen eine repräsentative Funktion, d.h., ein Symbol steht für etwas, das es repräsentiert bzw. symbolisiert. Diese Zuordnung ist, zweitens, frei erschaffen (*freely created*), was nicht bedeutet, dass diese rein willkürlich (arbiträr) ist. So nimmt Bertalanffy „[...] eine Art Isomorphie zwischen Anschauungsbild und Wort [...]“ an (Bertalanffy 1970, 51), welcher biologische Prinzipien oder psychologische Motive zu Grunde liegen können. Eine kausale Beziehung zwischen *Repräsentandum* und *Repräsentans* besteht allerdings nicht. Die Zuordnung ist bspw. kein Akt der Konditionierung, so wie in Pavlovs Experimenten der Ton der Glocke zu einem Signal für den Speisereiz geworden ist. Drittens werden Symbole durch Traditionen weitergegeben (Bertalanffy 1968, 15). Alle diese drei Kriterien müssen zusammen erfüllt sein, um menschliches Verhalten von nicht-menschlichem Verhalten abgrenzen zu können.

Ein symbolisches System ist kein summatives Konglomerat verschiedener, einzelner Symbole. Es ist eher einem Algorithmus vergleichbar, der die Symbole nach bestimmten Regeln verknüpft (Bertalanffy 1970, 61). Bertalanffy führt die Mathematik als Beispiel an. Benötigt wird ein Satz von Symbolen, sozusagen ein „Vokabular“, und geeignete Spielregeln, eine „Grammatik“. Die möglichen Operationen der Verknüpfung lassen eine eigenständige Symbolwelt entstehen:

„So wird die Symbolwelt sozusagen klüger als der Mensch, der sie geschaffen hat. Auf diese Weise entwickelt sich das symbolische System der Sprache und besonders jene künstliche Sprache, die wir Mathematik und Wissenschaft nennen, zu einer ungeheuren Denkmaschine. Ein Operationsbefehl, eine sogenannte Hypothese mit den nötigen Spezifizierungen wird hineingesteckt; die Maschine fängt zu schnurren an, und schließlich fällt auf Grund der gegebenen Regeln der Symbolverknüpfung eine Lösung heraus, welche die beschränkte Intelligenz eines Einzelmenschen keineswegs hätte voraussehen können.“ (Bertalanffy 1970, 63)

Eine solche Symboltheorie kann eine Theorie soziokultureller Systeme begründen. Auch hier lassen sich die Kennzeichen des Lebens – Organisation, Dynamik und Eigenaktivität – wiedererkennen. Wie die Symbolsysteme nicht nur Symbole addieren, so bestehen die soziokulturellen Systeme nicht einfach aus einer Addition individueller Handlungen. Sie entsprechen organisatorischen Ganzheiten mit ihren, in einer Allgemeinen Systemtheorie formulierten, Gesetzen der Organisation und Dynamik. Diese können sich bspw. in historischen Symbolsystemen (Tradition, Geschichte) ausdrücken.

4.2.1 Soziale und kulturelle Systeme

Sozialwissenschaft ist die Wissenschaft von sozialen Systemen (Bertalanffy 1969a, 195). Bertalanffy verwendet den Begriff der Sozialwissenschaft in einem sehr weiten Sinn. Er umgreift damit Disziplinen wie die Soziologie, Ökonomie, Politikwissenschaft, Sozialpsychologie, Kulturanthropologie, Linguistik, Teile der Geschichtswissenschaft etc. Als soziale Systeme sind bspw. menschliche Gruppen, kleine Gruppen (Familien, Arbeitsgemeinschaften), informelle und formelle Organisationen, große Einheiten (politische Gruppierungen, Nationen, Kulturen) oder auch die Menschheit in ihrer Gesamtheit anzusehen.

Bertalanffy bleibt bei seinen Ausführungen zu einer Systemtheorie in den Sozialwissenschaften sehr unbestimmt, verständlicherweise, da er als Biologe nicht über ausreichende Kenntnisse der disziplinären Debatten verfügt. Er kann jedoch auf einschlägige Arbeiten von Pitirim Sorokin (Sorokin 1947), die strukturfunktionalistischen Autoren in der Soziologie (insbesondere: Talcott Parsons) und die amerikanischen Kulturanthropologen (insbesondere: Alfred Kroeber, Clyde Kluckhohn, Ruth Benedict) verweisen.

Auch soziale Systeme können mit all den Mitteln und Prinzipien analysiert werden, welche in der Allgemeinen Systemtheorie bereits generalisiert zur Verfügung stehen. Dazu gehören bspw. die Wachstums-Gleichung in Anwendung auf menschliche Populationen sowie die mathematischen Beschreibungen ökologischer Konflikte, von sozialen Wettkämpfen und Konflikten. Die Verbreitung von Gerüchten lässt sich mit Diffusionsgleichungen beschreiben und der Autoverkehr in formaler Korrespondenz zur Kinetik und Thermodynamik (Bertalanffy 1969a, 195). Ein qualitatives Beispiel stellt das Prinzip der limitierenden Faktoren dar. Das von dem Chemiker Justus Liebig (1840) begründete Prinzip beschreibt die Abhängigkeit der Organismen von Faktoren, welche die Entwicklung und das Verhalten dieser beschränken. Organismen werden demnach zunächst kontrolliert durch die Menge und Variabilität von Stoffen, die sie mindestens in kleinen Mengen benötigen, weiter durch physikalische Faktoren, die kritisch sind (bspw. Klimafaktoren), und abschließend durch Toleranzgrenzen der Organismen gegenüber den genannten Faktoren (Bargatzky 1986, 167f.). Besonders Kulturanthropologen, die sich um die Aufklärung demographischer Verhältnisse bemühten, stellten hier eine Analogie zu den soziokulturellen Systemen her. Ein Beispiel für die Anwendung findet sich bei dem Anthropologen Wayne Suttles (1968). Die Indianerkulturen der nordamerikanischen Westküste (u.a. Tlingit, Haida) verfügen über eine außerordentlich komplexe Organisation. Ein zentrales Merkmal dieser Kulturen besteht in einem zeremoniellen Fest, dem sogenannten *potlatch*, bei dem Wertgegenstände „vernichtet“

und angesammelte Nahrungsmittel verteilt werden. Die Menge der verteilten Güter bringt einen entsprechenden Prestigegewinn. Suttles erklärt das Entstehen des *potlatch* mit wiederkehrenden Notzeiten, die in den ansonsten wildreichen Gebieten der Küste partiell herrschten. Die Ansammlung von Nahrungsmitteln erfüllte nicht nur die „manifeste Funktion“ des Prestigegewinns, sondern auch die „latente Funktion“ der Versorgung der Bevölkerung in Notzeiten. Demnach handelt es sich bei diesem sozialen Phänomen um eine in der Zeit entwickelte selektive Anpassung, die sich auch als ein Fließgleichgewicht beschreiben lässt (Bargatzky 1986, 171ff.).

Soziale Systeme sind aber nicht allein mit organismischen und ökologischen Prinzipien zu beschreiben. Die soziokulturelle Welt ist, wie im vorigen Kapitel festgestellt, wesentlich eine symbolische Welt (Bertalanffy 1969a, 197). Sie ist in ihrer Eigenständigkeit und Spezifität zu betrachten. Es sind besonders drei Aspekte einer Allgemeinen Systemtheorie, welche die Möglichkeit einer kritischen Reflexion der verschiedensten disziplinären Ansätze und Perspektiven auf soziale Phänomene bieten: die reduktionismuskritische, die dynamische und die nomothetische Auffassung. Diesen Aspekten entsprechend, negieren die reduktionistischen Ansätze nicht nur die Eigenheiten der betreffenden Systeme, sondern auch die Relationen (Interdependenzen) innerhalb und zwischen den sozialen Systemen (Bertalanffy 1969a, 195). So dürfte ein methodologischer Individualismus in Bertalanffys Augen genauso problematisch sein wie die biologische Reduktion sozialer Phänomene, die von einigen Soziobiologen vertreten wird, oder die Reduktion der Komplexität menschlichen Handelns im Modell des *homo oeconomicus* einiger Entscheidungstheorien. Einem methodologischen Individualismus gemäß können soziale Phänomene unter Rückgriff auf psychologische Hypothesen über individuelles Verhalten erklärt werden (Gethmann 1995). Allerdings konstituieren die individuellen Einheiten, ob Individuen oder soziale Subsysteme, nicht nur das soziale oder kulturelle System, sondern sind auch ein Teil des Systems und seiner Dynamik und werden wiederum durch systemische Prinzipien oder Einschränkungen (*constraints*) bestimmt. Im Unterschied zu anderen Lebewesen ist die Umwelt des individuellen Menschen eine soziokulturelle Umwelt, d.h. symbolischer Natur:

“The cultural universe is essentially a symbolic universe. Animals are surrounded by a *physical* universe with which they have to cope: physical environment, prey to catch, predators to avoid, and so forth. Man, in contrast, is surrounded by an universe of *symbols*. Starting from language which is prerequisite of culture, to symbolic relationships with his fellows, social status, laws, science, art, morals, religion and innumerable other things, human behaviour, except for the basic aspects of the biological needs of hunger and sex, is governed by symbolic entities.” (Bertalanffy 1969a, 197)

Es besteht nicht nur eine einseitig determinierende Beziehung zwischen individuellen Menschen und ihrer symbolischen Umwelt, sondern eine interdependente Relation.

4.2.2 Die Dynamik sozialer Systeme

Die nomothetische Haltung von Bertalanffy bezüglich der Kultur- und Sozialwissenschaften lässt sich gut am Beispiel der Geschichtswissenschaften zeigen. Eine verbreitete Einsicht in die Methodik der Geschichtswissenschaften ist, dass sie über keine allgemeinen Gesetze verfügen bzw. diese aufstellen könne. Die Geschichtswissenschaften beziehen sich auf Ereignisse und damit auf das Besondere in der Geschichte. Die Unterscheidung von nomothetischen und idiographischen Wissenschaften geht ursprünglich auf den Neukantianer Wilhelm Windelband (Windelband 1904) zurück. Von Heinrich Rickert wurde sie weiter ausgearbeitet (Rickert 1926). Ihr zufolge lassen sich Gesetzeswissenschaften und beschreibende Wissenschaften unterscheiden. Bertalanffy möchte die Relevanz der Systemtheorie als einer nomothetischen Wissenschaft auch für die Geschichtswissenschaften erweisen. Er kritisiert diese Unterscheidung, indem er sich auf die „Außenseiter“ der Geschichtswissenschaft bspw. Giambattista Vico, Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Karl Marx, Oswald Spengler, Arnold J. Toynbee u.a. beruft (Bertalanffy 1969a, 198). Diese hätten versucht, eine theoretische Geschichtswissenschaft zu etablieren und wären dabei von Gesetzmäßigkeiten im historischen Prozess ausgegangen. Obwohl diese Ansätze in vielerlei Hinsicht verschieden sind, würden alle darin übereinstimmen, dass die Geschichte kein durchgängiges Zufallsgeschehen darstelle, sondern Regeln oder Gesetzen folge, die erkannt und beschrieben werden könnten.

Bertalanffy identifiziert drei in den Geschichtswissenschaften relevante Modelle. Das „lineare Fortschrittsmodell“, das „zyklische Modell“, das besonders durch Spengler wieder aktuell wurde (Spengler 1923/1997), und das „nihilistische Modell“, nach dem Geschichte weder Sinn noch Gesetzmäßigkeiten aufweist. Offensichtlich können nur dort Gesetze angenommen werden, wo Wiederholungen oder Zyklen anzutreffen sind. Diese findet Bertalanffy in den kulturellen Systemen in der Geschichte der Menschheit, die – mit Spengler (1923/1997) – eine Art „Lebenszyklus“ aufweisen. Entgegen der Kritik, die Karl Popper in *The Open Society and Its Enemies* (Popper 1945) an Spengler und Marx übte, können hier organismische Prinzipien fruchtbar angewandt werden. Bertalanffy bleibt trotzdem der Spenglerschen Geschichtsauffassung und der Organismus-Analogie gegenüber kritisch:

„Freilich ist der Kulturverlauf zu bunt, um sich in ein einfaches Schema pressen zu lassen. Der Begriff ‚zyklisch‘ muß, wenn überhaupt, mit Vorsicht angewendet werden. [Die] Systeme zeigen Regelmäßigkeiten in ihrer Entwicklung, die, in grober Metapher, mit Wachstum, Reifung und Vergehen verglichen werden können.“ (Bertalanffy 1970, 177, 185)

In letzter Konsequenz schreibt Bertalanffy allerdings allen drei Modellen gemeinsam Relevanz zu. Diese spiegeln jeweils drei Aspekte einer Geschichtsauffassung wider, die für eine Geschichtswissenschaft relevant werden könnten. Es zeigt sich erneut Bertalanffys integrative Haltung gegenüber Methoden und Modellen in seiner Systemtheorie:

„Ich glaube, man kann sich viel Streit ersparen, wenn man zugibt, daß alle drei Aspekte der Geschichte offensichtlich sind. Es gibt Fortschritt in Wissenschaft und Technik; es gibt Zyklen primitiver, reifer und verfallender Kunst; und es gibt Beharrlichkeit der ‚menschlichen Natur‘ besonders in ihren böartigen Aspekten der Gewalttätigkeit und des Krieges.“ (Bertalanffy 1970, 178)

In seinen Ausführungen zu den nomothetischen Aspekten einer Geschichtswissenschaft bleibt Bertalanffy dennoch äußerst unbestimmt, seiner Meinung nach zu Recht, befindet sich diese doch erst am Anfang ihrer Entwicklung (Bertalanffy 1969a, 203):

“Instead of emphasizing the shortcomings of the cyclic historians which are rather natural in an embryonic stage of the science, it seems more profitable to emphasize their agreement in many respects.” (Bertalanffy 1969a, 203)

Bertalanffy greift wiederum auf Beispiele anderer Autoren zurück. So finden sich Intentionen, welche die Regularitäten zumindest von mikrohistorischen Prozessen beschreiben, in kulturanthropologischen Ansätzen oder in den von Bertalanffy nicht erwähnten evolutionstheoretischen und diffusionistischen Ansätzen. Beispielsweise stellte Everett Rogers die Verbreitung von neuen Ideen und Erfindungen mittels eines Diffusionsmodells dar und beschrieb Aneignungs- und Abgrenzungsphänomene über allgemeine Regeln (Rogers 1962); auf ähnliche Weise versuchten die Kulturanthropologen Marshall D. Sahlins und Elman R. Service (Sahlins & Service 1960) evolutionstheoretische Ansätze für den sozialen Wandel fruchtbar zu machen.

Ein anderes Problem der Dynamik sozialer Systeme stellt die Bedeutung von Konflikten für den sozialen Wandel dar. Bertalanffy kritisiert hier den Struk-

turfunktionalismus (insbesondere Parsons) dahingehend, dass Phänomene der Systemstabilität, der Anpassung, des Gleichgewichts sowie homöostatische Prozesse zu stark betont werden. Dies führt zu einer Vernachlässigung von Phänomenen des sozialen Wandels, von Entwicklungsprozessen und Konflikten. Eine Theorie offener Systeme dagegen würde die Tendenz zur Selbstbehauptung gleichwertig mit dem Wandel des Systems, den Systemerhalt gleichwertig mit inneren Konflikten (Fließgleichgewicht) behandeln. Mit ihren Begriffen und Konzepten, so Bertalanffy, könne eine Allgemeine Systemtheorie als allgemeiner begrifflicher Rahmen (*logical skeleton*) für eine Beschreibung der komplexen Zusammenhänge in der Soziologie dienen (Bertalanffy 1969a, 196).

Dem Phänomen des Konflikts haben sich insbesondere Anatol Rapoport (1960; 1974) und Kenneth Boulding (1962) zugewandt. Konflikte sind überall in der biologischen und sozialen Welt anzutreffen, bspw. zwischen und innerhalb von Individuen und biologischen Arten, zwischen Familien, Organisationen, politischen Gruppen, zwischen Staaten, Religionen oder Ethnien. Einer systemtheoretischen Perspektive auf Konflikte geht es wiederum erst einmal um die allgemeinsten Prinzipien in der Vielfalt der Erscheinungen, also um eine allgemeine Konflikttheorie. Hierfür ist zuerst ein allgemeiner Rahmen der Beschreibung von Konflikten zu schaffen, d.h., es geht um eine Klärung und Zuordnung grundlegender Begriffe. Boulding beschreibt die Konfliktparteien als *behavior units*, d.h. als Aggregate oder Organisationen, die in der Lage sind, verschiedene Positionen einzunehmen, während sie ihre Grenzen und Identität bewahren. Die möglichen Positionen werden als ein Set an Variablen definiert, die den *behavioral space* bezeichnen. Ein Set von Werten der Variablen bestimmt die derzeitige konkrete Position im Raum. Die Werte müssen in eine einfache Ordnung gebracht werden können; so müsste z.B. die Variable „verärgert sein“ als ein mehr oder weniger „verärgert sein“ darstellbar sein. Auch hat die Einheit bzw. das System eine Geschichte. Nun können die spezifischen Elemente der verschiedenen Phänomenbereiche konkretisiert werden und allgemeine Prinzipien der Organisation auf das System der konfigrierenden Akteure angewandt werden.

Wettkampf ist eine besondere Form der Interaktion von Systemen. Von Wettkampf kann gesprochen werden, wenn irgendeine mögliche Position eines Systems die Realisation derselben Position von einem anderen System ausschließt (Inkompatibilität). Ein Konflikt ist eine besondere Form des Wettkampfes. Dieser liegt vor, wenn die Systeme sich der Inkompatibilität der potentiellen zukünftigen Positionen bewusst sind und jede der Parteien diese Position auch einzunehmen wünscht (Boulding 1962, 2ff.). Die Interaktionen und Positionen der Systeme zueinander lassen sich in einer Konfliktkurve mathematisch

beschreiben (Boulding 1962, 17). Diese beruht auf einer Analyse von Austauschprozessen zwischen den Systemen und ist überall dort anwendbar, wo ein System etwas aufgibt, um im Gegenzug dafür etwas zu erhalten. Kommt es zu einem Konflikt, sind die Austauschprozesse nicht mehr symmetrisch *und* nicht mehr akzeptabel. Wir haben es hier mit einem statischen Modell der Beschreibung von Konfliktsituationen zu tun, das Gleichgewichtszustände als Grundlage der Modellierung und Konflikte als unerwünschte Ungleichgewichte ansieht, die auf die eine oder andere Art wieder einem Gleichgewicht entgegengehen werden.

Besonders Rapoport kritisiert dieses statische Modell. Konflikte finden in der Zeit statt und sind somit Prozesse. Es müssen demnach auch dynamische Modelle konzipiert werden, welche die Regeln von Entscheidungs- und Konfliktverhalten in sozialen Systemen erfassen. Spieltheoretische Ansätze sind eine Form der Modellierung sozialer Dynamiken. Beispielsweise sind die Prozesse, die aus der Abhängigkeit eines Systems von den Handlungen des anderen Systems hervorgehen, von dem Mathematiker und Spieltheoretiker Albert William Tucker im sogenannten Gefangenendilemma modelliert worden. In diesem beschreibt er das jeweilige soziale Dilemma zweier Personen, die unter gleichen Bedingungen und im Nichtwissen um die Entscheidung des Anderen zu einer eigenen, optimalen Entscheidung gelangen müssen (Poundstone 1992). Boulding und Rapoport greifen den spieltheoretischen Ansatz auf und versuchen diesen zu erweitern. Beispielsweise modelliert Rapoport eine Erweiterung des zwei Personen betreffenden Gefangenendilemmas auf drei und vier Personen (Rapoport 1971).

Boulding wiederum reflektiert die Grenzen des formalen Ansatzes für eine Theorie sozialer Systeme. Diese bestehen nicht nur aus rationalen Akteuren, die sich in stabilen Differentialgleichungen oder Matrizen darstellen lassen. Zudem sind Phänomene u.a. der kulturellen Prägung des Verhaltens, bestimmte Gebräuche, Wissen um Alternativen und weit in die Zukunft reichende Zielvorstellungen oder auch ein Widerstand von Systemen gegenüber Veränderungen mit zu berücksichtigen. Diese Eigenschaften erklären, warum soziale Systeme auf weite Sicht stabil bleiben können, obwohl sie kurzfristig instabil wirken. Die allgemeinen Ansätze einer Systemtheorie bleiben dabei von grundlegender Relevanz für die Beschreibung der verschiedenen Dynamiken von sozialen Systemen (Boulding 1962, 22).

4.3 Technik

Einen besonderen Anwendungsbereich findet die Allgemeine Systemtheorie in technischen Systemen und Verfahren und deren Entwicklungs- und Realisationsprozessen. Die Systemtechnik (*systems engineering*) wurde von Bertalanffy kaum bearbeitet. Es waren vor allem die kybernetisch orientierten Systemtheoretiker, die aus den Erfordernissen automatisierter Prozessabläufe und den Errungenschaften der Informationstechnik spezifische Methoden und Prinzipien der Organisation einführten. Dennoch muss dieser Aspekt hier zumindest Erwähnung finden. Systemtechnik wurde als eine „[...] Leistung, Maschinen unterschiedlicher Art und Menschen als wirksam arbeitende Einheiten zu organisieren [...], bestimmt (Ropohl 1974, 195). Zu den Systemtechniken zählen dann, neben entscheidungstheoretischen, informationstheoretischen und kybernetischen Modellen und Methoden, besonders die Verfahren der Simulation und der Optimierung von Organisation und Prozessen (*operations research*).

Bertalanffy dürfte hier besonders als ein interner Kritiker der Systemtheorie auftreten. Wie bereits in der Kritik an der Kybernetik gezeigt, werden zwar systemische Ganzheit und Dynamik der Systeme in Form mathematischer Beschreibungen berücksichtigt, jedoch handelt es sich meist um geschlossene Systeme und damit idealisierte Fälle, die letztlich mechanistisch und reduktionistisch in ihrer Intention sind:

“Cybernetics [...] proved its impact not only in technology but in basic science, yielding models for concrete phenomena and bringing teleological phenomena – previously tabooed – into the range of scientifically legitimate problems; but it did not yield an all-embracing explanation or grand ‘world view’, being an extension rather than a replacement of the mechanistic view and machine theory [...]” (Bertalanffy 1969a, 23)

Aus den Erfahrungen seiner Zeit heraus ist es – entgegen mechanistischen Tendenzen – nicht zuletzt die Verantwortung des Wissenschaftlers und Ingenieurs, die Bertalanffy einklagen will (Bertalanffy 1969a, 10). Eine komplexe Beschreibung der Zusammenhänge muss daher die Interdependenz der Mensch-Technik-Relation berücksichtigen und diese als ein offenes Subsystem in das sozio-kulturelle System einordnen.

4.4 Systemtheorie und Kulturkritik

Schließlich verfolgt Bertalanffy eine kulturkritische Intention. In einer systemtheoretischen Perspektive ist auch die gesamte Welt als eine einzige Organisation zu betrachten (*world as organization*: Bertalanffy 1969a, 188). Das führt zu einer kulturkritischen Wende der Reduktionismuskritik bei Bertalanffy. Die unzureichenden oder gar negativen Konsequenzen mechanistischer bzw. reduktionistischer Handlungsansätze in Wissenschaft, Technik und Gesellschaft sind zu reflektieren und in einem neuen Welt- und Menschenbild (Köstler & Smythies 1970) zu überwinden. Bertalanffy spricht hier – mit Bezug auf den Wissenschaftstheoretiker Thomas S. Kuhn (1962) – von einem neuen Paradigma, einem organismischen Weltbild (Bertalanffy 1969a, 18), welches die Prinzipien der Organisation, der Dynamik, der Besonderheiten der verschiedenen (disziplinären) Systemebenen und der Eigenaktivität des Organischen *vor* die reduktionistischen Prinzipien mechanistischer Forschungsprogramme stellen würde.

Die Diagnose einer Krise, die Bertalanffy 1928 in seiner *Kritische(n) Theorie der Formbildung* für die Biologie beschrieb (vgl. Kapitel II.1), wertet er in den 1960er Jahren zu einer „organismischen Revolution“ aus (Bertalanffy 1969a, 186f.). Betrachtet man die Geschichte der Menschheit, so Bertalanffy, dann sei es schwierig, die „[...] Irrationalität und Bestialität [...]“ (Bertalanffy 1969a, 8) allein einzelnen Menschen zuzuschreiben. Eher scheinen wir Opfer historischer Kräfte zu sein, welche auch immer diese seien. Oder wie es Russel Ackoff noch im Jahre 2004 schlagend zusammenfasst:

“The situation the world is in is a *mess*.” (Ackoff 2004, 1)

Bei Bertalanffy, der zwei Weltkriege und ein erneutes Wettrüsten erfahren musste, mag eine pessimistische Haltung nicht überraschen. Durch seinen Wiener intellektuellen Hintergrund wird er wahrscheinlich mit dem zu seiner Zeit gerühmten und gleichzeitig umstrittenen Werk von Oswald Spengler *Der Untergang des Abendlandes* (Bd. 1: 1918 und Bd. 2: 1922) sowie mit der Kulturkritik von José Ortega y Gasset in *Der Aufstand der Massen* (1930) bekannt geworden sein. Spengler vertrat ein zyklisches Geschichtsmodell, in dem Kulturen mit Organismen verglichen werden, die eine dem Lebenslauf ähnliche Dynamik aufweisen würden. Im Gegensatz zu einer linearen Geschichtsschreibung, die den Fortschritt der Entwicklung der Menschheit nachzeichnet, würden Kulturen immer wieder neu entstehen, eine Blütezeit erleben und untergehen. In seiner Methode der geschichtlichen Morphologie bedient sich Spengler einer organismischen Analogie, indem er die äußere Form historischer Kulturen und deren

Dynamik auf die gegenwärtige Kultur des Abendlandes überträgt. Auf diese Weise versucht er zu zeigen, dass die Blütezeit der europäischen Kulturen bereits vorbei sei, diese sich im Niedergang befände. Es wurde bereits erwähnt, dass Bertalanffy sowohl einer unkritischen Übertragung des Organismus-Begriffs als auch einer zyklischen Geschichtsschreibung als Universalgeschichte kritisch gegenübersteht. Auch wenn in struktureller Hinsicht gemeinsame Merkmale von Kulturen beschrieben werden könnten, so wären ihre Ausprägungen wiederum sehr verschieden. Besonders die modernen Zivilisationen wären singulär, da sie eine rasante technische Entwicklung kennzeichnet. Diese würde ein bisher unbekanntes Maß an Naturbeherrschung erlauben und die Möglichkeit einer Ökonomie des Überflusses bieten. Mit der technischen Entwicklung gehe dann auch eine Globalisierung kultureller Werte und Errungenschaften einher.

Mit José Ortega y Gasset behauptet Bertalanffy, dass technische Entwicklung und Globalisierung zu einer „industrialisierten Massen-Gesellschaft“ führe. Bei Ortega y Gasset heißt es:

„So glaube ich [...], daß die politischen Umwälzungen der jüngsten Jahre nichts anderes als ein Imperium der Massen bedeuten. Die alte Demokratie wurde durch eine kräftige Dosis Liberalismus und Verehrung für das Gesetz gemildert. Wer diesen Grundsätzen diene, war verpflichtet, bei sich selber eine strenge Zucht aufrechtzuerhalten. Unter dem Schutz des liberalen Prinzips und der Rechtsnorm konnten die Minoritäten leben und wirken. Demokratie und Gesetz, legale Lebensgemeinschaft, waren Synonyma. Heute wohnen wir dem Triumph einer Überdemokratie bei, in der die Masse direkt handelt, ohne Gesetz, und dem Gemeinwesen durch das Mittel des materiellen Drucks ihre Wünsche und Geschmacksrichtungen aufzwingt.“ (Ortega y Gasset 1930/1956, 11f.)

Entsprechend bei Bertalanffy:

„Wir müssen mit der harten Realität einer andersartigen Zivilisation rechnen, die im Entstehen begriffen ist: einer Massen-Zivilisation, technisch und international, die die gesamte Erde und Menschheit umspannt und alte Werte der Kultur und Kreativität durch neuartige Maßnahmen ersetzt. [...] Die Aufgabe des Individuums? Was ihm bleibt, ist Bewahrung der Reste der alten Kultur, soweit die Massen-Gesellschaft es gestattet.“ (Bertalanffy 1970, 195)

Die aufkommende, Individualität nivellierende Massengesellschaft des Durchschnittsmenschen interpretiert Bertalanffy als eine Rückkehr zum bedingten Reflex. Die Methoden der Werbung, der ideologischen Propaganda etc. sind nicht an die menschliche Vernunft gerichtet. Im Gegenteil versuchen sie, durch

wiederholte Stimulation, gekoppelt an Belohnung oder Strafe, den Menschen emotional auf ein bestimmtes Verhalten einzuschwören (Bertalanffy 1981, 6). Der Kontrolle der Welt durch die verschiedenen Technologien tritt eine Kontrolle des Menschen durch psychologische Techniken zur Seite.

Seine Kulturkritik führen Bertalanffy leider nicht über die Positionen von Spengler und Ortega y Gasset hinaus (Friedrich Nietzsche spielt für Bertalanffy nur eine periphere Rolle.). Auch in seinen werttheoretischen Überlegungen überwiegt eine pessimistische Sicht. Immerhin sei nun, so Bertalanffy, eine Reflexion der gesellschaftlichen Normen in Gang gekommen. Es bestehe Hoffnung, dass ein neues oder auch ein altes Wertesystem der Gleichgültigkeit einer Massengesellschaft entgegentrete (Bertalanffy 1981, 22). Der Reduktion von Normen und Werten auf eine biologische Ebene tritt Bertalanffy auch hier entschieden entgegen. Mit der Komplexität und den integrativen Optionen einer organismischen (systemtheoretischen) Weltsicht könnten und sollten schließlich Auswege aus den gesellschaftlichen Problemen seiner Zeit aufgezeigt werden.

In Bertalanffys kulturkritischen Ambitionen treten normative Elemente einer wissenschaftlich-deskriptiven Sicht zur Seite. Auch hier handelt es sich weniger um eine Ambivalenz seines Ansatzes als um die Integration von wissenschaftlichen und normativen Perspektiven (Rapoport 1988, 6ff.) im Begriff des Weltbildes. Seine Kulturkritik ist wesentlich durch seine Reduktionismuskritik bestimmt. Dem dient auch die Anwendung der qualitativen, organismischen Prinzipien von Ganzheit, Dynamik und Eigenaktivität in den verschiedenen Disziplinen, wie der Psychologie, Medizin oder den Sozialwissenschaften. Besonders die Auseinandersetzung mit Geschichte und Werttheorie sind bei Bertalanffy mit einer unverkennbar kulturkritischen Absicht verbunden. Die Integration der Perspektiven und der Methoden erscheint dabei selber als eine Methode, um über einen reinen Kritizismus hinauszugelangen und mögliche Wege aufzuzeigen.

IV.

Die Begründung einer interdisziplinären Wissenschaftspraxis

1 Perspektivismus und die Frage nach der Ganzheitlichkeit

Bertalanffy versteht den wissenschaftlichen Fortschritt als einen Prozess der De-Anthropomorphisierung (Bertalanffy 1969a, 242ff.). Dieser verläuft in drei Schritten: Erstens führt die Loslösung von den Beschränkungen der menschlichen Sinne zu einer Erweiterung und Objektivierung des Forschungsbereiches, zweitens findet eine Konvergenz der Forschung in den Ergebnissen der verschiedenen, unabhängigen Disziplinen statt und drittens führt eine Mathematisierung zu einer weiteren, letzten Objektivierung, die auch bisher noch nicht formalisierbare Eigenschaften erfasst. Bertalanffy sieht sich selber in dieser Tradition und die Allgemeine Systemtheorie als notwendige Konsequenz der fortschreitenden Objektivierung von Wissensansprüchen.

Diesem Objektivierungsanspruch entgegen steht die nicht zu hintergehende biologische Verfasstheit des Menschen, die biologische und kulturelle Gebundenheit der Erfahrungsweisen des Menschen (Bertalanffy 1969a, 248). Bertalanffy erfasst diesen Umstand mit einer epistemischen Grundhaltung, die er als Perspektivismus bezeichnet. Dieser Perspektivismus kann, wie Pouvreau und Drack vorschlagen, als „dritter Weg“ zwischen zwei gegensätzlichen Auffassungen verstanden werden: einem „Absolutismus“ und einem „radikalen Relativismus“ (Pouvreau & Drack 2007, 297) bzw. einem metaphysischen (monistischen) Realismus und einem konstruktivistischen Relativismus (zur Mittelstellung des Perspektivismus vgl.: Giere 2006a). Unter einem „Absolutismus“ versteht Bertalanffy den bereits beschriebenen Absolutismus apriorischer Formen und Kategorien der Erfahrung bei Kant (Bertalanffy 1968, 55f.). Gemäß einem metaphysischen Realismus gibt es im Prinzip nur eine wahre und vollständige erklärende Theorie. Für die relativistische Gegenposition hingegen sind auch wissenschaftliche Aussagen nichts anderes als soziale Konventionen (Giere 2006a, 26). Die Widersprüchlichkeit beider Positionen kann nun in einer vermittelnden Position aufgelöst werden. Diese lässt sich als *perspektivischen Realismus* (Giere 2006b) näher bestimmen.

Bertalanffy begründet seinen Perspektivismus im Kontext der wissenschaftlichen Erkenntnisse seiner Zeit in biologischer wie auch in kultureller Hinsicht. In biologischer Hinsicht beruft sich Bertalanffy auf die bereits erwähnten Arbeiten von Konrad Lorenz. Dieser kritisiert den ahistorischen Charakter der apriorischen Kategorien bei Kant. Lorenz zeigt, dass die Wahrnehmungsfunktionen auf der Physiologie der Sinnesorgane und des Nervensystems beruhen. Die kognitiven Fähigkeiten entsprechen der psychophysischen Organisation des Menschen, sie werden durch und mit dieser möglich (Bertalanffy 1969a, 227). Die als ein evolutionärer Anpassungsprozess beschriebene kognitive Entwicklung des Menschen gewährleistet die Korrespondenz zwischen Erscheinung und Welt (Bertalanffy 1969a, 240), jedoch nicht als eine eindeutige Repräsentation der Komplexität der Welt. Jakob von Uexküll – bekannt durch seine Umweltlehre – zeigt, dass die psychophysische Organisation auch festlegt, was als ein Stimulus für die Sinnesorgane dienen kann. Diese adaptive Korrelation von Organisation und Stimulus beeinflusst dann auch die weiteren Reaktionen des Organismus (einschließlich der kognitiven Verarbeitung des Stimulus). Uexküll gibt eine Menge Beispiele, z.B. das einer Zecke, die im Busch auf ein Säugetier lauert, um dessen Blut zu trinken. Der Stimulus, auf den die Zecke reagiert, ist der Geruch von Buttersäure, der von jedem Säugetier ausgesondert wird. Die Zecke lässt sich bei Wahrnehmung des Geruches fallen und landet, wie es das empfindliche Temperaturempfinden der Zecke dann auch signalisiert, auf dem Säugetier.

Dort sucht sie sich mit Hilfe der Tastempfindungen eine haarfreie Stelle, um zubeißen zu können. Die komplexe Außenwelt schrumpft zu der systemspezifischen Umwelt von drei Sinnesdaten zusammen, die für das Leben der Zecke wesentlich sind und denen die psychophysiologische Organisation entspricht. Ein weiteres Beispiel von Uexküll betrifft die Zeitwahrnehmung. Am Beispiel des zeitlichen Umfangs eines Augenblicks, als der kleinsten wahrnehmbaren zeitlichen Einheit, führt Uexküll Unterschiede in der Dauer eines Augenblicks bei verschiedenen, biologischen Arten an. Für den durchschnittlichen Menschen dauert ein Augenblick ca. 1/18 Sekunde, d.h. Eindrücke, die kürzer als dieser Zeitraum sind, werden nicht getrennt, sondern als Einheit wahrgenommen. Beispielsweise werden Geräusche, die 0,03 Sekunden lang sind, vom Menschen noch als getrennt wahrgenommen und in ihrer Reihenfolge unterschieden. Bei den sogenannten „slow motion-picture animals“, bspw. einem Kampffisch, können dies bereits kürzere Zeitspannen sein, während umgekehrt bei den „rapid motion-picture animals“, bspw. einer Schlange, längere Zeitspannen als Einheit wahrgenommen werden.

Zur Unterstützung und weiteren Klärung lässt sich die moderne Version eines Perspektivismus des Wissenschaftstheoretikers Ronald Giere heranziehen. Giere begründet seinen Perspektivismus auf ähnliche Weise wie Bertalanffy und führt als Beispiel die verschiedenen Fähigkeiten der Farbunterscheidung an (Giere 2006a). Menschen sind normalerweise trichromatisch, entsprechend der spektralen Empfindlichkeit der drei verschiedenen Arten von Zapfen (die zwei Photorezeptor-Systeme: Stäbchen und Zapfen) in der Netzhaut des Menschen. Die L-Zapfen sind für längere Wellenlängen, die M-Zapfen für mittlere Wellenlängen und die S-Zapfen für kurze Wellenlängen empfindlich. Dies entspricht ungefähr den Farben „gelbgrün“, „smaragdgrün“ und „blau“. In Kombination der Zapfen untereinander können die uns bekannten Farben entfaltet werden. Bei einigen Vogelarten sind allerdings auch vier verschiedene Photorezeptoren bekannt, sie sind tetrachromatisch. Ebenso können genetische Besonderheiten oder Defekte beim Menschen „Rot-Grün“-Farbblindheit oder völlige Farbblindheit verursachen. Giere weitet sein Beispiel auf wissenschaftliche Beobachtungen aus. Die Aufnahmen eines Infrarot Observatoriums (ISO) lassen, auf Grund der Eigenschaften von Infrarot, Objekte der Milchstraße sichtbar werden, die auf einer mit einem einfachen optischen Teleskop aufgenommenen Schwarz-Weiß-Photographie so nicht wahrnehmbar wären. Es kann damit jedoch nicht gesagt werden, dass die eine Aufnahme weniger perspektivisch wäre als die andere. Auch eine wissenschaftliche Beobachtung ist perspektivisch, und zwar bezüglich der verwendeten Instrumente.

In kultureller Hinsicht bezieht sich Bertalanffy auf die sprachphilosophischen Arbeiten von Wilhelm von Humboldt, auf Spenglers kulturkritische Schriften und auf die ethnolinguistischen Arbeiten von Benjamin Lee Whorf. Übereinstimmend wird die Dependenz der jeweiligen menschlichen Weltsicht von linguistischen Strukturen behauptet. Diese These ist in der Literatur als Sapir-Whorf-Hypothese bekannt geworden. Sie unterstellt, dass die verschiedenen Sprachen abhängig von ihrer grammatischen Struktur die Welt auch in unterschiedlicher Weise strukturieren (Whorf 1963, 77):

„Menschliche Wesen leben weder nur in der objektiven Welt noch allein in der, die man gewöhnlich die Gesellschaft nennt. Sie leben auch sehr weitgehend in der Welt der besonderen Sprache, die für ihre Gesellschaft zum Medium des Ausdrucks geworden ist. Es ist durchaus eine Illusion zu meinen, man passe sich der Wirklichkeit im Wesentlichen ohne Hilfe der Sprache an und die Sprache sei lediglich ein zufälliges Mittel für die Lösung der spezifischen Probleme der Mitteilung und der Reflexion. Tatsächlich wird die ‚Reale Welt‘ sehr weitgehend unbewußt auf den Sprachgewohnheiten der Gruppe erbaut [...]. Wir sehen und hören und machen überhaupt unsere Erfahrungen in Abhängigkeit von den Sprachgewohnheiten unserer Gemeinschaft, die uns gewisse Interpretationen vorweg nahe legen.“ (Sapir in: Whorf 1963, 74)

Whorf führt verschiedene Beispiele an: In den europäischen Sprachen werden der Plural und die Kardinalzahlen für wirkliche und für imaginäre Gegenstände verwendet. Zehn Menschen sind objektiv als zehn Menschen wahrnehmbar. Zehn Tage können dagegen nicht in der gleichen Weise Gegenstand der Erfahrung sein, hier kommt ein imaginäres bzw. subjektives Moment hinzu. Für zwei verschiedene Situationen wird nur ein Strukturschema verwendet. Dies führt zu einer Objektivierung und Vergegenständlichung subjektiver Verhältnisse, hier der Zeitspanne (Dauer), die dann nach dem Modell konkreter Objekte der Außenwelt modelliert wird. In der Sprache der Hopi (einem Stamm im SW der USA, bei denen Whorf ethnolinguistische Studien durchführte) werden dagegen der Plural und die Kardinalzahlen nur für wirkliche Gegenstände verwendet. Eine Zeitspanne wird nicht als eine „Länge“ angesehen, sondern als eine Relation des Späterseins zwischen zwei Ereignissen. Statt: ‚Sie blieben zehn Tage‘ würde es heißen: ‚Sie gingen nach dem zehnten Tag weg‘ (Whorf 1963, 79f.). Ein weiteres Beispiel betrifft bestimmte Begriffe wie Sommer, Winter, September, Morgen, Mittag, Sonnenuntergang, also Worte für zyklisch wiederkehrende Phasen. In den europäischen Sprachen werden diese wie Substantive für physische Objekte behandelt, also entsprechend gezählt oder in den Plural gesetzt. Auch hier findet eine Verdinglichung statt, was sonst eine subjektive Erfahrung realer Zeit,

ein bewusstes „Später-und-Später-Werden“, eine zyklische Phase sein würde. Im Hopi kommt diesen Begriffen als „Phasenbegriffen“ ein eigener formaler Strukturaspekt zu. Diese sind in keiner Weise mit den Substantiven (weder Objekte noch Subjekte), Verben oder Adverbien der europäischen Sprachen vergleichbar. Sie werden nicht dekliniert (bspw.: „des Abends“) und enthalten keine Ortsbezeichnungen (bspw.: „am Morgen“). Sie haben eher die Bedeutung von „wenn es Morgen ist“ oder „während sich die Morgenphase ereignet“ (Whorf 1963, 82f.). Zu Begriffen von Zeit, Raum, Substanz und Materie meint Whorf schließlich:

„Es ist falsch, der Anschauung die Schuld zuzuschreiben, wenn wir bei der Entdeckung der Geheimnisse des Kosmos, z.B. der Geheimnisse der Relativität von Raum, Zeit und Materie, nur langsam vorankommen. Die richtige Antwort lautet: Newtons Raum, Zeit und Materie sind gar keine Anschauungen. Es sind Derivate aus Kultur und Sprache. Dies sind die Quellen, aus denen Newton sie hatte.“ (Whorf 1963, 94)

So sind für Bertalanffy die kategorialen Bedingungen der Möglichkeit von Wissen, einschließlich wissenschaftlicher Erkenntnis, wiederum durch ihre biologische und kulturelle Evolution bedingt.

In der biologischen und kulturellen Begründung eines Perspektivismus sieht Bertalanffy auch eine weitere Begründung für die epistemische Autonomie der Einzelwissenschaften gegeben. Er formuliert diese Position im scharfen Gegensatz zu einem positivistischen Ansatz (Bertalanffy 1960, 20). Bereits in der Physik sind verschiedene komplementäre Aspekte auf Phänomene bekannt. Dies zeigt die Heisenbergsche Unschärferelation der Quantenphysik: Zwei komplementäre Eigenschaften eines Teilchens sind nicht gleichzeitig beliebig genau bestimmbar. Beispiele sind die Eigenschaften Ort und Impuls oder auch der im Doppelspaltversuch mit Licht sichtbar werdende Dualismus von Welle und Teilchen. Neben dem Modell der konventionellen Physik gibt es noch andere Modelle der Beschreibung der Welt. Für die Biologie sind dies Morphologie und Physiologie, die beide eine verschiedene, jedoch komplementäre Perspektive auf den Organismus einnehmen. Die Morphologie wendet sich der Struktur und die Physiologie der Funktion von Organismen zu. Der Perspektivismus gilt analog für die gesamten Naturwissenschaften. Es werden gewisse Aspekte der Wirklichkeit repräsentiert, aber keine Perspektive kann Anspruch auf eine allumfassende Erklärung der Welt erheben. Der disziplinäre Perspektivismus bei Bertalanffy ist in seiner Auseinandersetzung mit mechanistischem und positivistischem Denken entstanden und stellt eine explizite Gegenposition zum Reduktionismus dar:

“We come, then, to a conception which in contrast to reductionism, we may call perspectivism. We cannot reduce the biological, the behavioral, and social levels to the lowest level, that of the constructs and laws of physics. We can, however, find constructs and possibly laws within the individual levels.” (Bertalanffy 1969, 49)

Schließlich ist die Wissenschaft selbst eine der „[...] großen Perspektiven [...]“ der Menschheit (Bertalanffy 1960, 20). So müssen bspw. Wertvorstellungen und gesellschaftliche Normen einer anderen Perspektive entnommen werden.

Perspektivismus bedeutet für Bertalanffy aber nicht, dass sich eine Wissenschaft nicht von den Begrenzungen menschlicher Erkenntnisfähigkeit – zumindest bis zu einem bestimmten Grad – emanzipieren kann. Bertalanffy fällt demnach nicht in eine dem „Absolutismus“ gegenteilige Position. Er schließt einen radikalen Relativismus ebenfalls aus. Den Mittelweg, den Bertalanffy stattdessen einzuschlagen versucht, versteht er als Realismus, der die Erkennbarkeit der Welt, trotz der perspektivischen Einschränkung der Erkenntnisfähigkeit, behauptet. Die Evolution unserer kognitiven Fähigkeiten begründet zum einen die Isomorphie zwischen Sprache und Welt (evolutionäre Erkenntnistheorie). Damit ist die mögliche Objektivität der Erkenntnis zumindest genetisch begründet. Mit den Verfahren von Verifikation und Falsifikation muss diese dann noch „real“, d.h., der Anspruch auf Objektivität muss gerechtfertigt werden. Zum anderen muss die Sprache eben irgendeine Struktur aufweisen (Whorf 1963), sie repräsentiert damit eine Perspektive auf die Welt:

“All our knowledge, even if de-anthropomorphized, only mirrors certain aspects of reality.” (Bertalanffy 1969, 248)

Ein Perspektivismus bedeutet allerdings ein Problem für den ganzheitlichen Erkenntnisanspruch des Biologen Bertalanffy. Das Anliegen, umfassende und ganzheitliche Erkenntnis komplexer Phänomene zu erlangen, droht mit dem „nur“ Perspektivischen der Erkenntnis fraglich zu werden. Die Kritik am Mechanismus, an dessen monokausaler und isolierender Forschungspraxis, soll ja von Bertalanffy mit seinem systemtheoretischen Ansatz weitergeführt werden. Auch die vitalistischen Ansätze sind, trotz deren ganzheitlicher Intention, keine Option: Wenn wir nicht auf eine spezifische „Ganzheitsanschauung“, eine Essenz oder ein metaphysisches Prinzip zurückgreifen können, dann ist auch einem intuitiven Zugang nur bedingt wissenschaftliche Relevanz zuzuschreiben. Umgekehrt gilt ebenfalls: Lassen sich keine induktiven Schlüsse bzw. Regeln angeben, welche die verschiedenen Perspektiven zu einem komplexen Ganzen ordnen, dann stellt sich die Frage, wie ein wissenschaftlich fundiertes Erfassen

von Phänomenen in ihrer komplexen Gesamtheit (Ganzheitlichkeit) möglich ist. Auf Grund der biologischen und kulturellen (sprachlichen) Bedingungen ist uns die Welt immer nur perspektivisch gegeben. Dem entspricht auch eine Wissenschaftskultur mit ihrer Pluralität an Disziplinen und Methoden. Wir erfassen Aspekte, Momente, Elemente etc., aber nie den Gegenstand in seiner komplexen Gesamtheit, seiner Ganzheitlichkeit.

Die Bemühungen von Bertalanffy um Objektivität und Ganzheitlichkeit des Gegenstandes, trotz Perspektivität der Erkenntnis, folgen zwei anderen Lösungsansätzen. Obwohl auch die Mathematik letztlich nichts anderes als ein Symbolsystem ist (Whorf 1963, 11), bedeutet dies für Bertalanffy nicht die Relativität der mathematischen Sprache. Bertalanffy versucht den Perspektivismus in seinen Ansprüchen zu begrenzen. Mathematische Beschreibungen sind formale Relationen mit universalem Charakter und können als eine Grundlage der Wissenschaft angesehen werden. Die Mathematik ist ein formal-deduktives System. Jedes rationale Wesen, das gegebene Prämissen akzeptiert, wird auch deren Konsequenzen annehmen müssen. Insofern sich eine komplexe Organisation unter ein formales Systemmodell subsumieren lässt, diese also mathematisch darstellbar wird, kann diese auch objektiv und zumindest in ihrer organisatorischen Ganzheit beschrieben werden. Dem mechanistischen Forschungsprogramm werden die das System konstituierenden Interdependenzen als formale Relationen entgegengestellt. Die disziplinären Perspektiven finden in diesen formalen Zusammenhängen zueinander, insofern eine formale Relation auf die verschiedenen disziplinären Phänomene anwendbar ist. Schließlich kann so auch das Programm einer Einheit der Wissenschaften mit der Allgemeinen Systemtheorie verwirklicht werden.

Eine Frage der Perspektive bleiben dann nur die materialen Inhalte, auf die ein formales System angewandt oder die mathematisiert werden sollen. Zum einen ist die Selektion der Phänomene nach wie vor eine Frage der (wissenschaftlichen) Perspektive:

“But which aspects or perspectives are mathematized depends on the cultural context.”
(Bertalanffy 1969, 237)

Zum anderen lassen sich nicht alle Phänomene formalisieren. Hier bietet sich ein weiteres „ganzheitsstiftendes“ Verfahren an: die interdisziplinäre Organisation der (disziplinären) Perspektiven. Da Interdisziplinarität eine Konsequenz und Fortführung der formalen Integration disziplinärer Perspektiven darstellt, soll im Folgenden vorerst das Projekt der (formalen) Einheit der Wissenschaften in einer Allgemeinen Systemtheorie – wie von Bertalanffy ursprünglich gedacht – erläutert werden.

2 Die Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften

Die Allgemeine Systemtheorie wurde von Bertalanffy als Antwort zum einen auf die Frage nach der Erkenntnis komplexer Gegenstände, nach einer angemessenen Methode, entwickelt und zum anderen auf die Frage nach ihrer Repräsentation. Sie stellt eine Alternative gegenüber mechanistischen und vitalistischen Erkenntnisprogrammen dar. Das organismische Programm erfuhr im Zuge seiner Weiterentwicklung eine Generalisierung, die sich besonders im formalen Charakter der Allgemeinen Systemtheorie zeigte. Im Gegensatz zu anderen Systemtheorien ist die Allgemeine Systemtheorie keine bereichsspezifische Theorie, also bspw. keine Sozialtheorie wie bei Niklas Luhmann. Sie stellt eine Wissenschaftskonzeption dar, die quer zu den Disziplinen steht, und kann somit als eine Metawissenschaft angesehen werden. Das disziplinübergreifende Prinzip der Organisation stellt die Grundlage für ein einigendes Prinzip und eine einheitliche Methode der verschiedenen Wissenschaften dar. Dies gilt für die Physik, die Biologie, die Psychologie, die Soziologie etc. Überall tauchen Fragen der Organisation auf und lassen sich in Anwendung systemtheoretischer Prinzipien beschreiben. Die Allgemeine Systemtheorie begründet damit – so der Anspruch von Bertalanffy – eine nicht-reduktive Einheit der Wissenschaften.

2.1 Formen einer Einheit der Wissenschaften

In historischer Sicht begleitet die Frage nach der Einheit der Wissenschaften die Geschichte der Philosophie seit der Antike (zur folgenden Geschichte der Bemühungen um eine Einheit der Wissenschaften vgl.: Cat 2013). Für die Vorsokratiker lag die Einheit der Wissenschaften in der Einheit des Seins begründet. So versuchten sie diese in einem Prinzip oder Element zu erfassen. Parmenides erkannte dies im „Sein“, Heraklit dagegen im „Werden“, Demokrit in den unteilbaren, letzten kleinen Teilchen, den *ατομος*, und Empedokles in den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde. Im christlichen Monotheismus sah man die Welt durch göttliche Gesetze bestimmt. Dies spiegelte sich in der spezifisch systematischen Ordnung der Wissenschaften, den *artes liberales*, wider. Noch Galilei erklärte, dass das Buch der Natur von Gott in der Sprache der Mathematik und Geometrie geschrieben sei, allerdings auch, dass die Gesetze der Natur über quantitative Beschreibung der primären Qualitäten (Ausdehnung, Materie, Bewegung) erfasst werden könnten. Bereits bei Galilei zeigte

sich, dass es sinnvoll ist, von der Einheit des Wissens in seiner schwächeren Bedeutung auszugehen. Diese würde vor allem in einer universalen Sprache wie der Mathematik zu finden sein. Die lange Zeit vielversprechendste Variante dieses Anspruchs stellte Newtons mechanische Philosophie mit ihren grundlegendsten Begriffen und ersten Gesetzen der Mechanik dar.

Auch Aristoteles versuchte bereits, diesen zweiten Weg einzuschlagen. Einer Einheit des „Seins“ stellte er eine Einheit des Wissens zur Seite. Hierfür teilte er die Wissenschaften, jeweils ihrem Zweck entsprechend, in drei Gebiete: die theoretischen Wissenschaften (Metaphysik, Mathematik, Physik), die praktischen Wissenschaften (z.B. Ethik und Politik) und die produktiven Wissenschaften (z.B. Poesie und Rhetorik). Diese drei Wissensgebiete wurden derart hierarchisch geordnet, dass die theoretischen Wissenschaften die grundlegenden Wissenschaften bildeten. Hier ging es um die „ersten Ursachen“, und das Wissen um sie war Grundlage für alle anderen Wissensgebiete (Bechtel 2007). Der katalanische Philosoph Ramon Llull führte später Baumdiagramme zur Veranschaulichung der Organisation der verschiedenen Disziplinen ein (*L'Arbre de ciència*, entstanden ca. 1295/96). Erst mit der rationalistischen Philosophie des 17. Jahrhunderts wurden die Grundlagen der Einheit des Wissens in einer Universalsprache, einer *mathesis universalis*, gelegt. Descartes stellte vier Regeln der Erkenntnis auf, die den Aufbau der Wissenschaften auf Basis logischer Schlüsse aus den „klaren und einfachsten“ (*clairement et distinctement*) Elementen der Wahrnehmung erlaubten (Descartes 1637/1961, 18f.). In dessen Fortsetzung verfolgte Leibniz das enzyklopädische und kombinatorische Projekt einer *scientia generalis*. Diese basierte auf einem Katalog einfacher Gedanken und einer mathematischen Symbolsprache (*characteristica universalis*), mit der das gesamte Wissen abgeleitet werden konnte. Die Erkenntnis, dass die Gesetze der Natur in mathematischer Sprache darstellbar sind, bedeutete für das Wissenschaftsverständnis der Neuzeit eine wesentliche Neuerung. Wissenschaftliche Ergebnisse ließen sich nun als ein System, vergleichbar dem System der Geometrie, verknüpfen und ordnen. Ausgehend von definierten Grundbegriffen und Axiomen, konnten so Erkenntnisse und Vorhersagen abgeleitet werden. Diese Grundhaltung teilten – bei allen Unterschieden – bspw. Leibniz und Newton miteinander. Die Universalität der Vernunft drückte sich in der universalen Natur der mathematischen Sprache aus, die schließlich die Einheit des Wissens begründete. In der europäischen Aufklärung wurden weitere organisatorische Möglichkeiten der Einheit des Wissens erkundet. Die enzyklopädische Ordnung bspw. der französischen Enzyklopädisten Diderot und d'Alembert gründete im Unterschied zu Leibniz nicht auf grundlegenden Begriffen und logischen Relationen, sondern auf Klassifikationen und Kreuzverweisen. Dieser Versuch der

enzyklopädischen Einheit des Wissens lässt sich in der Geschichte weiter bis hin zu dem prominenten Ansatz von Otto Neurath (1938) verfolgen. Seit Kant war die Einheit der Wissenschaften dann endgültig nicht mehr Ausdruck einer in der Natur aufzufindenden Einheit. Für ihn stellten die Wissenschaften ein nach Prinzipien geordnetes Ganzes der Erkenntnis dar:

„Eine jede Lehre, wenn sie ein System, d.i. ein nach Principien geordnetes Ganze der Erkenntniß, sein soll, heißt Wissenschaft [...]“ (Kant AA, IV, 467f.)

Der Mathematik wird, als auf apriorischen Prinzipien beruhend, eine zentrale Rolle für die Konstruktion wissenschaftlicher Erkenntnis und deren Objektivität eingeräumt.

Eine tatsächliche Einheit der Wissenschaften bleibt in all diesen Versuchen unausgeführt. Sieht man von den ontologischen Ansätzen ab, so sind auch die epistemologischen Ansätze nicht ohne Probleme. Im Unterschied zu den apriorischen Prinzipien, welche die Mathematik und in deren Gefolge die Physik anleiten, stellt schon die Chemie keine reine Wissenschaft dar. Ihre Gesetze sind nur a posteriori, d.h. aus der Erfahrung gewonnen. Eine apriorische Begründung und Fundierung ist nicht möglich. Auch die Biologie ist aus diesen Gründen nicht aus mathematisch-physikalischen Prinzipien ableitbar und über diese begründbar. So kommt die Biologie ohne eine teleologische Beschreibung ihres Gegenstandes nicht aus. Auch wenn teleologische Urteile bei Kant nur ein regulatives Prinzip und eine „[...] Maxime der Beurteilung der inneren Zweckmäßigkeit organisierter Wesen [...]“ (Kant AA, V, B296, A292) darstellen, so bleiben sie unvermeidlich (Kant AA, V, B307, A 303). Kant kommt zu dem Schluss, dass eine jede Wissenschaft primär als ein System für sich anzusehen sei und nicht „[...] wie einen Anbau und als einen Teil eines anderen Gebäudes [...]“ (Kant AA, V, B305, A 301), selbst wenn im Nachhinein Übergänge zwischen den Disziplinen aufgebaut werden könnten. In diesem Sinne stellt für Kant auch die Einheit der Wissenschaften nur ein regulatives Prinzip, d.h. ein Prinzip der reflektierenden Urteilskraft dar.

Die eigentliche „Pluralisierung des Wissenschaftsbegriffs“ fand erst im späten 18. Jahrhundert im Übergang von der System- zur Forschungswissenschaft statt (Schnädelbach 2002, 148). Von der Notwendigkeit der Integration wissenschaftlicher Ergebnisse in ein System befreit, entstanden die verschiedenen Einzeldisziplinen, die der bisherigen Wissenschaftsklassifikationen nicht mehr entsprachen. Jedoch wurde diese Pluralisierung nicht von allen Wissenschaftlern begrüßt. Es kam zu verschiedenen philosophisch-integrativen Bemühungen, die sich einer Pluralisierung und der damit befürchteten disziplinären Vereinzelung

und Beziehungslosigkeit entgegenzustellen versuchten. Die Naturphilosophen des 18./19. Jahrhunderts betrachteten die Einheit der Wissenschaften als eine Herausforderung an die Philosophie. So versuchten u.a. Friedrich Schelling, Lorenz Oken oder Johann Wolfgang von Goethe die verschiedenen Wissenschaftsgebiete auf Basis ganzheitlicher philosophischer Denkmodelle zu integrieren. Dabei bediente man sich auch des bereits bei Kant erwähnten Begriffs der Weltanschauung (Kant AA, V, 255). Besonders Goethe verbindet mit dem allgemeineren Begriff der Anschauung einen überlegenen Zugang zur Natur. Nicht durch intellektuelles Verstehen, sondern nur in der Anschauung sei es möglich, das Ganze zu erfassen (vgl.: Kapitel III.3.5.2).

Einen vorläufigen Höhepunkt erreichte der Begriff der Weltanschauung bei Wilhelm Dilthey, der eine Typologie der Weltanschauungen entwickelte, und bei Oswald Spengler in seinem Werk *Der Untergang des Abendlandes* (Spengler 1923/1997). Weltanschauungen, so Dilthey, seien Ergebnis von Lebenserfahrungen. Sie würden die gesamte, komplexe Struktur des Mentalen widerspiegeln und seien damit nicht allein Erzeugnisse des Denkens (Dilthey 1911/2006). Als Einheit der Erfahrungen solle der Begriff der Weltanschauung dann auch die Einheit des Wissens begründen.

Diesen spekulativen Tendenzen gegenüber entfalteten die empiristischen Philosophen andere Optionen einer Einheit des Wissens. So versuchte bspw. John Stuart Mill die Einheit auf *methodologischem* Wege zu gewährleisten. Er ordnete Gesetze – entsprechend ihrer Allgemeinheit – in einem Schichtenbau, der deduktive Beziehungen ermöglichte, ohne mit der Autonomie der Einzeldisziplinen unverträglich zu werden. In methodologischer Hinsicht entfaltete er, neben dieser nomologischen Orientierung, vor allem eine induktive Logik (oder besser Heuristik), einen methodischen Individualismus und die sogenannte „physikalisch-konkrete Methode“ (vgl.: Eberlein 1994). Demnach sind auch die Sozialwissenschaften analog zu den physischen Wissenschaften auszuüben. Sie können in methodologischer Hinsicht von der Strenge der Newtonschen Physik profitieren.

Eine methodologische Einheit der Wissenschaften stellte einen minimalistischen Anspruch an eine Gestaltung der Einheit dar. Neben diesem blieben weiterhin Bemühungen mit stärkerem Anspruch von Bedeutung. Prägnant wurde ein solch starker Anspruch von Vertretern einer positivistischen Philosophie umgesetzt. Ein Beispiel ist das von Rudolf Carnap vorgeschlagene „Konstitutionssystem“. Dieses stellte ein „[...] erkenntnismäßig-logisches System [...]“ dar, in dem alle Begriffe und (im weitesten Sinn) Gegenstände aus bestimmten Grundbegriffen stufenweise abgeleitet werden könnten (Carnap 1928/1998, 1).

Anders ausgedrückt wären die Gegenstände und Begriffe auf diese Grundbegriffe „zurückführbar“ und reduzierbar:

„[...] ein Gegenstand heißt auf andere ‚zurückführbar‘, wenn alle Sätze über ihn übersetzt werden können in Sätze, die nur noch von den anderen Gegenständen sprechen.“
(Carnap 1928/1998, 47)

Es müsse demnach eine Definition angegeben werden, mit welcher eine Aussagefunktion f über einen Gegenstand in eine mit f umfangsgleiche Aussagefunktion allein mittels der Grundbegriffe übersetzt werden könne. Als derartige Grundbegriffe sah Carnap in *Der logische Aufbau der Welt* vorerst die eigenpsychischen Elementarerlebnisse (bspw. der visuellen Wahrnehmung: die Wahrnehmung der Farbe rot) als unzerlegbare Einheiten der Erfahrung an. Diese konnten in sogenannten Beobachtungs- bzw. Protokollsätzen festgehalten werden (Carnap 1928/1998, 91ff.). Für eine reduktive Analyse von gesamten Theorien war dies jedoch nicht ausreichend. Bereits in *Die physikalische Sprache als Universal-sprache der Wissenschaft* (1931) wurden – anstatt der eigenpsychischen Basis – physikalische Gegenstände und damit eine intersubjektiv zugängliche Grundlage als Bezugsklasse eingeführt. Die Sprache der Physik stellte so die grundlegende Sprache für ein einheitliches System der Wissenschaften dar. Alle wissenschaftlichen Aussagen ließen sich in der physikalischen Sprache ausdrücken, bspw. in Form quantitativer Werte oder raumzeitlicher Koordinaten. Die Begriffe und Konzepte der nicht-physikalischen Disziplinen, bspw. der biologischen Begriffe des Organismus und der Vererbung, ließen sich mittels physikalischer Begriffe und logischer Zusammenhänge konstituieren bzw. deduzieren. Ein einheitliches Wissenschaftssystem würde die Begriffe und Gesetze der verschiedenen Disziplinen auf unterschiedlichen Ebenen mit den fundamentalen physikalischen Begriffen und Gesetzen verbinden, welche die Basis einer hierarchischen Wissenschaftsordnung bildeten.

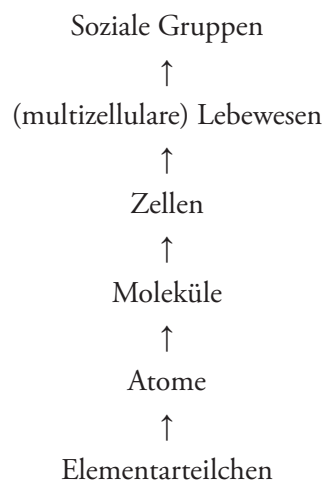
2.2 Hierarchie der Wissenschaften

Auch bei Carnap bleibt das Projekt der Einheit der Wissenschaften ein epistemologisches Projekt (Cat 2013). Dagegen findet sich eine ontologische Version der reduktiven Einheit der Wissenschaften bei Oppenheim und Putnam in *Unity of Science as a Working Hypothesis* ausgearbeitet (Oppenheim & Putnam 1958). Die hierarchische Ordnung des Wissens wird als hierarchische Ordnung der Welt gedeutet.

Auch Oppenheim und Putnam versuchen dem Ausdruck der „Einheit der Wissenschaften“ einen präzisen Inhalt zu verleihen. Diesen sehen sie in einer einheitlichen Sprache und einheitlichen, erklärenden Prinzipien (Gesetzen). Eine Einheit der Wissenschaften ist dann erreicht, wenn die disziplinären Sprachen und bereichsspezifischen Gesetze auf die Sprache und die Gesetze einer grundlegenden Disziplin reduziert werden können. Folgende Voraussetzungen müssen für eine derartige Reduktion erfüllt sein (Oppenheim & Putnam 1958, 5): Gegeben sind zwei Theorien T_1 und T_2 ; T_2 ist dann auf T_1 reduzierbar, wenn:

1. die Sprache von T_2 Begriffe enthält, die nicht in T_1 vorkommen,
2. jegliche Beobachtungsdaten, die durch T_2 erklärbar sind, auch durch T_1 erklärbar sind,
3. T_1 ebenso gut systematisiert ist wie T_2 .

Die Reduktion einer wissenschaftlichen Disziplin oder eines disziplinären Bereiches B_2 auf B_1 ist dann erreicht, wenn es eine Theorie T_1 in B_1 zum Zeitpunkt t gibt, so dass T_2 auf T_1 reduziert wird. Dem reduktiven Ansatz von Oppenheim & Putnam geht es also um die Einheit der Wissenschaften in einem starken, monistischen Sinn. Dieser ist nur durch Theorien-Reduktion erreichbar. Die Ordnung der Disziplinen bzw. Bereiche setzt ein „natürliches“ System von Ebenen voraus. Dabei muss die Anzahl der Ebenen begrenzt sein und eine dieser Ebenen als grundlegende Ebene ausgezeichnet sein. Jede Ebene, außer der grundlegendsten, muss in Elemente der nächsten unteren Ebene zerlegt werden können (Oppenheim & Putnam 1958, 9). Oppenheim & Putnam schlagen folgendes System von Ebenen vor (Oppenheim & Putnam 1958, 9):



Oppenheim und Putnam erläutern dies am Beispiel eines „Menschen in einer Telefonzelle“. Dieser kann als ein Aggregat von Elementen auf verschiedenen Ebenen angesehen werden. Sein Verhalten kann bspw. durch Kombination einer physikalisch-chemischen Theorie und einer Individualpsychologie erklärt werden. Wenn jedoch eine einheitliche Theorie konstruiert werden könnte, die das Verhalten aller Elemente des Systems erklärt, dann ließen sich mit dieser Theorie auch alle einzelnen Aggregate und damit der „Mensch in einer Telefonzelle“ reduktiv erklären (Oppenheim & Putnam 1958, 11). Offensichtlich beruht das Ebenen-Modell (oder auch „layer cake“-Modell) von Oppenheim und Putnam auf einer mechanistischen Wissenschaftsauffassung. Ein reduktiver Ansatz und ein summatives Verfahren bestimmen die Einheit der Wissenschaften.

Auch Bertalanffy bedient sich einer solch hierarchischen Ordnung der Natur. Die hierarchische Organisation, die in der Allgemeinen Systemtheorie vorerst die innere Organisation der Systeme meint, bedeutet nun gleichwohl, dass die Systeme selbst hierarchisch, entsprechend der verschiedenen Ebenen, geordnet werden können. Auch Bertalanffy schlägt eine mögliche Ordnung vor: Die unterste Ebene besteht aus statischen Organisationen (Atome, Moleküle und Kristalle). Die nächste Ebene bilden einfache Systeme (wie beispielsweise Uhren, einfache Maschinen oder das Sonnensystem) und Kontrollmechanismen (Thermostat, homöostatische Mechanismen in Organismen). Schließlich die Ebene der offenen Systeme, deren einfachstes Beispiel das einer Flamme ist. Offene Systeme lassen sich weiter in Zellen, niedrige Organismen, Pflanzen, Tiere, den Menschen bis hin zu soziokulturellen Systemen und schließlich Symbolsystemen differenzieren. Die Systemebenen sind durch bestimmte Eigenschaften ausgezeichnet und können den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen zugeordnet werden. Einfache Systeme, bspw. Uhren, können mit Hilfe der konventionellen Physik beschrieben werden, Kontrollmechanismen durch die Kybernetik. Anders sieht dies bei offenen Systemen aus. Niedrige Organismen zeichnen sich durch zunehmende Differenzierung aus; bereits bei Tieren spielt der Informationsaustausch eine zunehmende Rolle, der sich beim Menschen in der Verwendung von Symbolen äußert. Soziokulturelle Systeme sind dann symboldeterminierte Systeme, und schließlich stellen die Symbolsysteme selbst eine hierarchische Ebene dar, die aus Sprache, Mathematik, Logik, Wissenschaft, Kunst, Moral etc. bestehen kann. Die Entwicklung von Theorien und Modellen dieser offenen Systeme stehe noch am Anfang (Bertalanffy 1969, 28f.). Jede Systemebene müsse zusätzlich zu ihren Systemeigenschaften über ihre spezifischen Eigenschaften konkretisiert werden, so dass eine vollständige Reduktion, wie sie im „layer cake“-Modell von Oppenheim und Putnam impliziert ist, ausgeschlossen bleibt:

“We cannot reduce the biological, behavioral, and social levels to the lowest level, that of the constructs and laws of physics. We can, however, find constructs and possibly laws within the individual levels.” (Bertalanffy 1969, 49)

2.3 Die Allgemeine Systemtheorie und die Einheit der Wissenschaften

Auch Bertalanffy sieht die Notwendigkeit einer Einheit der Wissenschaften. Motiviert ist sein Ansatz, wie die positivistischen Ansätze auch, durch ökonomische Prinzipien der Einfachheit und der begrifflichen Sparsamkeit (Mach 1906/2011) und einer einheitlichen Sprache. Vor allem sind es allerdings pragmatische Motive, die von Bedeutung werden. Eine theoretische Konzeption der Einheit der Wissenschaften wird entgegen der zunehmenden Spezialisierung der verschiedenen Disziplinen und deren forschungspragmatischen Konsequenzen (Unübersichtlichkeit, Isolation, Kommunikationsverlust etc.) notwendig. Die Allgemeine Systemtheorie soll die Einheit durch eine Hierarchie der Wissenschaften hindurch gewährleisten, ohne den hohen Standard an Wissenschaftlichkeit aufzugeben. Demnach wäre die Einheit der Wissenschaften, so Bertalanffy, möglich, da alle Disziplinen mit Problemen der Organisation, demzufolge mit Systemen, konfrontiert seien. Interdependenzen und entsprechende systemische Ordnungsprinzipien sind in allen Wissenschaftsbereichen zu finden. In der Physik finden wir organisatorische Prinzipien beim Aufbau von Atomen, in der Biologie sind es die Organismen und Ökosysteme, die Psychologie kennt die psychischen Gestalten und auch in sozialen Systemen lassen sich Ordnungs- und Erhaltungsprinzipien feststellen. Bertalanffy verdeutlicht dies in einer tabellarischen Aufstellung einer Hierarchie der Systeme und analog dazu der Wissenschaften (Bertalanffy 1969, 28f.). Demnach haben bspw. auch ein soziales System, ein psychisches System und ein biologisches System bestimmte grundlegende Systemeigenschaften gemeinsam. Diese Eigenschaften können in einer den Disziplinen gemeinsamen, formalen Beschreibung erfasst werden. Prominent ist die von Bertalanffy entwickelte Gleichung für Wachstumsprozesse (Bertalanffy 1951; 1957), die er für das organische Wachstum von Individuen aufstellt. Es zeigt sich, dass diese Gleichung ebenfalls auf andere disziplinäre Systeme anwendbar ist.

“Reality, in the modern conception, appears as a tremendous hierarchical order of organized entities, leading, in a superposition of many levels, from physical and chemical

to biological and sociological systems. Unity of Science is granted, not by an utopian reduction of all sciences to physics and chemistry, but by the structural uniformities of the different levels of reality.” (Bertalanffy 1969, 87)

Bertalanffy versucht nicht, die Einheit der Wissenschaften auf systematische oder enzyklopädische Weise zu erzielen. Gemäß seiner frühen Kritik am Mechanismus wird die Einheit auch nicht reduktiv hergestellt, wie in den positivistischen Ansätzen. Es könne keine Ebene der hierarchischen Struktur ausgezeichnet werden, die einer grundlegenden Disziplin entspräche, von der aus alle Eigenschaften der folgenden Hierarchiestufen abgeleitet oder konstituiert werden könnten. Das integrative Modell von Bertalanffy ähnelt eher einem Containermodell (Cat 2013), bei dem die allgemeinen Prinzipien und Begriffe, vergleichbar mit Fächern in einem Container, die disziplinären Begriffe einordnen und verknüpfen können.

Die Allgemeine Systemtheorie ist keiner Disziplin verpflichtet, auch nicht der Biologie, welche den organismischen Ansatz und in dessen Folge die Allgemeine Systemtheorie erst hervorbrachte. Die Allgemeine Systemtheorie steht auch nicht an der Basis einer Hierarchie der Disziplinen, sondern quer zu dieser Hierarchie. Systeme sind auf allen Ebenen einer Wissenschaftshierarchie anzutreffen. Die Autonomie der einzelnen Wissenschaften, ihrer spezifischen Theorien, Gesetze und Begriffe, bleibt dabei gewahrt. Die Systemprinzipien und -modelle dürfen den disziplinären Kontext nicht negieren.

“The organismic conception does not mean a unilateral dominance of biological conceptions. When emphasizing general structural isomorphies of different levels, it asserts, at the same time, their autonomy and possession of specific laws.” (Bertalanffy 1969, 88)

Ein neuralgischer Punkt bei jeder Einheit der Wissenschaften ist die Verknüpfung der disziplinären Elemente miteinander. In den enzyklopädischen Ansätzen stellen dies bspw. Kreuzverweise zwischen den einzelnen Stichworten dar. Bertalanffy ist auf der Suche nach einem allgemeineren Ansatz, wie ihn auch die positivistische Philosophie seiner Zeit anstrebte. Das Projekt einer Einheit der Wissenschaften bei Bertalanffy unterscheidet sich jedoch von den Ansprüchen der positivistischen Bestrebungen hinsichtlich der Verknüpfung der disziplinären Ebenen. Letztere zielen auf die Möglichkeit einer deduktiven Ableitung von Gesetzen der Einzelwissenschaften, ausgehend von einer grundlegenden Basisdisziplin (Nagel 1956). In den reduktionistischen Ansätzen nach dem deduktiv-nomologischen Modell erfolgt die Verknüpfung mit Hilfe von Identitätsausssa-

gen (bikonditionalen) bzw. subsumtiven (konditionalen) Relationen bezüglich zweier Theorien T_1 und T_2 verschiedener hierarchischer Ebenen (Nagel 1961; Hempel 1969; Schaffner 1967). Das kann und will der reduktionismuskritische Ansatz von Bertalanffy nicht leisten. Bertalanffy stellt eine Verknüpfung nicht zwischen Theorien, sondern zwischen (Beschreibungen von) Systemstrukturen her. Die isomorphe Relation zwischen den Strukturen zweier Systeme S_1 und S_2 unterschiedlicher hierarchischer Ebenen ermöglicht nicht nur die Übertragung von Systemeigenschaften und -prinzipien in vertikal-disziplinärer Hinsicht, sondern bietet zudem die theoretische Grundlage für eine Einheit der Wissenschaften:

“[W]e find [...] a correspondence or isomorphy of laws and conceptual schemes in different fields, granting the Unity of Science. Speaking in ‘material’ language, this means that the world (i.e., the total of observable phenomena) shows a structural uniformity, manifesting itself by isomorphic traces of order in its different levels or realms.” (Bertalanffy 1969, 87)

In diesem hohen Anspruch an die Übertragungs- und Verknüpfungsleistungen mittels isomorpher Systembeschreibungen sieht Bertalanffy schließlich einen weiteren Schritt hin zu einem die Pluralität der Wissenschaften umfassenden Zeichensystem, einer *mathesis universalis* (Bertalanffy 1949, 187).

Für Bertalanffy wird die Einheit der Wissenschaften nicht nur durch eine einheitliche, systemtheoretische Sprache begründet, sie stellt auch ein epistemisches Projekt dar. Es sind zwei Schritte oder Aspekte, mit denen eine Einheit erzielt werden soll: Ein erster Schritt besteht in der Generalisierung materialer Systeme bzw. Systemeigenschaften der Einzeldisziplinen, im besten Fall durch deren mathematische Beschreibung oder die Konstruktion von Modellen. In einem zweiten Schritt werden diese allgemeinen Modelle und Prinzipien auf „ähnliche“ Probleme anderer Wissenschaften oder Wissenschaftsbereiche übertragen. Die „Ähnlichkeit“ wird durch die Forderung der Isomorphie konkretisiert und objektiviert. Generalisierung und Übertragung sind zwei, nicht voneinander zu trennende Aspekte der Vereinigung (*unification*) von separierten Wissenschaftsdisziplinen bzw. -aspekten. Die disziplinären Perspektiven können mittels der allgemeinen Modelle und Prinzipien integriert werden. Das vereinigende Prinzip ist die organisatorische Einheit – die hierarchische und dynamische Ordnung –, die sich auf den verschiedenen, disziplinären Ebenen wiederfindet:

“The unifying principle is that we find organization at all levels. The mechanistic world view, taking the play of physical particles as ultimate reality, found its expression in a civilization which glorifies physical technology that has led eventually to the catastro-

phes of our time. Possibly the model of the world as a great organization can help to reinforce the sense of reverence for the living which we have almost lost in the last sanguinary decades of human history.” (Bertalanffy 1969, 49)

Diese integrative Haltung von Bertalanffy wurde möglicherweise durch seine frühe Beschäftigung mit dem Perspektivismus bei Nikolaus von Kues befruchtet (Bertalanffy 1928a). Bei Kues kann das diskursive Denken immer nur einen Aspekt der unendlichen Vielfalt der letzten Realität bzw. Gottes erfassen. Für Bertalanffy ist es unser perspektivisches Erkennen, das immer nur die Repräsentation von Aspekten der Realität zur Folge hat. Dennoch lässt sich der Komplexität dieser Realität durch die Vereinigung bzw. Integration der meist gegensätzlichen Standpunkte, bei Kues die *coincidentia oppositorum* (Kues 1440/2002), nähern:

„Die gedankliche Beschreibung der Wirklichkeit kann nicht durch einen einzigen Begriff, sondern nur durch gegensätzliche und einander ergänzende Betrachtungsweisen erfolgen.“ (Bertalanffy 1949, 165)

Diese Position wird Bertalanffy schließlich zur Begründung interdisziplinärer Forschung als einer integrativen Praxis führen (vgl. Kap. IV.4).

Die Zersplitterung und Vereinzelung der Wissenschaften sowie der Reduktionismus des mechanistischen Wissenschaftsprogramms werden von Bertalanffy nicht zuletzt für die gesellschaftlichen Probleme seiner Zeit mitverantwortlich gemacht. Die Einheit der Wissenschaften ist für ihn daher auch ein prinzipielles Problem für die Gestaltung einer „Weltanschauung“, also einer prinzipiellen Haltung zu den Fragen und Problemen einer Zeit (vgl.: Locker 2005). Es zeigt sich eine normative Komponente im Projekt der Einheit der Wissenschaften. Zu einer solchen Weltanschauung gehöre, so Bertalanffy, nicht nur die Anerkennung der herausragenden Stellung der organisatorischen Prinzipien gegenüber den mechanistischen (und natürlich auch den metaphysisch-vitalistischen) Ansätzen, sondern auch eine Widersprüche und Konflikte überwindende integrative Haltung. Auch hier handelt es sich nicht um eine Ambivalenz zwischen einer wissenschaftlich fundierten Bemühung um die Einheit der Wissenschaften und einer eher unbestimmten systemischen Weltanschauung. Der wissenschaftliche Ansatz der Allgemeinen Systemtheorie müsse, so Bertalanffy, in einer modernen Weltanschauung einen herausragenden Platz einnehmen.

3 Umfeld und Kritik der Allgemeinen Systemtheorie

Nachdem in einem ersten Teil die biologischen Hintergründe beleuchtet und in einem zweiten Teil die Allgemeine Systemtheorie, deren konzeptioneller Rahmen und Methodik dargelegt wurden, soll im folgenden Teil eine Einschätzung der Allgemeinen Systemtheorie sowie – allgemeiner – der systemtheoretischen Konzeption bei Bertalanffy vorgenommen werden. Eine Einschätzung impliziert die Kritik eines Ansatzes, aber auch die mögliche aktuelle Bedeutung und Relevanz einer systemtheoretischen Konzeption.

Zu Beginn möchte ich das theoretische Umfeld von Bertalanffy kurz umreißen. Detaillierte Analysen hierzu finden sich u.a. bei Hofer (2000), Davidson (2005) oder Pouvreau und Drack (2007). Kritik an der Allgemeinen Systemtheorie wurde bereits umfänglich von seinen Zeitgenossen formuliert. Bertalanffys Entgegnungen weisen Auswege aus den widerstreitenden Positionen. Es zeigt sich, wie Bertalanffy bemüht ist, einen die Widersprüche transzendierenden Ausweg zu finden, um den Ansprüchen an Wissenschaftlichkeit und komplexer und dynamischer Organisation des Lebendigen gerecht zu werden. Diese Haltung führte ihn – jenseits von Mechanismus und Vitalismus – zu einem systemtheoretischen Ansatz.

Bertalanffy zählt zu den Gründervätern der Systemtheorie. Viele Wissenschaftler sind ihm auf spezifischen Gebieten gefolgt, haben diesen ersten, grundlegenden Ansatz verbessert und auf ihre Belange zugeschnitten. So beziehen sich bspw. Alfred Locker oder Günter Ropohl direkt auf Bertalanffy, andere Autoren greifen Aspekte bspw. „Emergenz“, „Umwelt“ oder „Selbstorganisation“ auf. Gegenwärtig erlebt die Systemtheorie mit der Systembiologie eine Renaissance. Es ist also in keiner Weise von einem Ende systemtheoretischer Ansätze zu sprechen, wenn auch von einem Niedergang der Allgemeinen Systemtheorie. In den, der kritischen Einordnung folgenden Kapiteln möchte ich besonders den Aspekt der Ganzheitlichkeit aufgreifen. Die Möglichkeit und Notwendigkeit eines ganzheitlichen, wissenschaftlichen Ansatzes stellte das Hauptanliegen Bertalanffys und den roten Faden in seinem Lebenswerk dar, Ganzheitlichkeit verstanden als Organisation von Komplexität (Locker 2001, Voigt 2001).

3.1 Bertalanffy und sein wissenschaftstheoretisches Umfeld

Die wissenschaftliche Karriere von Bertalanffy begann in den 1920er Jahren im intellektuellen Milieu von Wien. Bereits seine damaligen Kollegen vom Wiener Vivarium, die Biologen Paul Kammerer und Paul Alfred Weiss, übten einen großen Einfluss auf Bertalanffy und damit auf die zukünftige Gestaltung der Systemtheorie aus (Davidson 2005; Hofer 2000). In philosophischer Hinsicht waren es der logische Positivismus des Wiener Kreises und der Neukantianismus, die sein Denken beeinflussten (Pouvreau & Drack 2007). Bertalanffy promovierte zum Thema *Fechner und das Problem der Integration höherer Ordnung. Ein Versuch zur induktiven Metaphysik* (1926). Begleitet wurde seine Promotion von dem Neo-Positivisten Moritz Schlick *und* dem Neukantianer Robert Reininger (Hofer 2000). Es begann seine philosophische Auseinandersetzung, insbesondere mit dem Positivismus des Wiener Kreises, und der Versuch der Begründung eines wissenschaftlichen Zugangs zur komplexen Dynamik der Lebensphänomene.

Insbesondere seine Beziehung zum Neo-Positivismus war durch eine kritische Haltung bestimmt. Zuallererst betraf diese die Reduktionismus-Frage. Bertalanffys Anti-Reduktionismus und sein Beharren auf einer Autonomie der Einzelwissenschaften stand im scharfen Kontrast zu den reduktionistischen Bemühungen des Wiener Kreises um eine wissenschaftliche Einheitssprache, welche Rudolf Carnap und Otto Neurath vor allem in der Sprache der *Physik* sahen (Carnap 1931/1932). Des Weiteren stand das Verhältnis von Theorien und Modellen zur Debatte. In Bertalanffys perspektivischer Sicht sind alle Theorien als Modelle anzusehen. Er vertrat eine semantische Perspektive auf den Theorie-Begriff. Im Positivismus hingegen sind Modelle ein System semantischer Regeln zur Interpretation formaler Kalküle bzw. eine alternative Interpretation bestimmter Kalküle, was einer syntaktischen Perspektive entspricht (Frigg & Hartmann 2006).

Trotz dieser zwei wichtigen Unterschiede zeigten sich auch Gemeinsamkeiten. So übernahm Bertalanffy vom Positivismus seiner Zeit den Anspruch an die rationale Einheit der Wissenschaften und eine strenge Auffassung an die Wissenschaftlichkeit von Aussagen. Auch wenn Bertalanffy diesen wissenschaftlichen Anspruch mit einem Zitat von Kant unterstreicht, dem zufolge wahre Wissenschaft Mathematik sei, so war es m.E. besonders der Einfluss des Wiener Kreises, der den Maßstab hierfür abgab. Dies zeigt sich ebenfalls in der Betonung eines deduktiven Ansatzes und der Notwendigkeit von Gesetzen für eine – dem Anspruch nach – explanatorische Wissenschaft. Bekanntlich wird im Hempel-Oppenheim-Schema zwischen *Explanans* und *Explanandum* unter-

schieden. Das *Explanandum* wird mittels eines Schlusses oder einer Ableitung aus Gesetzesaussagen und den Antezedens- oder Randbedingungen (den beiden *Explanans*) deduziert. Neben der formalen Korrektheit, wahre Aussagen in andere wahre Aussagen zu transformieren, muss ein solcher Schluss weiteren Bedingungen bzw. Anwendungsregeln genügen. So muss das *Explanans* mindestens ein allgemeines Gesetz enthalten und empirischen Gehalt aufweisen. Außerdem müssen alle Sätze des *Explanans* wahr sein, womit Fälle ausgeschlossen werden sollen, die zwar formal korrekt, jedoch nicht sinnvoll und somit auch nicht akzeptabel sind. Bei Bertalanffy sind im Unterschied zu diesen Anforderungen alle Gesetze statistischer Natur (Bertalanffy 1949, 161). Auch werden formal-mathematische Zusammenhänge als Systemgesetze interpretiert, welche die Gültigkeit der Erklärung gewährleisten sollen, was Hempel noch kritisieren sollte (Hempel 1951). Dennoch bestimmt die deduktiv-nomologische Auffassung von Erklärung auch die Auffassung von Bertalanffy an die Wissenschaften.

Vermittelt durch Reininger besteht gegenüber dem Neukantianismus eine größere Nähe (vgl. hierzu: Pouvreau & Drack 2007). Dies betrifft besonders den epistemischen Perspektivismus, der ihn mit Ernst Cassirers *Philosophie der symbolischen Form* (Cassirer 1929/1997) sowie Heinrich Rickerts und Friedrich Albert Langes Kultur- bzw. Erfahrungsrelativität der Kantschen Kategorien verbindet (Rickert 1926; Lange 1866). Schließlich sind es die Betonung von Relationen (Cassirer) und die konstruktivistische Auffassung wissenschaftlicher Theorien und Modelle, die ihn in neukantianische Nähe rücken.

3.2 Kritik der Allgemeinen Systemtheorie

Eine Kritik am organismischen Wissenschaftsprogramm sowie an der Allgemeinen Systemtheorie von Bertalanffy wurde besonders von Seiten positivistischer Autoren geäußert. Eine grundlegende und umfassende Debatte fand auf einem Symposium mit dem Titel *General System Theory. A New Approach to Unity of Science* statt. Die Artikel wurden in einer Ausgabe des Journals *Human Biology* (1951) veröffentlicht. Es nahmen eine Reihe von Autoren, unter ihnen Carl Hempel und Hans Jonas, zu einer einführenden Darstellung der Allgemeinen Systemtheorie durch Bertalanffy kritisch Stellung. Auf diesem Symposium wurden die Kernpunkte für alle weitere Kritik an der Allgemeinen Systemtheorie vorgetragen. Von den vielen nachfolgenden Kritikern möchte ich v.a. die Kritik von Ernest Nagel (1956) herausheben, die sich besonders der anti-reduktionistischen Haltung der organismischen Auffassung entgegenstellte. Ebenso sind

die von Hans Lenk (1978) formulierten zehn kritischen Thesen von besonderer Relevanz. Diese umfassen wissenschaftstheoretische und pragmatische Aspekte einer Systemtheorie. Letztlich ist noch die kritische Würdigung des „Bertalanffy-Programms“ von Klaus Müller zu erwähnen, der zur Kritik seiner Vorgänger noch eine wissenschaftspolitische Perspektive hinzufügte (Müller 1996, 186ff.).

Von Gegnern, aber auch von Freunden des reduktionismuskritischen Ansatzes der organismischen Auffassung und der Allgemeinen Systemtheorie wurden verschiedene Ambivalenzen in Bertalanffys Werk aufgegriffen. Diese Ambivalenzen lassen sich bezüglich Methode, Realismusproblematik und Wissenschaftsauffassung in seinem gesamten Werk entdecken und sind, so meine Auffassung, durch die Entstehungsgeschichte der Allgemeinen Systemtheorie begründet. Die organismische Wissenschaftsauffassung sollte ein Mittelweg zwischen Mechanismus und Vitalismus darstellen. Dabei wurden von beiden Auffassungen, wie im ersten Kapitel dargestellt, zentrale Positionen übernommen bzw. transformiert. Aufbauend auf den Prämissen einer organismischen Sicht, versuchte Bertalanffy Extrempositionen zu vermeiden und einen Mittelweg zu beschreiten, der integrativ wirksam sein sollte, der aber auch als Unentschiedenheit und ambivalente Haltung interpretiert werden kann.

Die Kritiker der Allgemeinen Systemtheorie zielen vor allem auf drei Bereiche: die Formalisierung mit den entsprechenden Anwendungsproblemen formaler Systeme, den Anspruch der Einheit der Wissenschaften durch eine Allgemeine Systemtheorie und die Realismus-Problematik mit dem Abgrenzungsproblem.

3.2.1 Formalismuskritik und Anwendungsprobleme

Um die Bedeutung des formalen Ansatzes und dessen Kritik besser zu verstehen, möchte ich etwas ausholen. Galileo Galilei steht für die Transformation der Mathematik in eine, von ihren materialen Grundlagen abstrahierende Wissenschaft. Man spricht von einem „Funktionswandel der Mathematik“. Dieser führte zu einem abstrakten Zahlbegriff und befreite die Mathematik für die Anwendung auf eine Vielzahl von Naturerscheinungen (Cassirer 1940/1965, 49f.). Mathematik konnte nun als Instrument einer methodisch kontrollierten Erfahrung (Müller 1996, 251) dienen. Entsprechend änderte sich die Funktion der Mathematik. Zum einen bestand sie darin, die empirischen Beziehungen in Form universal gültiger Funktionen darzustellen und die Vereinheitlichung von Theorien zu einem einheitlichen System zu leisten. Zum anderen sollte die Objektivität der Erfahrung insbesondere durch eine Metrisierung der Begriffe gewährleistet werden. Auch Bertalanffy versuchte in dieser Tradition die Objek-

tivität und Allgemeinheit systemtheoretischer Prinzipien durch deren Mathematisierung zu gewährleisten. Der auf mathematischer Abstraktion beruhende Universalismus der Systemtheorie, von ihren Vertretern als Stärke angesehen, wurde jedoch schnell zum primären Gegenstand der Kritik. Insbesondere Hempel (1951) und Jonas (1951) kritisieren den theoretischen Status und die Erklärungskraft eines universalistischen Systembegriffs.

Formale Systeme, so Hempel, sind empirisch leer. Sie sind nicht mehr als ein System analytisch wahrer Sätze. Die Allgemeine Systemtheorie – versteht man sie nur als ein formales, axiomatisches System – ist identisch mit Mathematik und damit eine einzige Tautologie. Es lassen sich dann auch keine Voraussagen treffen, da formale Systeme über keinerlei erklärendes Potential verfügen (Hempel 1951, 314).

Ein wichtiger Aspekt der Kritik am Formalismus ist die Frage der Anwendung axiomatischer Systeme (Kalküle) auf materiale Gegebenheiten bzw. deren Zuordnung. Albert Einstein formulierte dieses Problem wie folgt:

„Wie ist es möglich, daß die Mathematik, die doch ein von aller Erfahrung unabhängiges Produkt des menschlichen Denkens ist, auf die Gegenstände der Wirklichkeit so vortrefflich paßt? Kann denn die menschliche Vernunft ohne Erfahrung durch bloßes Denken Eigenschaften der wirklichen Dinge ergründen?“ (Einstein 1921/1991, 119)

Seine eigene Antwort sieht diese Beziehung eher negativ:

„Insofern sich die Sätze der Mathematik auf die Wirklichkeit beziehen, sind sie nicht sicher, und insofern sie sicher sind, beziehen sie sich nicht auf die Wirklichkeit.“ (Einstein 1921/1991, 119f.)

Demnach folgt, so die Kritik Hempels weiter, dass die konkreten Systemeigenschaften und deren Erklärung nicht aus einem formalen Systembegriff deduzierbar seien. Dies könne nur mittels empirischer Forschung geschehen (Hempel 1951, 316). Dass bspw. das Element Kupfer die Atomzahl 29 (Ordnungszahl) besitzt, war eine empirische Entdeckung. Die verschiedenen physikalischen und chemischen Eigenschaften von Kupfer sind dann auch keine verschiedenen, voneinander unabhängigen empirischen Tatsachen mehr. Sie können jetzt aus der primären Eigenschaft der Atomzahl abgeleitet werden, wenn diese als spezifizierende Bedingung den allgemeinen Gesetzmäßigkeiten zugeordnet wird. Die Eigenschaft der Atomzahl besitzt den Status einer „deduktiven Basis“ (vgl. hierzu: Jonas 1951, 332). Die formale Systemdefinition dagegen hat keinerlei derartigen empirischen Gehalt. Die Eigenschaften von Systemen, insbesondere

von lebenden Systemen, lassen sich nicht aus mathematischen Zusammenhängen deduzieren: Quantität erklärt keine Form und die Art von Prozessen, die sie bedingen. Es besteht eine Kluft zwischen Formalem und Faktischem (Jonas 1951, 333).

In einer formalistischen Sicht, bspw. derjenigen von David Hilbert, wird die (klassische) Mathematik auf Grundlage der Widerspruchsfreiheit ihrer Elemente aufgebaut (im Folgenden vgl.: Thiel 1995, 345ff.). Der sogenannte „finite Kern“ des Gebäudes bleibt dabei inhaltlich gedeutet. Nur die idealen, nicht finit deutbaren Teile haben keinen unmittelbar aufweisbaren Inhalt. Doch die Mathematik stellt ebenfalls ein System von Handlungsschemata für den Umgang mit diesen inhaltsfreien Figuren dar. Entsprechend wird ein formales System dann zu einer Theorie, wenn man diesem ein interpretatives Modell zuordnet. Bezieht sich dieses auf Zahlen und Funktionen, so entsteht ein mathematisches System. Die Geltung der Theoreme des Systems folgt analytisch, auf Grund der Bedeutungs- und Schlussregeln des Systems. Wird das formale System dagegen erfahrungswissenschaftlich interpretiert, so werden diesem mögliche Konfigurationen und Bewegungen von Körpern zugeordnet. Die Grundgleichungen werden als raum-zeitlich universale Gesetze ausgelegt und die Variablen und Konstanten mit empirisch ermittelten Werten (durch Operationen, wie Zählen, Messen etc.) belegt, so dass ihre Geltung auf empirischem Weg beurteilt werden kann (Müller 1996, 250). Auch für eine Systemtheorie müssen Annahmen materialer Natur hinzukommen, damit eine formale Systemrelation zu einer die Systemphänomene erklärenden Beziehung wird. Diese zusätzlichen Annahmen werden allerdings bei Bertalanffy nicht gesondert expliziert (Hempel 1951, Jonas 1951). Auch die Methode der Simulation kann Empirie nicht ersetzen, so Hempel, da sie immer schon eine spezifische Systemstruktur unterstellt (Hempel 1951, 316).

Das Anwendungsproblem der Mathematik und anderer formaler Systeme tritt insofern auf, als man sie als erfahrungsunabhängige, apriorische Wissenschaften ansieht. Soweit die Mathematik dagegen empirisch fundiert ist, ist sie auch anwendbar. Erst bei einer innermathematischen Weiterverarbeitung empirisch begründeter Sachverhalte können die weiteren Schritte zumindest nicht mehr unmittelbar fundiert werden (vgl.: Thiel 1995, 35). Unterstellt man diese Dichotomie von logischer und empirischer Interpretation eines Axiomensystems, dann würde für eine Systemtheorie daraus folgen: Entweder ist sie ein logisches Kalkül, sie ist nicht falsifizierbar, allerdings auch nicht anwendbar. Oder sie ist eine deskriptive Theorie, sie ist anwendbar auf materiale Systeme und dann auch empirisch falsifizierbar (Popper 1963, 210). Diese Dichotomie möchte Bertalanffy jedoch unterlaufen. Für ihn ist eine Allgemeine Systemtheorie

zugleich formale und materiale Wissenschaft. Dies führt zu den benannten Problemen der Geltung systemtheoretischer Erklärungen und der Anwendbarkeit systemtheoretischer Methoden. Für die deduzierten, nicht empirisch fundierten Systemeigenschaften muss gezeigt werden, wie diese empirisch anwendbar sind. Es stellt sich also die Frage, welcher Weg für Bertalanffy von mathematischen Definitionen zu einer realwissenschaftlichen Methodologie (Müller 1996, 220), also von den abstrakten Systemen zu deren Konkretisierung führt.

Nun soll bei Bertalanffy der Begriff der Isomorphie die Rechtfertigung der konkretisierenden Interpretationen leisten. Doch auch hier bleibt fraglich, ob den gleichen mathematischen Beschreibungen auch gleiche Verhaltensmuster zu Grunde liegen. So können bspw. der Zerfall von Radium wie auch das Zusammenbrechen einer Population – der überdurchschnittlichen Steigerung der Sterberate gegenüber der Geburtenrate – beide durch die gleiche Exponentialgleichung dargestellt werden. Während die Populationsdichte ein Verhältnis von Reproduktion und Verfall ist, ist diese Relation für den Zerfall radioaktiver Isotope irreführend (Jonas 1951, 330).

Dieses Problem zeigt sich gleichfalls bei der Übertragung von Relationen auf als isomorph angesehene Strukturen sowie bei der Auswahl der systemisch relevanten Interdependenzen. Beispielsweise lässt sich die mathematische Relation $2 + 2 = 4$ auf Äpfel, Birnen, Häuser, Galaxien etc. anwenden. Diese Isomorphie funktioniert jedoch nicht bspw. bei Emotionen: zwei Emotionen und noch zwei Emotionen ergeben nicht unbedingt vier Emotionen (Jonas 1951, 328f.). Schließlich fehlen, so die Kritik von Hempel, spezifische Kriterien für die Auszeichnung von relevanten Interdependenzen. Es kann nicht *a priori* gewusst werden, welche bestimmte Form von Interdependenz für die wissenschaftliche Forschung von Bedeutung sein wird.

Um die Kritik zusammenzufassen: Es wird bezweifelt, dass und wie durch Isomorphien ein theoretisches Verständnis von Phänomenen vertieft werden könne. Newtons Gravitationsgesetz und das Coulombsche Gesetz seien in vielerlei Hinsicht isomorph, was wohl ein Gefühl der Familiarität vermitteln würde. Abgesehen von diesen psychologischen Betrachtungen seien diese Ähnlichkeiten jedoch irrelevant. Sie würden nichts zum Verständnis von Gravitation oder Magnetismus beitragen, könnten jedoch eine Heuristik für die Lösung spezifischer theoretischer Probleme abgeben (Hempel 1951, 315f.).

Für den neukantianisch geschulten Bertalanffy stellt das Problem der Anwendung dagegen keine relevante Herausforderung dar. Allgemeine Systemprinzipien werden angewandt wie andere Gesetze auch. Es gibt keine besondere Frage der Anwendung mathematischer Systeme:

“It is the same situation as when the law of gravitation applies to Newton’s apple, the planetary system, and tidal phenomena. This means that in view of certain limited aspects a theoretical system, that of mechanics, holds true; it does not mean that there is a particular resemblance between apples, planets, and oceans in a great number of other aspects.” (Bertalanffy 1969, 36)

Bereits für Kant ist die Mathematik deshalb auf die Wirklichkeit anwendbar, da sie sich beide nach den gleichen „Gesetzen“ richten (vgl. hierzu: Thiel 1995, 37). Die „empirische Anschauung“ beschreibt Kant in seiner Transzendentalen Ästhetik als eine Verknüpfung von Empfindungen mit den Formen der Sinnlichkeit der „reinen Anschauung“ (Raum und Zeit) (Kant KdrV). Was uns in der Welt erscheint, ist immer und a priori in dieser Weise strukturiert. Die Formen der Sinnlichkeit sind Bedingungen der Möglichkeit empirischer Anschauung. Sie haben daher objektive Gültigkeit. Auch die Mathematik beschäftigt sich mit der reinen Anschauung, notwendigerweise in Abstraktion von aller Empirie. Damit unterliegen der Gegenstand der empirischen Anschauung und der Gegenstand der Mathematik den gleichen Ordnungsprinzipien.

Bei Bertalanffy ist die formale Beschreibung der Systemphänomene – zumindest faktisch – immer an die Arbeit mit materialen Systemen der Einzeldisziplinen gekoppelt. Die Kritik Hempels mag eine rein formalistische Systemtheorie treffen, nicht jedoch Bertalanffys Ansatz offener Systeme. Dieser verfügt – nicht zuletzt auf Grund seines biologischen Hintergrunds – über einen empirischen Anteil, der in den Kritiken und leider auch in den späteren Interpretationen einer Allgemeinen Systemtheorie häufig vernachlässigt wird. Gemeinsame Probleme und Lösungen lassen sich demgemäß auf Grundlage konkreter Systeme finden. Es handelt sich hier um einen induktiven Ansatz, der einem Formalismus und seiner deduktiven Methodik zur Seite gestellt wird und diesen ergänzt. Bertalanffy formuliert entsprechend die methodischen Prämissen noch in seiner *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928):

„An die Seite der bisher allein versuchten, theoretischen Biologie ‚von oben‘, tritt so [...] die einer theoretischen Biologie ‚von unten‘, welche [...] durch Sichtung und Ordnung den Weg [...] frei macht.“ (Bertalanffy 1928, 100)

So hätten die Wissenschaftsauffassungen des Mechanismus und Vitalismus „von oben“ aus einigen wenigen allgemeinen Prinzipien alle weiteren Lebenserscheinungen versucht abzuleiten. Dagegen müsse „von unten“ eine theoretische Wissenschaft durch „[...] Sichtung der vorhandenen Tatsachen und gedanklichen Konstruktionen [...]“ (Bertalanffy 1928, 100) erwachsen. Für Rapoport ist eine

Allgemeine Systemtheorie daher eine Fusion von organismischer Heuristik und Mathematik (Müller 1996, 224).

Dem Vorwurf mangelnder explanatorischer Kraft begegnet Bertalanffy mit dem Hinweis auf die hohe Komplexität und prinzipielle Unbestimmtheit der Gegenstände einer systemtheoretischen Analyse. Besonders für lebende Systeme seien daher prinzipielle oder statistische Erklärungen besser als gar keine Erklärung (Bertalanffy 1969, 36). Über die Notwendigkeit einer Rechtfertigung der entsprechenden systemtheoretischen Methoden, bspw. von Systemsimulation oder schrittweiser Lösungsapproximation, äußert sich später Hans Lenk in seiner Kritik zukunftsorientiert. Diese seien zwar unorthodox, jedoch für die komplexen Systemprobleme vorerst die einzigen verfügbaren Methoden, deren Wissenschaftlichkeit in wissenschaftstheoretischer Reflexion und Kritik zu sichern sei. Es seien sogenannte „Verlässlichkeitsbeurteilungen“ durchzuführen, welche die unzuverlässigen Methoden ausscheiden und das Vertrauen in die unorthodoxen, aber unerlässlichen Methoden stärken sollten (Lenk 1978, 254; 260):

„Eine Abkehr von puristisch strengen, aber nur eingeeignet anwendbaren exakten Methoden erweist sich angesichts der komplexen Praxis als unerlässlich.“ (Lenk 1978, 252)

Auch der Kritik nach den Kriterien der Auswahl der relevanten Interdependenzen stellt sich Bertalanffy: Die Auswahl würde auf empirischem Wege stattfinden, die Interdependenzen würden meist als die mehrfach erwähnten „Systemprobleme“ der Organisation, Ganzheit etc. offenbar. Eine besondere Klasse von Interdependenzen sind sicherlich funktionale Relationen. Für eine systemtheoretische Beschreibung stellt daher die Funktionalität ein mögliches Kriterium der Auszeichnung von relevanten Interdependenzen dar. Zu erinnern ist an die Bestimmung von Funktionen als dynamische Aspekte von Systemen, im Unterschied zu den (weniger dynamischen) Strukturen (Bertalanffy 1949, 129). Jedoch ist für die systemtheoretische Beschreibung nicht allein der funktionale Effekt für die Reproduktion des Systems relevant, sondern allgemein die verschiedenen gegenseitigen Abhängigkeiten von Variablen, ob qualitativer oder quantitativer Natur, in und für dynamische Strukturzusammenhänge.

Das große Potential der Allgemeinen Systemtheorie besteht für Bertalanffy darin, dass durch das Verfahren der Analogie systemspezifische Probleme und ihre Lösungen in der einen Disziplin auch auf andere disziplinäre Problemfelder übertragen werden können. Das dies nicht unproblematisch ist, weiß auch Bertalanffy. Wie bereits erwähnt, unterscheidet er Analogien, die bloße Ähnlichkeiten beschreiben, von Homologien, deren Geltung durch die isomorphe Struktur der Systemgesetze gewährleistet wird (Bertalanffy 1951, 307). Der

mathematische Formalismus der Allgemeinen Systemtheorie wird mit einer hohen Bürde belastet, denn die relevante Isomorphie muss erst irgendwie festgestellt werden. Die modelltheoretische Interpretation der Systemtheorie ist für den methodischen Vergleich disziplinärer Systeme durchaus sinnvoll. Wie auch bei Modellen bestehen Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Vergleich immer in einer bestimmten Hinsicht. Bei modelltheoretischen Isomorphismen dienen formale Kriterien, bspw. strukturelle und syntaktische Ähnlichkeiten, für eine Beurteilung von Analogien:

„Analogies are about relations, rather than simple features. No matter what kind of knowledge (causal models, plans, stories, etc.), it is the structural properties (i.e., the interrelationships between the facts) that determine the content of an analogy.“ (Falkenhainer, Forbus & Gentner 1989/1990, 3)

Inwieweit dies für die qualitativen Kontexte der Disziplinen ausreicht, bleibt fraglich. Für Bertalanffy stellt dies sicher ein mögliches und ideales Ziel dar, mit den Einschränkungen des größeren Bereichs nicht-formalisierbarer Qualitäten, die der Biologe Bertalanffy zu gut kannte. Doch ließe sich eine Plausibilität von Analogien durch entsprechende Schlussregeln bzw. Richtlinien erhöhen. In der Literatur kursieren verschiedene regulative Sätze, bspw. „Je mehr Ähnlichkeiten, desto stärker die Analogie.“, „Analogien mit kausalen Relationen sind plausibler als Analogien ohne kausale Relationen.“, und Kriterien, bspw. die Bedeutung von Strukturen und multipler Analogien für die Unterstützung analoger Argumentationen oder die Abstammung einer Analogie von gemeinsamen Ursachen bzw. Gesetzen (vgl.: Bartha 2013). Das Problem der Rechtfertigung jedoch bleibt – gerade bei dem hohen Anspruch an Allgemeinheit der Systemprinzipien – virulent. Auch der Vorschlag von Lenk, statt Isomorphismen die weniger anspruchsvollen Homomorphismen (verknüpfungstreue, unter Umständen verkürzende Abbildungen) einzuführen (Lenk 1978, 257f.), führt aus dieser epistemischen Schwierigkeit nicht heraus. Solche Versuche um die Plausibilität von Analogien, unterstützen jedoch eine mögliche heuristische Interpretation der Systemtheorie.

Ich möchte noch einmal zusammenfassen: Der Kritik der Mathematisierung und dem Problem der Anwendung formaler Ausdrücke hält Bertalanffy entgegen, dass es ein Anwendungsproblem gar nicht gäbe. Die formalen Relationen werden angewandt wie die allgemeinen Gesetze der Physik auch. Dies bedeutet – besonders bei Bertalanffy –, dass der Kern einer formalen Systemtheorie empirischen Gehalt aufweist. Die biologischen Hintergründe der Allgemeinen Systemtheorie bei Bertalanffy werden hier besonders deutlich. Ausgehend von

dem Paradigma der Organisation, werden bestimmte Fragen dringlich, die neu und teilweise weit entfernt von jeglicher Lösung sind. Diese verlangen neue Wege, auch neue Wege im mathematischen Denken. Die Weiterentwicklung und das Ziel einer Allgemeinen Systemtheorie besteht in der immer präziseren Beschreibung systemischer Zusammenhänge und ist in diesem Sinn mit der Entwicklung neuer mathematischer Methoden verknüpft. Letztlich ist die Mathematisierung systemischer Phänomene nur ein Aspekt einer Systemtheorie, wenn auch ein besonderer. Die Bemühungen um eine Generalisierung in der Allgemeinen Systemtheorie lassen sich im Sinne eines metatheoretischen Ansatzes verstehen (LeGare 1987; Lenk 1978, 255). Die Formalisierung einer Theorie wird bspw. von Carnap als eine Voraussetzung ihrer wissenschaftstheoretischen Analyse angesehen. So werden auch in einer Systemtheorie materiale Systeme durch Formalisierung einer systemtheoretischen Analyse zugänglich.

Dennoch bleibt bei Bertalanffy ein ambivalentes Verhältnis von materialen und formalen Systemen. Die systemtheoretischen Begriffe und Prinzipien changieren, so drückt es Klaus Müller aus, „[...] zwischen [einer] Reifizierung mathematischer Universalien und der Logifizierung empirischer Verhältnisse [...]“ (Müller 1996, 245). Zum einen können also die formalen Systemprinzipien nur schwer auf materiale Systeme übertragen werden. Die relevanten Isomorphien können nicht nur behauptet oder festgestellt werden, sondern müssen gerechtfertigt werden. Eine deduktive Ableitung der allgemeinen Systemprinzipien aus der Definition des Systembegriffs findet nur selten statt. Stattdessen werden diese – zum anderen – aus der Erfahrung gewonnen. Ebenfalls handelt es sich bei den systemtheoretischen Prinzipien um keine substantiellen nomologischen Hypothesen. In diesem Sinne ist sie keine erfahrungswissenschaftlich, erklärende Theorie (Lenk 1978, 246f.). Auch wenn Bertalanffy die Integration empirischer Methoden als unausweichlich anerkennt – eine Selbstverständlichkeit für einen aktiv forschenden Biologen –, so ist die Allgemeine Systemtheorie selber keine empirische Theorie. Im Sinne einer von Lenk (1978) oder Ropohl (2012) vorgeschlagenen Interpretation der Allgemeinen Systemtheorie stellt sie einen möglichen Arbeitsrahmen, eine Heuristik für die Modellierung realer Systeme (Ganzheiten, Organisationen etc.) und die Integration der Methoden dar. Auf die Relevanz dieses Ansatzes werde ich im Kapitel IV.4 ausführlich eingehen. Die Ambivalenz zwischen materialen und formalen Systemen erweist sich schließlich als Konsequenz des biologischen Hintergrunds von Bertalanffy, den Besonderheiten lebender Systeme zu entsprechen und zugleich allgemeingültige Aussagen für die spezifischen Formen historisch-evolutionärer und hoch komplexer Phänomene (Mitchell 2008) zu treffen.

3.2.2 *Autonomie und Integration der Wissenschaften*

Eine weitere Kritik betrifft den Einheitsanspruch der Allgemeinen Systemtheorie. Lassen sich die Vielzahl autonomer, qualitativer Systeme in einer formalen Systemtheorie zusammenführen? Auch hier zeigt sich eine Ambivalenz bei Bertalanffy. Diese besteht zwischen der Autonomiebehauptung der Einzelwissenschaften, also dem reduktionismuskritischen Ansatz der Systemtheorie, und dem vereinheitlichenden Anspruch der Vielfalt disziplinärer Systeme in einer Allgemeinen Systemtheorie:

“When emphasizing general structural isomorphies of different levels, it asserts, at the same time, their autonomy and possession of specific laws.” (Bertalanffy 1950b, 234)

Kritisch wird eingewandt, dass die Methode der Isomorphie und die Theorie der Emergenz sich gegenseitig ausschließen (Müller 1996, 261). Ebenso übersieht eine auf Strukturidentitäten festgelegte Einheit den Spielraum, der in der Formalisierung von Theorien liegt, und ignoriert damit mögliche Kompatibilitätsprobleme zwischen Theorien. Eine Theorie kann über mehrere, nicht-äquivalente Formalisierungen (oder Axiomatisierungen) verfügen. Selbst eine Mengenlehre ist auf mehrere unverträgliche Weisen axiomatisierbar. Um so mehr gilt dies für die formale Präsentation naturwissenschaftlicher Theorien (Müller 1996, 253). Der Einheitsanspruch der Allgemeinen Systemtheorie, so Müller, kann nicht überzeugen (Müller 1996, 358).

Hempel und Nagel dagegen kritisieren den Anti-Reduktionismus der Systemtheorie und des organismischen Ansatzes bei Bertalanffy. Nagel behauptet eine prinzipielle Möglichkeit der Reduktion auch von Gesetzen und Begriffen der Einzeldisziplinen, bspw. der Biologie, auf eine grundlegende Disziplin. Die emergenten Eigenschaften, die Gegenstand der verschiedenen Einzeldisziplinen sind, begründen nicht deren intrinsische (ontologische) Autonomie. Unter Emergenz ist die spontane Bildung von neuen Eigenschaften oder Strukturen eines Systems auf Grundlage der Organisation seiner Elemente zu verstehen. Diese neuen Eigenschaften sind für Bertalanffy nur durch die besonderen, bereichsspezifischen Gesetze und Prinzipien, nicht jedoch durch das Verhalten der grundlegenden Elemente des Systems erklärbar. Nagel behauptet dagegen, dass, auch wenn bisher noch keine befriedigenden reduktiven Erklärungen gefunden wurden, diese doch prinzipiell in Zukunft möglich seien (Nagel 1956, 109ff.). Es gibt keine Gründe *a priori* für (allerdings auch nicht gegen) eine ontologische Autonomie der Disziplinen (Hempel 1951, 321). Die unter dem Begriff der Ganzheit subsumierten Eigenschaften eines Systems widersprechen (prinzipiell) nicht deren Reduzierbarkeit.

Nun behauptet Bertalanffy durchaus die Möglichkeit reduktiver Erklärungen, nur sind diese allein in vielerlei Hinsicht ungenügend. Sei es aus Gründen kognitiver Kapazität, die eine detaillierte Beschreibung organischer Phänomene zumindest unpraktisch macht, oder sei es aus Gründen der Vernachlässigung organisatorischer Zusammenhänge und Kontexte – die disziplinären Theorien sind nicht auf eine grundlegende Theorie zu reduzieren. Es ist bei Bertalanffy also eher von einer epistemischen Autonomie zu sprechen (vgl.: Kapitel II.4). Wie passt dies jedoch mit dem Einheitsanspruch bei Bertalanffy zusammen? Bertalanffy behauptet zwar, eine konkretere und tiefere Perspektive einer Einheit der Wissenschaften zu bieten (Bertalanffy 1969, 87), doch bleibt fraglich, wie er diesen Anspruch einlösen will, ohne seine Autonomiebehauptung aufzugeben.

Auch Bertalanffy versteht den Weg zu einer Einheit der Disziplinen als Fortschritt in den Wissenschaften. Dieser wird – wie später der Wissenschaftstheoretiker Philip Kitcher besonders ausführlich – durch Prozesse der Vereinheitlichung (*unification*) erzielt (Kitcher 1981). Die Möglichkeit der Reduktion von Gesetzen hat Bertalanffy offengelassen (Bertalanffy 1969, 87). Sein Weg besteht darin, allgemeine Systemprinzipien zu identifizieren und diese für eine Vereinheitlichung der Wissenschaften fruchtbar zu machen (Bertalanffy 1969, 49).

Das Problem lässt sich mit einer Unterscheidung des Wissenschaftstheoretikers Thomas Nickles analysieren und einer Lösung zuführen. Nach Nickles sind Reduktionsbeziehungen nicht nur in hierarchischen Kontexten, sondern auch zwischen Theorien unterschiedlichen Allgemeingrades innerhalb einer hierarchischen Ebene zu finden. Zu unterscheiden sind Interlevel-Reduktionen, bspw. die Analyse organismischer Phänomene durch ihre molekulare Struktur (*domain-combining reduction*), und Intralevel-Reduktionen, sogenannte Nachfolge-Reduktionen (*domain-preserving reduction*) (Nickles 1973). Bei den Nachfolge-Reduktionen ist dann die Vorläufertheorie ein Spezialfall der Nachfolgetheorie:

“Reduction of predecessor theories by their successors [...] normally do not achieve postulational and ontological consolidation, nor are they deductive explanations of the predecessor theories by their successors. They are best described by ‘inverting’ the usual concept of reduction, so that successors are said to *reduce* to their predecessor (not vice versa) under limiting operations and other appropriate transformations.” (Nickles 1973, 181)

Als Beispiel führt Nickles die Klassische Mechanik im Verhältnis zur Speziellen Relativitätstheorie an. Nicht die Klassische Mechanik wird auf die Spezielle Relativitätstheorie reduziert, sondern umgekehrt die allgemeinere Relativitäts-

theorie auf die weniger allgemeine klassische Mechanik mit ihrer Einschränkung auf niedrige Geschwindigkeiten (Nickles 1973, 182). Demnach ist die Funktion von Nachfolge-Reduktionen auch nicht eine Theorien erklärende, wie in den Interlevel-Reduktionen, sondern diese haben einen heuristischen Wert. Die Entwicklung neuer Ideen oder Modelle in den Einzeldisziplinen kann durch die Allgemeine Theorie heuristisch angeleitet werden (Nickles 1973, 185). Dies kann bspw. dadurch geschehen, dass in den allgemeinen Modellen die Bedingungen formuliert sind, denen die speziellen Modelle genügen müssen. Analog hierzu lässt sich das Verhältnis von materialen Systemen und allgemeinen Systemen bei Bertalanffy interpretieren. Das vereinigende Prinzip der Systemtheorie ist die Systemorganisation (Bertalanffy 1969, 49). Die organisatorischen Prinzipien stellen die Bedingungen dar, denen die materialen Systeme genügen müssen. Bertalanffy zeigt dies mit den Prinzipien der Ganzheit, Dynamik und Eigenaktivität.

Die heuristische Funktion der Systemtheorie begründet schließlich die einheitsstiftende Funktion der Allgemeinen Systemtheorie unter Bewahrung der disziplinären Autonomie als einer transdisziplinären Theorie (Bertalanffy 1969, 51). Auch die mathematische Beschreibung der systemischen Eigenschaften erfüllt diese heuristische Funktion. Die Einheit der Wissenschaften soll, im Sinne einer Leibnizschen *mathesis universalis*, durch die Universalität der mathematischen Sprache gewährleistet werden. Es ist nun die bereits bekannte Kritik am Formalismus, welche auf die durch formale Strukturen begründete Einheit der wissenschaftlichen Disziplinen trifft: Empirisch leere Interdependenzen können keine gehaltvolle einheitsstiftende Wirkung entfalten. Das Einheitsmodell bei Bertalanffy scheint daher eher ein klassifikatorisches Modell oder ein Containermodell (Cat 2013) zu sein, bei dem der Organisationsbegriff das Klassenmerkmal darstellt. Die Einheit der Wissenschaften bleibt dann aber nur eine programmatische Idee, die höchstens eine regulative Funktion im Prozess der wissenschaftlichen Ausdifferenzierung erfüllen kann. Die Allgemeine Systemtheorie kann die qualitative Vielfalt der systemtheoretischen Zusammenhänge und der systemtheoretischen Ansätze nicht alle in einer einheitlichen, umfassenden Theorie integrieren. Sie kann nur einen allgemeinen Rahmen dafür bereitstellen. Dieser käme besonders in der trans- oder interdisziplinären Wissenschaftspraxis zum Tragen, was noch gesondert (Kapitel IV.4) besprochen wird.

Einen Aspekt der Einheitsforderung möchte ich noch anschneiden, bringt er doch eine weitere Ambivalenz im Schaffen von Bertalanffy zum Vorschein. Mit dem organismischen Ansatz sollte ebenfalls ein neues Paradigma wissenschaftlicher Forschung geprägt werden. Dieses versucht die Einheit der Wissenschaften

über eine einheitsstiftende Perspektive, also über ein Weltbild (Koestler & Smythies 1982), zu konstruieren. Das organismische Weltbild erfüllt eine weitere Funktion. Es stellt die „[...] normative Gegeninstanz zum instrumentalistischen Kurzschluß zwischen wissenschaftlicher Rationalität und gesellschaftlicher Rationalisierung [...]“ (Müller 1996, 320) dar. Bertalanffy und seine Kollegen wenden sich gegen eine einseitige Nutzenorientierung wissenschaftlicher Praxis und entfalten eine Ethik des Wissenschaftlers. Die Ambivalenz zwischen Autonomie und Einheitsanspruch scheint daher besonders als eine Ambivalenz zwischen disziplinärer Wissenschaft und integrativem Weltbild oder zwischen deskriptivem und normativem Anspruch verstanden werden zu müssen.

3.2.3 *Realismus- und Methodenfragen*

Debattiert wird schließlich noch der ontologische Status von Systemen. Sind Systeme als reale Objekte oder als Konstruktionen anzusehen oder besteht auch in diesem Punkt bei Bertalanffy eine Ambivalenz? Folgerichtig bestünde dann auch das Problem der empirischen Identifikation bzw. Auszeichnung von Systemen. Einige Systemtheoretiker haben sich daher auf einen pragmatischen Standpunkt zurückgezogen und vertreten ausschließlich den Modellcharakter von Systemen; Bertalanffy betonte jedoch ebenso die Realität materialer Systeme. Von konstruktivistischer Seite wird behauptet, dass, wenn ein Problem der Abgrenzung eines Systems vor dem Hintergrund der allgemeinen komplexen Zusammenhänge des „Weltgeschehens“ bestehe, dies als ein Zeichen für den konstruktiven Charakter von Systemen gewertet werden könne (Pouvreau & Drack 2007, 299f.). Das ist meines Erachtens zu weit gegriffen. Probleme der Abgrenzung sind erst einmal epistemische Probleme und rechtfertigen noch nicht diesen ontologischen Schluss.

Auch der methodische Zugang der Allgemeinen Systemtheorie steht unter Verdacht. Das Verfahren der Analogie ist zu ungenau. Kriterien der Beurteilung und Rechtfertigung von Analogieschlüssen fehlen bzw. sind zu allgemein. Insbesondere die Simulation wird als eine pseudo-empirische Methodik kritisiert. Wie bei den mathematischen Generalisierungen auch, kann ihr nur eine heuristische Funktion zukommen. Die Modelle müssen im Prozess von Plausibilitätsbeurteilungen und fortschreitender Angleichung erarbeitet und verbessert werden (Lenk 1978, 249). Lenk fasst zusammen:

„Das Modellspiel ist flexibel, in der heuristischen Interaktion zwischen Wissenschaftler und Systemmodell schrittweise aufgebaut und schwebt gleichsam als fiktive Modell-

konstruktion ohne strikte Gesetzeskraft über dem ‚Boden der Realität‘.“ (Lenk 1978, 249)

Als „unorthodoxe Beschreibungs- und Prognosemethoden“ sind sie jedoch vorerst unverzichtbar (Lenk 1978).

Auf das Realismusproblem antwortet Bertalanffy mit der Unterscheidung zwischen den phänomenalen Ganzheiten und den modellierten Systemen der Allgemeinen Systemtheorie, d.h. zwischen *real systems* und *conceptual systems* (Bertalanffy 1971, XIXf.). Dennoch bleibt unklar, wann etwas als eine phänomenale Ganzheit und wann als Modell dieser angesehen werden muss. Damit bleibt auch der Nutzen einer solchen Differenzierung fraglich. Der perspektivische Charakter von Wahrnehmungsurteilen kann als gegeben angesehen werden. Er schließt jedoch einen Systemrealismus nicht aus, d.h., er führt nicht notwendig zu einem Systemkonstruktivismus. Im Gegenteil vermittelt der Perspektivismus, ganz im Sinne von Bertalanffy, zwischen den zwei radikalen Positionen eines metaphysischen Realismus und eines radikalen Konstruktivismus. Ronald Giere versteht seinen perspektivischen Realismus in dieser Hinsicht. Bezogen auf sein Beispiel der Farbwahrnehmung stellt er fest:

“Colors are real enough, but, I will be claiming, their reality is perspectival. And it is perspectival realism that provides us with a genuine alternative to both objectivist realism and social constructivism.” (Giere 2006b, 14)

Einer vermittelnden Position folgt Bertalanffy auch in methodischer Hinsicht. Die wissenschaftliche Forschung kann nicht allein auf deduktivem Wege, sondern muss auch auf empirischem Wege fortschreiten:

“Enthusiasm for the new mathematical and logical tools available has led to feverish ‘model building’ as a purpose in itself and often without regard to empirical fact.” (Bertalanffy 1969, 101)

Der epistemische Aspekt des Realismusproblems lässt sich gut am Beispiel der Abgrenzung von Systemen zeigen. Diese ist im Wesentlichen empirisch bestimmt, sei es mit der Unterscheidung zwischen Organismus und Umwelt oder der Abgrenzung eines Ökosystems bspw. durch einen umgrenzenden Gebirgszug, der den Zustrom und Abfluss bspw. von Räubern und Beutetieren limitiert. Die Beurteilung und Rechtfertigung der Modelle und Systemprinzipien folgt dann den allgemeinen Regeln der Verifikation bzw. Falsifikation (Bertalanffy 1969, 111f.).

Besonders in methodischer Hinsicht zeigt sich die ambivalente Haltung von Bertalanffy. Diese besteht zwischen dem Anspruch einer Systemtheorie als eines deduktiven Wissenschaftssystems und der forschungspraktischen Einsicht in die Notwendigkeit induktiver Heuristiken.

3.3 Ambivalenzen: Systemtheorie als pragmatischer Ansatz

Alle drei Kritiken – Formalismuskritik, Kritik am vereinheitlichenden Anspruch der Allgemeinen Systemtheorie und Realismus- und Methodenkritik – decken scheinbar prinzipielle Ambivalenzen bei Bertalanffy und seiner Ausarbeitung des Programms der Allgemeinen Systemtheorie auf. Diese Ambivalenzen bestehen zwischen der Formalität und Materialität von Systemen, zwischen einem deskriptiven und einem normativen Wissenschaftsverständnis sowie zwischen deduktiver und induktiver Methodenauffassung. Bei Bertalanffy begründen diese Ambivalenzen ein Bedürfnis der kritischen Integration der dichotomen Positionen bzw. von Extrempositionen in einer dritten Position. Der organismische Ansatz erwuchs aus der Kritik an Mechanismus und Vitalismus. Der vermittelnde und doch eigenständige Ansatz führte weiter zu einer Ausgestaltung der Allgemeinen Systemtheorie. Der Versuch, ein gemeinsames Vokabular und eine einheitliche Methodik für die Probleme dynamischer Organisation zu generieren – bspw. der generalisierten Kategorien des organismischen Ansatzes, der theoretischen Funktion von Analogien und der heuristischen Funktion der Mathematik –, brachten neue Fragestellungen und Lösungsmöglichkeiten jenseits disziplinärer Zuordnung in den Fokus der Wissenschaften. Besonders sind es jedoch die Anforderungen der Praxis an die Wissenschaft, welche einen koordinierten und einheitlichen Zugang zu den Fragen einer Zeit erfordern. Bertalanffy scheint hier in der Tradition der pragmatischen Philosophie verankert zu sein (Rapoport 1987).

Was Bertalanffy nicht unbegründet als Stärke seiner systemtheoretischen Auffassung ansieht, wird von Kritikern als deren Schwäche ausgelegt. Von mangelnder explanatorischer Kraft und Trivialität, über das Fehlen methodischer Verbindlichkeit, Kritik am normativen Charakter der Wissenschaftsauffassung bis hin zum holistischen Mystizismus lauteten die Einwände. Das Programm der Allgemeinen Systemtheorie weist für eine, „an Gewissheit orientierter“ Philosophie (Dewey 1929) zu viele Unbestimmtheiten und Probleme auf, als dass dieser pragmatische und lösungsorientierte Ansatz einfach akzeptiert werden konnte. Das Schwinden der politischen und damit institutionellen Voraussetzungen der

1950er und 1960er Jahre (Müller 1996, 323) führte daher wieder zu einem Rückzug systemtheoretischer Ansätze in die einzelnen Disziplinen. Bouldings Fazit lautete:

“General systems has not established itself well in the role structure of universities.”
(Boulding 1987, 513)

Die ambivalente Haltung von Bertalanffy erwies sich aber auch als eine Schwäche gegenüber den theoretisch rigorosen Vertretern des formalen Ansatzes in der Systemtheorie selbst. Diese konnten mit der konzeptionellen und methodischen Vagheit bei Bertalanffy nichts anfangen. Obwohl Ashby, Arrow, Bertalanffy, Rapoport, Miller u.a. sich auf dasselbe Systemmodell verständigt hatten, führten die unterschiedlichen Ausprägungen zu widerstreitenden Positionen, welche die intendierte Einheit der Systemtheorie nicht Wirklichkeit werden ließ (Müller 1996, 266). Schließlich gewannen – zumindest für eine gewisse Zeit – Ansätze wie die Operationsforschung, die Kybernetik etc. an Anerkennung und bestimmten die Sichtweise auf alle anderen Systemtheorien. Es wäre jedoch falsch, die Systemtheorie bei Bertalanffy nur auf ihre formalen Aspekte zu reduzieren. Kritisch stellt der Sozialwissenschaftler Werner Ulrich fest:

„Das Problem ist nicht so sehr der Systembegriff an sich, sondern dessen Inbesitznahme durch die vorherrschende szientistische und rationalistische Denkweise unserer Gesellschaft und der um sie befassten Planer und Forscher.“ (Ulrich 1981, 21)

Für Bertalanffy nun stellten sich diese Ambivalenzen anders dar. Sie resultierten aus einer kritisch-reflexiven Haltung auf den Wissenschaftsprozess, auf die organismische Auffassung und die Allgemeine Systemtheorie selber. Einseitige Extrempositionen und „fehlleitende“ Eingleisigkeiten sollten so – ganz im Sinne des klassischen Pragmatismus – vermieden werden. Das systemtheoretische Wissenschaftsprogramm kam daher schnell einem Lavieren zwischen polarisierten Fronten gleich:

“This, of course, is an ever-present danger in all approaches to general systems theory: doubtless there is a new compass of thought but it is difficult to steer between the Scylla of the trivial and the Charybdis of mistaking neologisms for explanation.” (Bertalanffy 1969, 101)

Die Akzeptanz der Notwendigkeit einer Integration relevanter Begriffe und Methoden, die den organismischen Ansatz prägte, führte in Bezug auf die All-

gemeine Systemtheorie nicht zu einer eigenständigen Theorie, sondern eher zu einem Arbeitsrahmen für die verschiedenen systemorientierten Ansätze. Dies zeigt auch, dass Bertalanffy den Begriff *General System Theory* durch den Plural von *General Systems Theory* ersetzte (Hofkirchner & Schafranek 2011, 177). Hierzu noch einmal Ulrich:

„Der Systemansatz muß den Forscher oder Planer zur Reflexion auf die Quellen dieser Täuschung in seinem Entwurf führen und ihm dabei heuristische Unterstützung leisten.“ (Ulrich 1981, 26)

Besonders in dieser heuristischen Interpretation zeigt sich die Systemtheorie schließlich als ein pragmatischer Ansatz.

4 Systemtheorie – Heuristik für eine interdisziplinäre Wissenschaftspraxis

Es soll nun versucht werden, die aktuelle Bedeutung des systemtheoretischen Konzepts von Bertalanffy für die Forschungspraxis, insbesondere für die interdisziplinäre Forschung, zu erörtern. Was und wie können allgemeine Systemmodelle zu einer interdisziplinären Forschungspraxis beitragen? Was rechtfertigt – nach den kritischen Einwänden – einen systemtheoretischen Ansatz gegenüber einem mechanistischen bzw. reduktionistischen Ansatz?

Aus der Kritik an der Allgemeinen Systemtheorie als einer eigenständigen, empirischen Theorie erwuchs eine heuristische Interpretation der Funktion systemtheoretischer Modelle und Prinzipien. Dieser heuristische Ansatz wird heute von den meisten Vertretern einer Allgemeinen Systemtheorie geteilt (bspw.: Locker 2001; Müller 1996; Ropohl 2012, 209). Unter Heuristik versteht man allgemein die Anwendung und kritische Reflexion von Problemlösungsverfahren bspw. Vermutungen, Generalisierungen, Analogien, Hypothesen, Gedankenexperimenten oder Modellen (Lorenz 2004, 99f.). Heuristiken sollen die wissenschaftliche Forschung, unter den Bedingungen ungenügenden Wissens, von Unbestimmtheit und Einschränkungen der menschlichen kognitiven Kapazität anleiten sowie Orientierung und die Verallgemeinerung von Erkenntnissen ermöglichen. Auch eine Allgemeine Systemtheorie mit ihren mathematischen Formalismen und ihren Allgemeinbegriffen kann auf diese Weise die empirische Forschung orientieren und lenken. Ihr spezifisches Ziel ist es, der organisatori-

schen Komplexität und Ganzheitlichkeit der Phänomene zu entsprechen, d.h., empirische Forschung so anzuleiten, dass sie zu einer ganzheitlichen Erkenntnis der gegebenen Sachverhalte führt. Es gilt demnach, eine Heuristik für eine „wissenschaftliche Ganzheitsforschung“ zu begründen bzw. auszuarbeiten (Locker 2001). Bezüglich des mathematischen Formalismus der Allgemeinen Systemtheorie bemerkt auch Müller:

„Die Techniken, die uns hier interessieren, sie sind ebenso wie die Grundbegriffe des Bertalanffy-Programms anhand formaler Modelle entwickelt und in der ‚Sprache der Mathematik‘ abgefasst. Gleichwohl stehen auch hier nicht ihre mathematischen Eigenschaften im Vordergrund (die aufgrund ihres elementaren Charakters kaum von Interesse wären), sondern die an ihnen festgemachten heuristischen Funktionen, Problemdefinitionen und Ordnungsideale, deren orientierendes Moment immer schon über logische Bestimmungen hinausgeht, ohne bereits materiale Theorie zu sein.“ (Müller 1996, 211)

Das erste Kapitel gilt der pragmatischen Wende in der Allgemeinen Systemtheorie. In Fortführung des Ansatzes von Bertalanffy hin zu einer ganzheitlichen Forschungsheuristik wird sie besonders als interdisziplinäre und reduktionismuskritische Heuristik relevant. Im nächsten Kapitel geht es um den „interdisziplinären Schub“, den die wissenschaftliche Forschung auch durch den generalisierenden Ansatz der Allgemeinen Systemtheorie seit Mitte des 20. Jahrhunderts erfuhr. Hier ist zuerst eine Theorie der Interdisziplinarität zu umreißen, um dann die integrative Kraft der Allgemeinen Systemtheorie beurteilen zu können. Abschließend soll Wissenschaft – und damit die Allgemeine Systemtheorie selber – als ein soziales System zur Sprache kommen.

4.1 Heuristischer Wert von Systemprinzipien

Die pragmatische Wende in der Wissenschaftstheorie geht zurück auf Ludwik Fleck, *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache (1935/1980)*, und Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions (1962)*. Insbesondere die Kritik von Kuhn zielt auf die Vernachlässigung der „Handlungsdimension der Wissenschaft“ (Gil 2000, 46) in einer ausschließlich auf logische Probleme beschränkten Wissenschaftstheorie, bspw. der des logischen Positivismus. In den Wissenschaften ist zwischen einem Begründungs- und einem Entdeckungszusammenhang zu unterscheiden (Reichenbach

1938/1966). Im Anschluss an das Werk von Kuhn entstanden unzählige soziale und historische Analysen zur Wissenschaftspraxis, die Aufschluss über Kontexte und Verfahren von Forschung und Wissenschaft geben. Mit der Kritik von Kuhn geht eine weitere Kritik einher, der am Repräsentationalismus in der Wissenschaftstheorie. Gemäß der klassischen Repräsentationstheorie der Wissenschaft werden Theorien als Systeme von Begriffen und Aussagen gefasst, welche die Funktion haben, Phänomene der Wirklichkeit abzubilden (Gil 2000, 24f.). Auch Bertalanffy versteht seine Systemtheorie noch in diesem Sinne. Jedoch ist Wissenschaft eher durch forschendes Handeln und Interventionen bestimmt als durch passive Rezeption und Repräsentation der Wirklichkeit. Wissenschaft ist nach Thomas Gil ein „[...] technisiertes Forschungshandeln, das von bestimmten theoretischen Forschungsprogrammen angeleitet und gesteuert wird [...]“ (Gil 2000, 31f.).

In der wissenschaftstheoretischen Reflexion auf die Lebenswissenschaften (besonders die Biologie und die Kognitionswissenschaften) sind es vor allem die Theoretiker der sogenannten *Neuen Mechanistischen Philosophie*, die einen Neuanatz in diesem Sinne versuchen und auf die Prozesse der Forschung und seiner Methodik orientieren. Als Vertreter eines *methodischen* Reduktionismus verzichten sie auf den Anspruch der Reduktion von Theorien und die Erklärung der Phänomene durch eine deduktive Ableitung mittels gesetzesartiger Sätze (Hempel & Oppenheim 1948; Nagel 1961). Stattdessen sollen die verschiedenen Typen von Phänomenen durch Mechanismen erklärt werden, die diese Phänomene konstituieren (Wimsatt 1976, 671; Bechtel & Richardson 2010, xx). Dies kommt einer biologischen Forschungs- und Erklärungspraxis weit näher als ein formales Modell der Theorienreduktion. Eine mechanistische Erklärung identifiziert dann die Komponenten, Dynamiken und die Organisation einer komplexen Struktur bzw. eines Mechanismus und zeigt in einem zweiten Schritt, wie die Phänomene eine Konsequenz dieser Teile und ihrer Organisation sind. Diese beiden methodologischen Prämissen werden als funktionale bzw. strukturelle Dekomposition und Lokalisation der Komponenten und Prozesse bezeichnet. Für Bechtel & Richardson sind sie von zentralem heuristischen Wert für die wissenschaftliche Praxis (Bechtel & Richardson 2010, 17). Reduktionistische Erklärungen werden also weiterhin als die bevorzugte wissenschaftliche Strategie angesehen. Es besteht allerdings – im Gegensatz zu den früheren Modellen der Reduktion – keine privilegierte Erklärungsbasis mehr (Wimsatt 2007, 4). Stattdessen beinhalten Erklärungen verschiedenartige Relationen zwischen den Komponenten und Prozessen eines Systems (Wimsatt 2007, 4) und können verschiedene Ebenen einer (organisatorischen) Hierarchie integrieren (Darden & Maull 1977). Das Ziel der reduktionistischen Erklärung besteht

nicht darin, eine (disziplinäre) Ebene zu Gunsten einer fundamentaleren Ebene zu eliminieren, sondern Phänomene auf verschiedenen Ebenen der Organisation zu beschreiben und zu verstehen.

In historischer Hinsicht ist für die Autoren einer *Neuen Mechanistischen Philosophie* der Prozess der Forschung und Entdeckung dieser Mechanismen von Interesse, wird doch hier die kognitive Verfasstheit des Forschers – die kognitive Gestalt des Perspektivismus – im Zusammenhang mit seiner Forschungspraxis deutlich. Das Forschungshandeln ist zum einen durch Vorannahmen unbewusster oder theoretischer Natur, aber auch durch die unzureichende Verfügbarkeit von Informationen, durch Unbestimmtheiten und Ungewissheiten im Verlauf des Forschungsprozesses geprägt. Das Konzept der begrenzten bzw. eingeschränkten Rationalität (*bounded rationality*) (Simon 1957) beschreibt das Entscheidungsverhalten unter diesen Bedingungen von Unsicherheit und Ungewissheit. Vollständig rationales Verhalten ist unter realen Bedingungen nie anzutreffen. In wissenschaftlichen Kontexten ist es besonders der Mangel an Informationen, der Entscheidungen für oder gegen eine bestimmte Erklärung, Beschreibung oder ein Verfahren beeinflusst. In solchen Situationen verlassen wir uns auf bestimmte heuristische Prinzipien, die diese Entscheidungen leiten. Die Prinzipien reduzieren die Komplexität bspw. bei der Auswahl aus einer unüberschaubaren Anzahl verschiedener Möglichkeiten oder sie liefern uns eine grobe Einschätzung, die darin unterstützt, bestimmte Verfahren zu vereinfachen. Solche Heuristiken sind also äußerst nützlich und können zu hervorragenden Ergebnissen führen. Manchmal jedoch erzeugen sie schwerwiegende, systematische Fehler (Tversky & Kahneman 1974, 1124). Tversky und Kahneman führen drei der wichtigsten Heuristiken an und weisen deren systematische Fehleranfälligkeit nach. Alle drei sind Urteilsheuristiken, bei denen (1) die Repräsentativität eines zu erwartenden Ereignisses (Repräsentativitätsheuristik), (2) die Verfügbarkeit von Ereignissen als eine Tendenz, bestimmte Ereignisse höher als andere zu gewichten (Verfügbarkeitsheuristik) und (3) die Selektion bestimmter Informationen oder Perspektiven bei der Einschätzung von Situationen (Ankerheuristik) zu Verzerrungen und Fehlern führen. Als Beispiel möchte ich die Repräsentativitätsheuristik herausgreifen. Betrachten wir einen Menschen, der durch einen ehemaligen Nachbarn folgendermaßen beschrieben wird: Steve ist schüchtern, introvertiert, ausnahmslos hilfreich, wenig an Menschen oder der Realität interessiert, hat ein bescheidenes und ordentliches Auftreten und ein ausgeprägtes Bedürfnis nach Ordnung und Struktur. Wie wird nun die Wahrscheinlichkeit, dass Steve einer bestimmten Berufsgruppe zugehörig ist, bspw. als Bauer, Matrose, Flugzeugpilot, Bibliothekar oder Mediziner, beurteilt? In Anwendung der Repräsentativitätsheuristik ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Steve bspw. ein Bibliothekar

ist, da die Beschreibung des Nachbarn eine Ähnlichkeit mit dem Stereotyp, das wir mit Bibliothekaren verbinden, aufweist. Diese Einschätzung ist allerdings stark fehlerhaft, ziehen wir doch nicht ausreichend in Betracht, dass die Anzahl der Bauern einer Population um einiges höher ist als die der Bibliothekare und damit die Wahrscheinlichkeit, dass Steve ein Bibliothekar ist, um einiges geringer wird (Tversky & Kahneman 1974, 1124).

Insbesondere William Wimsatt widmet einen großen Teil seiner Arbeiten einer reduktionistischen Heuristik, die er analog zu den Urteilsheuristiken beschreibt (Wimsatt 2007, Appendix B). So erläutert er bspw. Heuristiken der Beschreibung und Charakterisierung von Phänomenen, Heuristiken der Entwicklung von Modellen und Theorien, Heuristiken der Beobachtung und im experimentellen Aufbau und Heuristiken der Lokalisation von Funktionen. Die reduktionistische Fehlerhaftigkeit besteht für ihn in den meisten Fällen darin, dass Kontexte oder Umwelteinflüsse ignoriert bzw. heruntergespielt werden. Für Wimsatt ist eine entsprechend kritische Reflexion der reduktionistischen Heuristiken nicht nur ein wichtiges Mittel für die wissenschaftliche Praxis allgemein, sondern auch ein Mittel für die Entwicklung ganzheitlicherer Theorien (*more holistic theories*), wie der Titel einer jüngeren Arbeit von ihm vorschlägt (Wimsatt 2006). Den ganzheitlichen Ansprüchen könne mit der kritischen Reflexion auf die systematischen Fehler der Heuristiken einer reduktiven Praxis Genüge getan werden. Der Kampf zwischen den zwei Kulturen des reduktionistischen und des ganzheitlichen Ansatzes (Simon 1962, 468, FN5) soll so methodisch aufgehoben werden.

Allerdings entsprechen bei den Autoren der *Neuen Mechanistischen Philosophie* besonders die zentralen Heuristiken der Dekomposition und Lokalisation dem, was Bertalanffy als additive Methode am Mechanismus kritisiert hatte. Die Dekomposition des Ganzen in seine Komponenten sowie das nachträgliche Zusammenführen der Komponenten und Dynamiken zu einer das Phänomen konstituierenden Organisation ist natürlich ein reduktionistisches Verfahren, dem die reduktionismuskritische Systemtheorie skeptisch gegenübersteht. Für Bertalanffy ist umgekehrt nach den Bedingungen und Möglichkeiten eines *ganzheitlichen* Ansatzes auf wissenschaftlicher Grundlage zu fragen. Die Probleme der Organisation sah er ja nicht auf eine reduktionistische Weise lösbar. Auch die metaphysischen Ansätze einiger Ganzheitstheoretiker lehnte Bertalanffy ab. Es war erst die Theorie offener Systeme, die eine Lösung für die Fragen von Organisation und Ganzheit versprach. Der heuristische Wert einer Allgemeinen Systemtheorie hierfür wurde ebenfalls bereits von Bertalanffy angesprochen. Die Allgemeine Systemtheorie ist als ein Werkzeug anzusehen, das die empirischen Verfahren entsprechend anleiten kann:

“It seems, therefore, that a general theory of systems would be a useful *tool* [Hervorgehoben von T.D.] providing, on the one hand, models that can be used in, and transferred to, different fields, and safeguarding, on the other hand, from vague analogies which often have marred the progress in these fields.” (Bertalanffy 1969a, 34)

Vor dem Hintergrund der beschriebenen pragmatischen Wende scheint es sinnvoll, die Allgemeine Systemtheorie genauer auf ihren heuristischen Wert für einen ganzheitlichen Ansatz zu befragen. Als Forschungspraxis zielt sie auf die ganzheitliche Beschreibung komplexer Organisationen. Sie stellt Allgemeinbegriffe und formale Sätze zur Verfügung, um empirische Forschung zu leiten oder deren Ergebnisse kritisch einzuschätzen. Ganz im Sinne von Wimsatt müssen allerdings auch hier simplifizierende Annahmen unterstellt und eine systematische Fehlerhaftigkeit angenommen werden.

Worin besteht nun der heuristische Wert der Allgemeinen Systemtheorie von Bertalanffy? Ich möchte mich *zuerst* dem kritischen Potential der Allgemeinen Systemtheorie zuwenden. Als ein reflexiv-kritisches Instrument bietet der systemtheoretische Ansatz Bertalanffy die Möglichkeit der Kritik von (einseitigen) Positionen in den verschiedenen Disziplinen. Dies kann über ein logisches Ausschlussverfahren (logische Disjunktion) geschehen (vgl. Kapitel II.3.3); jedoch sind es vor allem die Begriffe von Ganzheit, Organisation, hierarchischer und dynamischer Ordnung oder des offenen Systems wie auch die systemtheoretischen Prinzipien (Äquifinalität, Wachstumsgleichung etc.), die als Folie der Kritik eingesetzt werden können. Die systemtheoretischen Generalisierungen begründen eine metawissenschaftliche Perspektive, welche die reflexive Praxis kritisch anleiten kann. Die formal-mathematischen Beschreibungen dieser Begriffe repräsentieren dabei ihre relationale und nicht-metaphysische Natur. Hinsichtlich der reduktionistischen Methode erfüllt die Allgemeine Systemtheorie daher auch eine regulative Funktion, indem sie deren systematischer Fehlerbehaftetheit kritisch entgegensteht. Eine Weiterentwicklung des kritischen Ansatzes der Systemtheorie wurde von Werner Ulrich und Martin Reynolds (2010) vorgestellt. Sie berufen sich dabei zwar auf den Philosophen und Systemwissenschaftler Charles West Churchman, dennoch soll dieser Ansatz hier nicht unerwähnt bleiben. Auch mit einer *Critical Systems Heuristic* ist ein Arbeitsrahmen für die reflexive Praxis in den verschiedensten professionellen Bereichen gegeben. Eines der zentralen Werkzeuge ist dabei die Kritik an Grenzziehungen (*boundary critic*), d.h., die Kritik von Urteilen, die festlegen, welche empirischen Beobachtungen und Wertvorstellungen für bestimmte handlungsrelevante Entscheidungen von Belang und welche nicht von Belang werden (Ulrich & Reynolds 2010).

Als eine metawissenschaftliche Perspektive soll die Allgemeine Systemtheorie *zweitens* die Entwicklung von empirischen Theorien anleiten. Die Systemtheorie stellt dann operative Modelle, Formalisierungs- und Kalkülierungsinstrumente bereit und unterstützt bei der Problemdefinition und -beschreibung in der Anwendung auf materiale Systeme (Lenk 1978, 247, 255). Für die Entwicklung von Theorien und deren Kritik gelten dann einige generelle Annahmen als Voraussetzung: Entgegen oder zusätzlich zu einer Analyse der Komponenten eines Systems betont Bertalanffy deren Interdependenz und damit die Beschreibung von Relationen, organisatorischen Strukturen und Funktionen. Dies gilt auch für den Begriff der Kausalität. Dieser wird nicht mehr im Sinne singulärer Kausalsätze, sondern als Kausalrelationen innerhalb eines Systems mehr oder weniger komplexer Wechselwirkungen (Müller 1996, 215) interpretiert. Diese komplexen Organisationen können oft nur noch mit entsprechendem technischem Equipment modelliert werden. Unter Umständen müssen unorthodoxe Verfahren, bspw. das der Simulation, verwendet werden, welche durch schrittweise Lösungsapproximation gekennzeichnet sind und für die kein unabhängiges Prüfverfahren herangezogen werden kann (Lenk 1978, 248ff.).

Die disziplinären Beschreibungen eines Systems sind immer bezüglich einer bestimmten hierarchischen Ebene des Gesamtzusammenhangs zu sehen. Für die Beschreibung eines Phänomens ist die Wahl der entsprechenden (disziplinären) Ebene der Deskription von zentraler Bedeutung. Soziale Phänomene beispielsweise auf einer molekularen Ebene beschreiben zu wollen, überschreitet nicht nur die kognitive Kapazität des Menschen, sie entspricht auch nicht unseren Anforderungen an eine adäquate Erklärung.

Schließlich werden Systeme durch ihre Robustheit, Selbstorganisation, Kohärenz etc. individualisiert (Ankerheuristik). Um der systematischen Fehlerhaftigkeit von Ankerheuristiken entgegenzuwirken, müssen sie als offene Systeme angesehen werden. Die Umwelt eines Systems ist daher als Teil der Organisation des Systems zu betrachten (Beachten des Kontextes). Auch die genetischen Aspekte eines Systems sind als Teil der dynamischen Organisation des Systems zu berücksichtigen. Dies betrifft ebenso die Prinzipien bzw. Regelmäßigkeiten von Dynamiken, die sich in der Geschichte eines Systems zeigen.

Neben der kritischen Reflexion und der Entwicklung empirischer Theorien ist es *drittens* die Integration von Perspektiven, die eine Allgemeine Systemtheorie heuristisch anleiten kann. Die verschiedenen, zum Teil disziplinären Perspektiven können nicht einfach zueinander addiert werden. Eine inter- bzw. multidisziplinäre Integration erfordert ausgewiesene Kriterien. Diese können methodische oder meta- bzw. transdisziplinäre Kriterien sein (vgl.: Kapitel IV.4.2). Für die Systemtheorie sind dies vor allem die genannten konzeptio-

nellen Kriterien, die erfüllt werden müssen. Die Systemtheorie von Bertalanffy stellt ein allgemeines, begriffliches Bezugssystem dar und erfüllt damit eine qualitativ heuristische Funktion (*qualitative heuristic function*) (Laszlo & Krippner 1998). Systemtheoretische Beschreibungen sind problemorientiert und versuchen entsprechend verschiedene Methoden zu bündeln. Reduktionistische Methoden dagegen tendieren zu einem *tool-binding*, d.h., sie binden sich an ein methodisches Instrument und wählen die Probleme entsprechend des Instruments, statt umgekehrt (Wimsatt 2007, 351f.). Entsprechendes gilt für die Wahl und Integration von Perspektiven. Reduktionistische Ansätze tendieren zu einer extra-perspektivischen Blindheit oder einem Wahrnehmungsfokus. Nicht alle Probleme der Biologie sind Probleme der Genetik, nicht alle Probleme der Psychologie sind Probleme des Verhaltens (Wimsatt 2007, 351). In diesem Sinne erfüllt die Systemtheorie eine orientierende Funktion (Müller 1996, 211). Vorausgesetzt ist die selbstkritische Reflexion der orientierenden Kriterien.

Schließlich bedient sich Bertalanffy noch einer Weltbild- und Interpretationsheuristik (Liesenfeld 1993, 261, 263): Diese bezieht sich auf den normativen Aspekt der Systemtheorie, ihre Orientierung auf Organisation und Ganzheit (theoretischer Imperativ). Erst sie ermöglicht die gemeinsamen inter- bzw. multidisziplinären Forschungsprojekte.

Im Vergleich zu der Liste der Heuristiken bei Wimsatt (Wimsatt 2007, 347ff.) zeigt sich, dass und wie eine Allgemeine Systemtheorie auch reduktionistische Heuristiken verwendet. So werden die Kontexte von Systemen (systemspezifisch) vereinfacht und die Umweltfaktoren, bspw. in den Verfahren der Simulation, kontrolliert. Im Gegensatz zu reduktionistischen Ansätzen werden diese jedoch nie ganz vernachlässigt: Systeme sind offene Systeme, geschlossene Systeme sind Spezialfälle. Und schließlich nivellieren die Verfahren der Modellierung ebenso die individuellen Umstände der Systeme. Nur das, was allen Systemen gemeinsam ist, wird relevant.

4.2 Allgemeine Systemtheorie als integrative Heuristik

Im Rahmen der gegenwärtigen Wissenschaftslandschaft ist eine interdisziplinäre Praxis nicht mehr wegzudenken. Wissen wird zunehmend eine Frage interdisziplinärer Zusammenarbeit und eines Überschreitens disziplinärer Grenzen. Julie Thompson Klein sieht in wissenschaftlichen Kooperationen gar ein, die Gegenwart definierendes Charakteristikum (Klein 1996, 1). Die interdisziplinäre Praxis wird durch die Herausforderungen, welche komplexe Gegenstände

und gesellschaftliche Probleme an die Wissenschaften stellen, erforderlich und mit den erweiterten Möglichkeiten durch die neuen Technologien unterstützt. Zumeist resultiert sie aus dem Bedürfnis, Fragen zu bearbeiten, die nicht auf eine disziplinäre Perspektive beschränkt sind. Oft jedoch sind interdisziplinäre Projekte einfach den institutionellen Anforderungen der Forschungsförderung geschuldet. Interdisziplinäre Arbeit kommt dann kaum über ein *patchwork*, eine Zusammenstückelung von Methoden und Perspektiven hinaus. Die Aktualität von interdisziplinären Forschungsprojekten spiegelt sich in einer Vielfalt von Typen, disziplinäre Grenzen überschreitender oder überbrückender Projekte wider. Bei der wachsenden Anzahl dieser Projekte werden nicht nur die normativen Aspekte der interdisziplinären Arbeit problematisch, sondern die interdisziplinäre Wissenschaftspraxis selber. Eine theoretische Verständigung über Begriff und Methode von Interdisziplinarität wird nötig. Es wächst der Bedarf nach einer Theorie der Interdisziplinarität. Im Folgenden soll ein grundlegender Begriff von Interdisziplinarität und eine Typologie interdisziplinärer Kooperationen vorgestellt werden. Die Allgemeine Systemtheorie wird dann im Lichte dieser Typologie interpretiert.

Interdisziplinarität hat den Begriff der Disziplinarität zur Grundlage. Unter einer wissenschaftlichen Disziplin wird eine historisch begründete Abgrenzung eines Gegenstandsbereiches und entsprechender Methoden mit einer spezifischen Zukunftsorientierung verstanden. Eine jede Disziplin ist bereits immer ein loser Zusammenhang von Perspektiven, die über einen mehr oder weniger genau spezifizierten Gegenstandsbereich verbunden sind. Mit Disziplinarität ist, so Peter Weingart, methodische Strenge, „Tiefbohren“ und Genauigkeit verbunden. Interdisziplinarität dagegen ist die disziplinenüberschreitende oder -überbrückende Wissensproduktion. Sie stellt ein organisatorisches Prinzip dar, das Innovationszuwachs durch einen fächerübergreifenden Problemzusammenhang und eine fächerübergreifende Methodik fördert und auf Ressourcengewinnung orientiert. So sind disziplinäre Reduktion und Interdisziplinarität die zwei Seiten einer „disziplinären Medaille“ (Weingart 1997, 524).

In der Vielfalt an den, disziplinäre Grenzen überschreitenden Projekten lassen sich verschiedene Typen interdisziplinärer Wissenschaftspraxis ausmachen (Boden 1999; Klein 2010; Miller 1982). Ich beziehe mich hier auf die Typologie von Klein (2010), welche die anderen Typologien zu integrieren versucht. Die integrative Kraft eines interdisziplinären Typus ist der „Lackmustest“ für den Grad an Interdisziplinarität (Klein 2010, 17). Nach Klein ist prinzipiell erst einmal zwischen Multidisziplinarität, Interdisziplinarität und Transdisziplinarität zu unterscheiden. *Multidisziplinarität* ist ein Ansatz, der Disziplinen nebeneinander stellt, um deren Wissen und Methoden zu erweitern. Die Dis-

ziplinen bleiben weiterhin getrennt, ihre Identität bleibt bestehen. So ist bspw. ein enzyklopädischer Ansatz bestenfalls ein schwacher interdisziplinärer Ansatz (Boden 1999, 14f.), da keine Kommunikation zwischen den Disziplinen gefördert wird. Die Breite des intendierten Gegenstandsbereiches allein macht noch keine Interdisziplinarität aus. Eine gehaltvolle *Interdisziplinarität* dagegen ist durch aktive Interaktion, Zusammenarbeit und Integration gekennzeichnet. Bestehende Ansätze erfahren durch eine neue Ausrichtung und Kombination eine Neustrukturierung. Kennzeichnend sind verbindende Themen und Probleme, die den einzelnen Disziplinen nicht eigen waren und ein ganzheitlicheres Verständnis dieser bewirken (Klein 2010, 18). Auch hier lassen sich Abstufungen im Grad der Interaktion und Integration ausmachen, die abhängig von der Themenbreite (enge/weite Interdisziplinarität) sowie der Mittel und Ziele (methodologische/theoretische Interdisziplinarität; generalisierende/integrative Interdisziplinarität) typologisiert werden können. In einer methodologischen Interdisziplinarität wird eine Methode oder ein theoretisches Konzept übertragen bzw. geteilt, um die Qualität der Forschung auf diesem Gebiet zu befördern. Dies können statistische Methoden oder inhaltliche organisierende Prinzipien bspw. bestimmte Begriffe oder Auffassungen sein, die für die Organisation der Ideen oder Ergebnisse quer durch die Disziplinen genutzt werden. Bspw. stimulierten die in den 1940er/1950er Jahren entwickelten neuen technologischen Methoden die Entwicklung von Systemtheorien, Kybernetik, Informationstheorie etc. als interdisziplinäre Wissenschaftsprogramme (Miller 1982, 15ff.). Eine theoretische Interdisziplinarität verfolgt hingegen ein allgemeineres Ziel. Hier soll ein Bezugssystem geschaffen werden, das als konzeptioneller Arbeitsrahmen zukünftige Forschung und Integration anleiten soll (Klein 2010, 20). Margaret Boden (1999) unterscheidet hier noch einmal zwischen generalisierender und integrativer Interdisziplinarität. In erster Hinsicht wird eine singuläre theoretische Perspektive auf ein breites disziplinäres Spektrum angewandt. Es ist unschwer die Historie der Generalisierung des organismischen Ansatzes zu erkennen. Im letzteren Fall, der integrativen Interdisziplinarität, sind es die Theorien und Begriffe der einen Disziplin, die zur Problemlösung und Theorienbildung einer anderen Disziplin beitragen. Die Zusammenarbeit führt zur Ausbildung neuer Kategorien und zu einer methodologischen Vereinheitlichung, welche die ursprünglichen, disziplinären Methoden und theoretischen Begriffe modifiziert (Boden 1999, 19ff.).

Transdisziplinarität – ein Begriff, der von dem System- und Zukunftsforscher Erich Jantsch (Jantsch 1972a) vorgeschlagen wurde (Ropohl 2012, 191) – bezeichnet die auf einem gemeinsamen Axiomensystem beruhende Praxis, welche den engeren Horizont der disziplinären Sichtweisen durch eine umfassende

Synthese zu transzendieren vermag. Der Entwicklungspsychologe Jean Piaget versteht Transdisziplinarität auch als Instrument für die Konstruktion einer disziplinverbindenden Sprache (Piaget 1972). Den transdisziplinären Ansatz kennzeichnen die systematische Integration von Wissen, ein zumeist kritischer Imperativ, ein gesondert artikuliertes Begriffssystem, Problembezogenheit und die Rekontextualisierung von Wissen in lebensweltliche Zusammenhänge oder gesellschaftliche Diskurse. Beispiele sind die verschiedenen Anthropologien, die einheitswissenschaftlichen Bewegungen in den Wissenschaften oder vereinheitlichende Theorien in der Physik (bspw. die Stringtheorie) (Klein 2010, 24f.).

In diesem Sinne begründen nun auch die systemtheoretischen Generalisierungen der Allgemeinen Systemtheorie eine transdisziplinäre Praxis. Deren integrative Intention ist nicht zuletzt eine Konsequenz des disziplinären Perspektivismus, von Reduktionismuskritik und ganzheitlichem Anspruch bei Bertalanffy. Genau genommen sind ganzheitliche Ansätze immer bereits interdisziplinär und eine Reaktion auf die Grenzen disziplinärer Wissenschaft (Sarewitz 2010, 65). Es lässt sich sagen, dass die Systemtheorie bei Bertalanffy also von Anfang an interdisziplinär angelegt ist. Das große Potential der Allgemeinen Systemtheorie besteht darin, dass durch das Verfahren der Bildung logischer Homologien systemspezifische Problemlösungen der einen Disziplin auch auf andere disziplinäre Problemfelder übertragen werden können.

“These expanded and generalized theoretical constructs or models are interdisciplinary - i.e., they transcend the conventional departments of science, and are applicable to phenomena in various fields. This results in the isomorphism of models, general principles and even special laws appearing in various fields.” (Bertalanffy 1969, 94)

Umgekehrt bilden die zentralen systemtheoretischen Begriffe und deren Formalisierungen ein Bezugssystem für die Integration der disziplinären Perspektiven sowie einen Arbeitsrahmen für die weitere problemorientierte Forschung. Dieser Interpretation einer Allgemeinen Systemtheorie als transdisziplinärem Wissenschaftsansatz schließen sich auch andere Autoren, wie Ropohl oder Hofkirchner & Schafranek, an. So legte Günter Ropohl erst kürzlich eine „Einführung in transdisziplinäres Denken“ vor (Ropohl 2012) und Hofkirchner & Schafranek betonen in ihrem Überblicksbeitrag den transdisziplinären Charakter der Allgemeinen Systemtheorie:

“In its aiming for generalizations, GST is thus heading towards a state of science called in present days ‘trans-disciplinarity.’ The term ‘trans-disciplinarity’ is used to define a concept that goes beyond the meaning of multi- and even interdisciplinarity. While

multi-disciplinarity would mean the unrelated coexistence of mono-disciplinary accounts and inter-disciplinarity the casual establishment of relations between mono-disciplines without having feedback loops that have a lasting impact on their repertoire of methods and concepts, trans-disciplinarity comes into play when each discipline is engaged in the collaborative undertaking of constructing a common base of methods and concepts, of which its own methods and concepts can be understood as kind of instantiations. Trans-disciplinarity does thereby not mean the abolition of disciplinary knowledge but grasping for a bigger picture. In fact, GST and systems science, aware of the aims set out by GST, are the trans-disciplinary science *per se*.” (Hofkirchner & Schafranek 2011, 193)

Im Anschluss an die Kritik am Einheitspostulat von Bertalanffy stellt Ropohl fest, dass die Allgemeine Systemtheorie „[...] zwar keine universelle Einheitswissenschaft bilden kann, aber ein fruchtbares Werkzeug darstellt, die gegenwärtige Verfassung der Wissenschaften *aufzuheben* – das heißt: sie gleichermaßen zu bewahren, aufzulösen und auf eine höhere Stufe zu heben [...]“ (Ropohl 2012, 12).

Dass die Allgemeine Systemtheorie – ja die generalisierenden, transdisziplinären Ansätze im Allgemeinen – eine praktisch relevante Funktion in der interdisziplinären Wissenschaftslandschaft einnehmen kann, wird allerdings auch bestritten. Zunächst ist der formale Ansatz in der Systemtheorie ein Ziel der bereits bekannten wissenschaftstheoretischen Kritik. Doch auch mit wissenschaftshistorischen Gründen wird die Bedeutung derart umfassender, transdisziplinärer Ansätze für den Fortgang der Wissenschaften bezweifelt. Entsprechend werden die Vorzüge der praktischen Vernunft gegenüber den universellen Wahrheitsansprüchen der mathematischen Wissenschaft betont (Toulmin 1990). Diese Position wird besonders in den, der wissenschaftlichen Praxis nahestehenden integrativen Ansätzen interdisziplinärer Wissenschaft vertreten, die sich in Folge der Kuhnschen Historisierung und Pragmatisierung entwickeln konnten. An prominenter Stelle steht der Artikel *Interfield Theory* von Lindley Darden und Nancy Maull (Darden & Maull 1977). In Kritik zu den theorienreduzierenden, deduktiven Ansätzen der Vereinheitlichung (Nagel 1961; in revisionistischer Fassung: Kitcher 1981) betonen die Autoren an Hand historischer Beispiele die Bedeutung der nicht-reduktionistischen Integration von sogenannten „Feldern“ (*fields*). Ein wissenschaftliches Feld wird folgendermaßen bestimmt:

“[...] a field is an area of science consisting of the following elements: a central problem, a domain consisting of items taken to be facts related to that problem, general explanatory factors and goals providing expectations as to how the problem is to be solved,

techniques and methods, and, sometimes, but not always, concepts, laws and theories which are related to the problem and which attempt to realize the explanatory goals.”
(Darden & Maull 1977, 44)

Dem Feldbegriff implizit ist daher auch eine Kritik an der disziplinären Verfassung der Wissenschaften (solche Felder können natürlich auch disziplinäre Felder sein). Vor dem Hintergrund historischer Fallbeispiele interdisziplinärer Wissenschaftspraxis gelangen sie zu einer *interfield theory*, welche besonders auf die Relationen zwischen diesen Feldern fokussiert. Demnach können verschiedene Typen von Relationen festgestellt werden. Darden und Maull führen vier dieser *interfield relations* an, die ich hier kurz anschnitten möchte (Darden & Maull 1977, 49): a) die Relation zwischen strukturaler und funktionaler Forschung; bspw. beschreibt die physikalische Chemie die Struktur von Objekten oder Prozessen und die Biochemie deren Funktion; b) eine Spezifizierung des physischen Ortes eines Objekts oder Prozesses; bspw. sah die früheste Formulierung der Chromosomentheorie die Mendelschen Gene in oder auf den Chromosomen, die Zytologie spezifizierte die Gene als Teil der Chromosomen, also in diesen; c) die physikalische Natur eines von einer anderen Theorie postulierten Objekts oder Prozesses; bspw. spezifiziert die Biochemie die physikalische Realisation von postulierten Gegenständen der Operon-Theorie, und d) können Felder kausal verlinkt sein; bspw. sind die biochemischen Interaktionen Ursache der vererbten Muster der Genexpression.

Durch den Austausch von Methoden und Wissen erlauben die *interfield relations* – in einem praktisch relevanten Sinn – Brücken zwischen den Feldern zu schlagen. In besonderen Fällen können dann auch neue Disziplinen entstehen.

“Fields are *practically* unified through heuristic connections (e.g. using the heuristics of one field to generate hypotheses in another field) and by the development of methods for integrating the qualitatively distinct bodies of data generated by the two fields.”
(Grantham 2004, 133)

So entstand bspw. die Zellbiologie aus der Biochemie und der klassischen Zytologie (Bechtel 2006). Die interdisziplinären Relationen zwischen problemorientierten Feldern können demnach starke integrative Kräfte entfalten. Eine transdisziplinäre Systemtheorie ist durch den notwendigen Rekurs auf ihren allgemeinen Begriffskanon schwerfälliger. Allerdings kann sie einen *theoretischen* Bezugs- oder Arbeitsrahmen für die interdisziplinäre Arbeit – eine integrative Heuristik – anbieten. Dies gilt für die formal-relationalen *und* für die bereichsspezifischen Systemtheorien.

Eine weitere Kritik trifft den vereinheitlichenden Anspruch der transdisziplinären Ansätze selber. Die theoretische Bevorzugung einer bestimmten Ebene der Integration erinnert an die Probleme reduktionistischer Forschung und sollte durch eine pluralistische Haltung ersetzt werden (Kellert, Longino & Waters 2006). Patrick Suppes setzte sich bereits früh für einen Pluralismus ein (Suppes 1978/1981). Der Einheitsanspruch war – wie Suppes am Beispiel des logischen Positivismus demonstriert – eine rationale Konsequenz der Verteidigung der Wissenschaften gegenüber metaphysischen Ansprüchen. Die wissenschaftliche Entwicklung zeigt, dass dies nun nicht mehr nötig ist. Der Einheitsanspruch kann zugunsten einer Pluralität der Wissenschaften aufgegeben werden. Weder eine reduktive Einheit noch eine methodische Einheit, die über die triviale Verwendung mathematischer Methoden hinausgeht, ist weiterhin gerechtfertigt (Suppes 1978/1981, 9). In Verbindung mit der pragmatischeren *interfield theory* stellt der wissenschaftliche Pluralismus eine starke Herausforderung an die systemtheoretische Transdisziplinarität dar. Ist nun der hohe Anspruch einer generalisierten Metatheorie als eines einheitlichen Bezugssystem für die integrative Praxis zugunsten einer pluralistischen Haltung aufzugeben? Es ist zu Bedenken: Vertraut man auf die praktische Vernunft allein, dann sind bspw. die systematische Kritik von Theorien oder auch eine systematische Förderung interdisziplinärer Wissenschaft nur schwer durchführbar. Es fehlt ein wichtiges regulatives Moment der Forschung, welches interdisziplinäre Kooperationen begründet und orientiert.

Der interdisziplinäre Prozess gliedert sich nach Bertold Schweitzer in zwei Phasen: Zum einen müssen (disziplinäre) Ergebnisse und Sichtweisen kritisch analysiert werden, zum anderen müssen deren Einsichten in ein umfassenderes Verständnis integriert werden (Schweitzer 2010). Die Beteiligten sollten sich vorher auf bestimmte methodische und konzeptionelle Rahmenbedingungen einigen (Bergmann et al. 2010, 67). Diese „Metaperspektive“ hat die Aufgabe, die Informationen zu organisieren und die Konflikte zwischen den Perspektiven zu synthetisieren (Hursh et al. 1983 in: Schweitzer 2010, 119). Auf unseren Kontext bezogen bedeutet dies, dass in der ersten, analytischen Phase die kritisch-reflexiven Potentiale der Systemtheorie genutzt werden können, u.a., um Situationen zu identifizieren, welche multiple Ansätze der Forschung verlangen. Hier ist besonders der reduktionismuskritische Aspekt der Systemtheorie gefragt. Eine Theorie offener Systeme führt bspw. zu einer kritischen Reflexion wissenschaftlicher Praxis hinsichtlich der Wahl des angemessenen Komplexitätsgrads, der entsprechenden Systemebene oder der Festlegung von Systemgrenzen bei der Beschreibung der Phänomene sowie der Beachtung von Umwelteinflüssen. In der zweiten Phase müssen die verschiedenen (disziplinären) Perspektiven rela-

tional und begrifflich auf das Problemfeld hin geordnet werden. Diese Ordnung kann durch systemtheoretische Prinzipien angeleitet werden [bspw. mit Hilfe enkaptischer Systeme (Tembrock 1998), einer systemtheoretischen Variante des Supervenienzprinzips]. Die Allgemeine Systemtheorie ist daher als ein solch orientierender und kritischer Bezugsrahmen, als ein heuristisches Modell und Metaperspektive für die interdisziplinäre Arbeit anzusehen.

„Transdisziplinarität ist auf einen eigenständigen theoretischen Ort angewiesen, wo solches Wissen erzeugt, bearbeitet und betreut wird. Für fachübergreifende Wissenssynthesen benötigt man eine besondere Integrationsinstanz.“ (Ropohl 2012, 195)

Zu erinnern ist noch einmal an das methodische Ausschlussverfahren (logische Disjunktion), das Bertalanffy in seiner *Kritische(n) Theorie der Formbildung* (1928) verwendete. Als reflexives Verfahren auf die damaligen vorherrschenden Theorieansätze konnte es nur vor dem Hintergrund einer bereits in Ansätzen vorhandenen organismischen Konzeption durchgeführt werden. Diese wird dann auch bereits in dem einleitenden Teil seines Werkes, den Grundlagen der theoretischen Biologie, verdeutlicht.

4.3 Wissenschaft als soziales System: Institutionalisierung der Allgemeinen Systemtheorie

Wissenschaft selbst ist ein System neben anderen symbolischen Systemen. Sie ist eine der „[...] großen Perspektiven [...]“ der Menschheit (Bertalanffy 1960, 20). Auch die Allgemeine Systemtheorie ist nur ein Modell unter anderen (Bertalanffy 1960, 7). Die Frage nach dem theoretischen Ort der Allgemeinen Systemtheorie bekommt hiermit eine gesellschaftliche Brisanz. Denn schließlich muss sie sich auch die Frage nach ihrem institutionellen Status stellen. Die gesellschaftlichen Anforderungen und Entwicklungen der 1950er und 1960er Jahre beförderten eine Institutionalisierung problemorientierter Metawissenschaften u.a. der Allgemeinen Systemtheorie, der Kybernetik und der Informationstheorie. Das günstige Zusammentreffen von Forschungsförderung, Institutionalisierung der *behavioral sciences*, fortschreitender Mathematisierung der Wissenschaften – der biologischen Wissenschaften und der Sozialwissenschaften – der Ausbau der Hochschulen und anderer Forschungsinstitutionen und ein bisher unbekannter Bedarf an wissenschaftlicher Politikberatung kamen auch dem institutionellen Ausbau der problemorientierten Systemwissenschaften zugute (Müller 1996,

323). Daher finden die Ergebnisse der systemtheoretischen Arbeit ebenfalls durch ein pragmatisches Kriterium ihre Rechtfertigung. Dieses stellt die Tauglichkeit für die Daseinsorientierung und eine Handlungspraxis in den Vordergrund (Ropohl 2012, 201).

Mit der Abkehr von einer sozial-technologischen Politik und Planungsrationalität sollte sich dieses jedoch bald wieder ändern (Müller 1996, 323). Ungeachtet ihrer bisherigen Verbreitung gelang es der Allgemeinen Systemtheorie nicht, sich dauerhaft zu institutionalisieren. Die ungebrochene Spezialisierung der Wissenschaften führte zudem zu einer „[...] irreduziblen Divergenz [...]“ zwischen empirischen und theoretischen Wissenschaften, zwischen disziplinärer und interdisziplinärer Wissenschaft (Müller 1996, 357).

Obwohl die Bemühungen der Systemtheoretiker auf die gesellschaftliche und institutionelle Implementierung der Allgemeinen Systemtheorie ausgerichtet waren, haben Bertalanffy und seine Kollegen diese instabilen Rahmenbedingungen nicht reflektiert (Müller 1996, 323) und konnten so auf die sozialen Veränderungen nur ungenügend reagieren. Mit dem Einheitsanspruch der Allgemeinen Systemtheorie jedoch gab Bertalanffy vor allem den Impuls für die Reflexion der inhaltlichen Organisation von Interdisziplinarität und ihrer sozialen Organisation. Neben den wissenschaftsinternen Anforderungen – den Methoden, Prinzipien und Begriffen interdisziplinärer Forschung – und einer damit einhergehenden „[...] fachübergreifenden Sprach-, Begriffs- und Definienskompetenz [...]“ (Ropohl 2012, 199) wurden zunehmend Fragen von Kommunikation, Konflikt und Kooperation relevant. Bertalanffy war sich bewusst, dass eine weitere Entwicklung und Umsetzung einer Allgemeinen Systemtheorie einen speziellen Typ an Wissenschaftler verlangte, einen wissenschaftlichen Generalisten (Bertalanffy 1956, 8f.). Die konventionelle wissenschaftliche Bildung behandelte die verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen als isolierte Bereiche, interdisziplinäre Kompetenzen wurden nicht vermittelt. Diese Lücke sollte die Allgemeine Systemtheorie versuchen zu schließen. Im Lichte dieser interdisziplinären Praxis und deren Anforderungen an den Wissenschaftler wird schließlich auch die „Funktion“ der Ambivalenzen in Bertalanffys Werk deutlich. Der Praktiker der Allgemeinen Systemtheorie muss als Generalist der Komplexität und Gegensätzlichkeit von theoretischen, methodischen und kooperativen Anforderungen interdisziplinärer Projekte gewachsen sein. Dieses lässt sich am Beispiel methodischer Kompetenz demonstrieren: Ginge es um die bloße Anwendung der Mathematik, bedürfte es keiner Generalisten, sondern nur der Mathematiker und Fachwissenschaftler. Gefragt ist jedoch nicht allein mathematische Präzision, sondern ebenso die Kenntnis und Akzeptanz anderer methodischer Verfahren wissenschaftlicher Forschung. Es spielen Offenheit,

intuitive Einsicht, Kreativität und ein kritischer Sinn für Grenzen und Grenzziehungen eine wichtige Rolle – auch für die interdisziplinäre Wissenschaftspraxis. Zu erinnern ist zudem an die Differenzierung von System und Beobachtersystem (Foerster 1993), woraus die Notwendigkeit reflexiver Kompetenzen – nicht allein nur für den systemtheoretischen Generalisten – resultiert.

Letztendlich ist es eine Frage der gesellschaftlichen Verantwortung des Wissenschaftlers und damit einer Ethik in den Wissenschaften, die vermittelt werden muss (Bertalanffy 1956, 9f.). Diese zielt nicht nur auf die moralische Verantwortung der individuellen Person, sondern auch auf eine normative Reflexion von Wissenschaft und deren technisierter Anwendung in der Gesellschaft. Nicht von ungefähr hat systemtheoretisches Denken seinen Platz auch in Bereichen der Abschätzung von Technikfolgen (Ropohl 1996; 1999) oder der Zukunftsforschung (Jantsch 1972b) gefunden. Der systemtheoretische Ansatz ist ein Ansatz, der wesentlich auch von gesellschaftlichen Problemen ausgeht.

V.

Zusammenfassung:

Zur Relevanz eines systemtheoretischen Imperativs

Die Wissenschaftsauffassung von Bertalanffy erwächst aus der Kontroverse zwischen mechanistischen und vitalistischen Positionen in der Biologie. Der reduktionistischen Position steht ein metaphysischer Ganzheitsansatz gegenüber. Bertalanffy, sowohl fasziniert von den Verfahren objektiver Wissenschaft als auch überzeugt von der Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes in den Lebenswissenschaften, entfaltete ein eigenes Verständnis von Ganzheitlichkeit auf einer wissenschaftlichen Grundlage: Ganzheit meint nun Organisation.

In der Allgemeinen Systemtheorie wird dieses organisatorische Verständnis mit dem Systembegriff weitergeführt und allgemeine Merkmale und Prinzipien von Systemen beschrieben. Ein generalisierter Systembegriff und die Systemgesetze bzw. -prinzipien können nun auch auf andere disziplinäre Problemfelder übertragen werden. Mit der Allgemeinen Systemtheorie konnte sich so eine theoretische Basis quer zu den Disziplinen etablieren, die mit ihren Begriffen, Prinzipien und Konzepten die organisationellen Gemeinsamkeiten der disziplinären Perspektiven zu erfassen sucht. Eine nicht-reduktive Einheit der Wissenschaften, so Bertalanffy, könne somit möglich werden.

Die Einheit der Wissenschaften soll jedoch nicht nur formal bestehen, sie soll auch konkret werden. Die Allgemeine Systemtheorie will die disziplinären Ergebnisse sichten und bezüglich des zu Grunde liegenden Musters komplexer Organisation und seiner Eigenschaften ordnen. Dieses methodische Verfahren „von unten“ ist bereits in den Vorstellungen angedeutet, die Bertalanffy für eine Theoretische Biologie in seiner *Kritische[n] Theorie der Formbildung* (Bertalanffy 1928) entwickelte. Die Integration der (disziplinären) Perspektiven wiederum trägt zum Ausbau der Allgemeinen Systemtheorie bei und begründet in einem zweiten Schritt die Möglichkeit der Übertragung (Analogie) sowie die Fokussierung der Forschung auf die ganzheitlichen und dynamischen Zusammenhänge in den Wissenschaften vom Lebendigen. Mit einer transdisziplinären Wissenschaftspraxis ist schließlich auch eine bestimmte Form interdisziplinärer Zusammenarbeit gegeben.

Der Wissenschaftsphilosoph William Bechtel stellte im Titel eines seiner Vorträge die Frage: „What does system thinking add to mechanistic explanations?“ (PhilBio 2012). Bechtel befürwortet einen mechanistischen Ansatz, demgemäß Phänomene durch die Mechanismen beschrieben werden, die diese konstituieren. Für Bertalanffy hingegen wäre die Frage so falsch gestellt. Die fraglichen Mechanismen entsprechen Dynamiken und Prinzipien von Systemen, und nur aus der ganzheitlichen Perspektive eines Systems kann deren Funktion und Regelhaftigkeit wirklich bestimmt und erkannt werden. Es ist der organisationale Charakter – die Interdependenzen des Systems – welcher die Funktionalität und Regelhaftigkeit der Mechanismen erst begründet. Die Einsicht in die Fehlerhaftigkeit reduktionistischer sowie bloß einzelwissenschaftlicher Perspektiven führt Bertalanffy zu einer Reihe von Imperativen, die den normativen Hintergrund seiner Ausführungen und die theoretische Folie bzw. den Rahmen für eine Anwendung der Allgemeinen Systemtheorie bilden. Diese sind Ergebnis empirischer Forschung und Resultat einer Reflexion der Wissenschaftspraxis seiner Zeit. Es sind wissenschaftstheoretische Imperative, die besonders die erkenntnistheoretischen und methodischen Aspekte wissenschaftlicher Praxis orientieren sollen. Insbesondere zwei dieser Imperative lassen sich aus den Leitsätzen, die er in seiner Arbeit *Das biologische Weltbild* (Bertalanffy 1949, 30) beschrieben hatte (Ganzheit, Dynamik und Eigenaktivität), ableiten:

Demnach wäre als erstes von der Ganzheit eines Gegenstandes auszugehen, von der Phänomene wie Plastizität, Regenerationsfähigkeit und Kohäsion (*cohesiveness*: Boyer 1990, 3) zeugen. Diese Ganzheit muss wissenschaftlichen Methoden zugänglich sein, d.h., der Gegenstand ist unter dem Aspekt der Organisation bzw. das Phänomen im Kontext der Organisation zu erfassen. Hiervon leiten sich, entgegen einem reduktionistischen Ansatz, zwei weitere Prinzipien

ab: (1) die Komplexität (komplexe Organisation) des Gegenstandes ist vorrangig vor lokalen Forschungsintentionen und (2) Relationen (inklusive der System-Umwelt-Relation) sind vorrangig vor punktuell operierenden Forschungsmethoden zu berücksichtigen.

Zweitens ist die (organisatorische) Dynamik des Gegenstandes zu bedenken. Auch dies lässt sich mit Hilfe zweier Prinzipien präzisieren: (1) kommt der Offenheit des Systems bei der Darstellung bzw. Modellierung eines Gegenstandes ein Primat gegenüber geschlossenen Systemmodellen zu und (2) ist die (Eigen-)Aktivität des Systems zu beachten.

Den mehrfach erwähnten Ambivalenzen im Werk von Bertalanffy liegt schließlich ein dritter Imperativ zu Grunde. Demnach sind die innerdisziplinären dichotomen Positionen und die Widersprüche zwischen den Disziplinen aufzudecken und zu überwinden. Zwei widersprüchliche Positionen können nicht gleichzeitig richtig sein, jedoch sind beide durch gemeinsame Phänomene oder Probleme motiviert bzw. entstehen durch den Versuch, die Einseitigkeit einer Position zu korrigieren. In reflexiver Hinsicht geht es konkret darum, die einseitigen Auffassungen von reduktionistischen (bspw. mechanistischen) und ganzheitlich metaphysischen (bspw. vitalistischen) Ansätzen aufzudecken und deren Widersprüchlichkeiten systemtheoretisch zu überwinden. Hierfür werden dann nicht allein interdisziplinäre Ansätze sinnvoll, sondern spezifisch transdisziplinäre, also integrative Positionen notwendig. Beispielsweise forderte der Gegensatz zwischen physikalischen Gesetzen (Thermodynamik) und biologischer Organisation eine Integration beider Ansätze in einer Theorie offener Systeme. Die klassische Thermodynamik konnte biologische Organisation nicht erklären, widersprach dieser sogar. Die mit der Systemtheorie bemühte Einheit der Wissenschaften erfüllt hier vor allem eine regulative Funktion.

Die Prinzipien der Systemtheorie bieten demnach – zusammen mit den spezifischen „Systemgesetzen“ – einen theoretischen Arbeitsrahmen, eine allgemeine Theorie oder besser eine Konzeption, mit deren Hilfe konkrete organisatorische Einheiten beschrieben werden können. Mit einer Allgemeinen Systemtheorie sind sowohl methodische als auch konzeptionelle Rahmenbedingungen formuliert, die im Mikro-, Meso- und Makrobereich anwendbar sind. Demnach sind auch die Anforderungen und Bedingungen angegeben, die erfüllt sein müssen, damit etwas hinreichend als System bzw. als Ganzheit beschrieben werden kann. Als ein heuristisches Konzept dient eine Allgemeine Systemtheorie der Orientierung bei der Positionierung von Phänomenen (bspw. bei der Sichtung des empirischen Materials) und der bewertenden Einordnung von Erkenntnissen im Systemganzen (bspw. bei der Integration der verschiedenen disziplinären Perspektiven).

Mit der Allgemeinen Systemtheorie ist von Bertalanffy ein Weg hin zu einem „ganzheitlicheren“ Ansatz (Wimsatt 2007) beschritten worden. Dies darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass es sich auch hier immer noch um eine Reduktion der Komplexität von Welt handelt, daher prinzipiell fehlerbehaftet ist und den Ansprüchen situativ gebundenen Handelns nur bedingt entspricht (Schmitz 2005). Betrachtet man die Allgemeine Systemtheorie in ihrer heuristischen Funktion, dann muss berücksichtigt werden, dass Heuristiken zu prinzipiellen, systematischen Fehlern führen können. Dies wurde bereits differenziert bei William Wimsatt für das reduktionistische Forschungsprogramm beschrieben (Wimsatt 2007, 347ff.), steht für einen ganzheitlichen Ansatz jedoch noch aus. Schließlich ist mit dem Stand der Systemtheorie bei Bertalanffy natürlich noch keine endgültige und problemfreie theoretische Matrix eines wissenschaftlich fundierten, ganzheitlichen Forschungsprogramms gegeben (vgl. die Kritik im Kapitel IV.3).

Systemtheoretische Ansätze haben – besonders in den Lebens- und Sozialwissenschaften – nie ihre Relevanz vollständig eingebüßt. Gegenwärtig zeigt sich gar ein verstärktes Interesse bspw. in der Biologie als Systembiologie. Doch dieser erneute Boom sollte auch dahingehend kritisch beurteilt werden, inwiefern die Intentionen und Prinzipien der älteren Systemtheorie wirklich (kritisch) übernommen und angewandt oder nur *pro forma* benutzt werden. Es ist oft festzustellen, dass einzelne, besonders ausgewählte systemtheoretische Prinzipien zu Gunsten anderer entfaltet werden. So spielen beispielsweise in der Systembiologie die mathematischen (relationalen) und weniger die reduktionismuskritischen (ganzheitlichen) Aspekte der Systemtheorie eine Rolle. Auch fehlt es – sehen wir von Ausnahmen wie Günter Ropohl (2012) ab – an einer kritischen Aufarbeitung und Aufnahme allgemeiner systemtheoretischer Aspekte und damit an disziplinübergreifenden, integrativen Konzeptionen. Gegenwärtige Systemtheorien sind vor allem disziplinäre Theorien.

Die Intentionen der klassischen Allgemeinen Systemtheorie – so meine Auffassung – können sich jedoch nur im interdisziplinären Kontext und im Zusammen der Prinzipien bewähren und weitergeführt werden. Eine umfassende kritische Einschätzung der Relevanz eines systemtheoretischen Imperativs als einer ganzheitlichen und wissenschaftlich fundierten Alternative oder Ergänzung zu der allgegenwärtigen reduktionistischen Wissenschaftspraxis steht noch am Anfang. Sicher ist: Sie wird den Arbeiten von Ludwig von Bertalanffy einen zentralen Stellenwert einräumen müssen.

Literaturverzeichnis

- Ackoff, Russell Lincoln; Arnoff, E. Leonard; Churchman, Charles West (1957). *Introduction to Operations Research*. New York: John Wiley & Sons.
- Ackoff, Russell Lincoln (1960). Systems, Organizations, and Interdisciplinary Research. In: Bertalanffy, L. & Rapoport, A. (eds.). *General Systems. Yearbook of the Society for General Systems Research*. Volume V. Ann Arbor: Society for General Systems Research. 1-8.
- Ackoff, Russell Lincoln (2004). *Transforming the Systems Movement*. [PDF-Datei] URL: <http://www.acasa.upenn.edu/RLAConfPaper.pdf>. Letzter Abruf am 13.03.2014.
- Aristoteles. *Peri psychês*. Deutsche Ausgabe: *Über die Seele*. Hrsg. von Horst Seidl. Hamburg: Meiner 1995.
- Aristoteles. *Peri zôôn kinêseôs*. Deutsche Ausgabe: *Über die Bewegung der Lebewesen*. Übersetzt und erläutert von J. Kollesch. In: H. Flashar (Hrsg.). *Aristoteles. Werke in deutscher Übersetzung*. Bd. 17. Berlin: Akademie Verlag 1985.
- Aristoteles. *Analytika protera*. Deutsche Ausgabe: *Lehre vom Schluss oder Erste Analytik (Organon III)*. Übersetzt von Eugen Rolfes. Hamburg: Meiner 1975.
- Aristoteles. *Physikês akroáseôs*. Deutsche Ausgabe: *Physik. Vorlesung über die Natur*. Hrsg. von Hans Günther Zekl. 2 Bde. Hamburg: Meiner 1986; 1988.
- Aristoteles. *Ta meta ta physika*. Deutsche Ausgabe: *Metaphysik*. Schriften zur Ersten Philosophie. Stuttgart: Reclam 1970.
- Aristoteles. *Téchnê rhetoriké*. Deutsche Ausgabe: *Rhetorik*. Übersetzt und hrsg. von Gernot Krapinger. Stuttgart: Reclam 1999.
- Aristoteles. *Topoi*. Deutsche Ausgabe: *Topik (Organon V)*. Übersetzt von Eugen Rolfes. Hamburg: Meiner 1975.
- Aromatari, Giuseppe degli (1625). ... epistola de generatione plantarum exseminibus, qua detegitur in vocatis seminibus plantas continerivere confirmatas, ut dicunt, actu. Venedig. Wiederabdruck in: Junge, J. *Opuscula botanico physica*. Koburg: Georgii Ottonis Typogr. Priv. 1747.
- Ashby, William Ross (1958). General Systems Theory as a New Discipline. *General Systems* 3. 1-6.
- Ayala, Francisco José (1968). Biology as an Autonomous Science. *American Scientist* 56. 207-221.

- Bacon, Francis (1620 / 1990). *Neues Organon*. Hrsg. von Wolfgang Krohn. 2 Bde. Hamburg: Meiner.
- Bargatzky, Thomas (1986). *Einführung in die Kulturökologie. Umwelt, Kultur und Gesellschaft*. Berlin: Dietrich Reimer Verlag.
- Bartha, Paul (2013). Analogy and Analogical Reasoning. Edward N. Zalta (ed.): *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2013 Edition). URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2013/entries/reasoning-analogy/>.
- Bavink, Bernhard (1928). *Die Hauptfragen der heutigen Naturphilosophie*. Bd. II. Berlin: Verlag Otto Salle.
- Bechtel, William (2006). *Discovering Cell Mechanisms: The Creation of Modern Cell Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bechtel, William (2007). Biological Mechanisms: Organized to Maintain Autonomy. In: Boogerd, Fred C. & Bruggeman, Frank J. (eds.): *Systems Biology. Philosophical Foundations*. Amsterdam, Boston, New York, London: Elsevier. 269-302.
- Bechtel, William & Mundale, Jennifer (1999). Multiple Realizability Revisited: Linking Cognitive and Neural States. *Philosophy of Science* 66(2). 175-207.
- Bechtel, William & Richardson, Robert Coleman (2010). *Discovering Complexity. Decomposition and Localization as Strategies in Scientific Research*. Cambridge, London: MIT Press.
- Bechtel, William & Hamilton, Andrew (2002). Reduction, Integration, and the Unity of Science: Natural, Behavioral, and Social Sciences and the Humanities. In: Kuipers, T. (ed.). *General Philosophy of Science: Focal Issues. Handbook of the Philosophy of Science*. vol. 1. New York: Elsevier. 377-430.
- Beckermann, Ansgar (2008). *Analytische Einführung in die Philosophie des Geistes*. Berlin: de Gruyter.
- Beckner, Morton (1968). *The Biological Way of Thought*. Oakland: University of California Press.
- Beckner, Morton (1967). Biology. In: *Encyclopedia of Philosophy*. Ed. by Paul Edwards. London: MacMillan Publishing CO., Inc. & The Free Press.
- Bendmann, Arno (1967). *L. von Bertalanffys organismische Auffassung des Lebens in ihren philosophischen Konsequenzen*. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.
- Bergmann, Matthias; Jahn, Thomas; Knobloch, Tobias; Krohn, Wolfgang; Pohl, Christian; Schramm, Engelbert (2010). *Methoden transdisziplinärer Forschung. Ein Überblick mit Anwendungsbeispielen*. Frankfurt/Main, New York: Campus Verlag.
- Bernard, Claude (1855/1856). *Leçons de physiologie expérimentale appliquée à la médecine, faites au collège de France*. Paris : J.-B. Baillièere et fils.
- Bernard, Claude (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Éditions Garnier-Flammarion (dt. Ausg.: Einführung in das Studium der experimentellen Medizin. Leipzig: Johann Ambrosius Barth. Sudhoffs Klassiker der Medizin 35. 1961).

- Bertalanffy, Ludwig von (1926). Zur Theorie der organischen Gestalt. *Roux's Archiv* 108. 413-416.
- Bertalanffy, Ludwig von (1928). *Kritische Theorie der Formbildung*. Berlin: Borntraeger.
- Bertalanffy, Ludwig von (1928a). *Nikolaus von Kues*. München: Georg Müller.
- Bertalanffy, Ludwig von (1932). *Theoretische Biologie*. 2 Bände. Berlin: Borntraeger.
- Bertalanffy, Ludwig von (1937). *Das Gefüge des Lebens*. Leipzig, Berlin: Teubner.
- Bertalanffy, Ludwig von (1940). Der Organismus als physikalisches System betrachtet. *Naturwissenschaften* 28. 521-531.
- Bertalanffy, Ludwig von (1948). Das organische Wachstum und seine Gesetzmäßigkeiten. *Experientia* 4. 255-269.
- Bertalanffy, Ludwig von (1949). Zu einer allgemeinen Systemlehre. *Biologia Generalis* 19. 114-129.
- Bertalanffy, Ludwig von (1950a). The Theory of Open Systems in Physics and Biology. *Science* 111. 23-29.
- Bertalanffy, Ludwig von (1950b). An Outline of General System Theory. *British Journal of Philosophy of Science* 1. 134-165.
- Bertalanffy, Ludwig von (1956). General System Theory. *General Systems* I. 1-10.
- Bertalanffy, Ludwig von (1960). *Neue Wege biologisch-medizinischen Denkens. Festvortrag anlässlich des 25. Fortbildungskurses für Ärzte in Regensburg*. Regensburg: Regensburger Kollegium f. Ärztliche Fortbildung.
- Bertalanffy, Ludwig von (1965). Zur Geschichte theoretischer Modelle in der Biologie. *Studium Generale* 18. 290-298.
- Bertalanffy, Ludwig von (1968). *Organismic Psychology and Systems Theory*. Barre, Mass.: Clark University Press.
- Bertalanffy, Ludwig von (1969a). *General System Theory. Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Bertalanffy, Ludwig von (1969b). Das Modell des offenen Systems. *Nova Acta Leopoldina* 33. 73-87.
- Bertalanffy, Ludwig von (1970). ... *aber vom Menschen wissen wir nichts. Robots, Men and Minds*. Düsseldorf, Wien: Econ Verlag.
- Bertalanffy, Ludwig von (1971). Preface to the British Edition. In: Bertalanffy, Ludwig von. *General System Theory. Foundations, Development, Applications*. London: Penguin University Books.
- Bertalanffy, Ludwig von (1972). The Works of Ludwig von Bertalanffy. *General Systems* XVII. 221-228.
- Bertalanffy, Ludwig von (1981). *A Systems View of Man*. Ed. by Paul A. LaViolette. Boulder/Colorado: Westview Press.
- Boden, Margaret A. (1999). What is Interdisciplinarity? In: Cunningham, R. (ed). *Interdisciplinarity and the Organization of Knowledge in Europe*. Luxembourg: Office of Official Publications of the European Communities. 13-24.

- Bogdanow, Alexander Alexandrowitsch (1926, 1928). *Allgemeine Organisationslehre (Tektologie)*. 2 Bde. (Band 1: 1926, Band 2: 1928). Berlin: Organisation Verlagsgesellschaft m.b.H.
- Boulding, Kenneth (1956). General Systems Theory: The Skeleton of a Science. *Management Science* 2(3). 197-208.
- Boulding, Kenneth (1962). *Conflict and defense*. New York: Harper.
- Boulding, Kenneth (1987). General Systems Theory: In: Eatwell, John; Milgate, Murray; Newman, Peter (eds.). *The New Palgrave Dictionary of Economics*. Vol. 2. London: Macmillan [*The New Palgrave Dictionary of Economics Online*. Palgrave Macmillan. URL: http://www.dictionaryofeconomics.com/article?id=pde1987_X000920> doi:10.1057/9780230226203.2629. Letzter Abruf am 04.03.2015].
- Boyer, Pascal (1990). *Tradition as Truth and Communication. A Cognitive Description of Traditional Discourse*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brauckmann, Sabine (2000). *Eine Theorie für Lebendes? Die Synthetische Antwort Ludwig von Bertalanffys*. Frankfurt/Main: Hänsel-Hohenhausen [Deutsche Hochschulschriften 2682].
- Brigandt, Ingo & Love, Alan (2008). Reduction in Biology. In: Zalta, Edward N. (ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2012 Edition). URL: <http://plato.stanford.edu/entries/reduction-biology/>.
- Broad, Charlie Dunbar (1925). *The Mind and its Place in Nature*. London: Kegan Paul.
- Bunge, Gustav von (1894). *Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie*. In *Fünfzig Vorlesungen für Ärzte und Studierende* (1887). 3. Auflage. Leipzig: Verlag von F. C. W. Vogel.
- Campbell, Donald Thomas (1958). Common Fate, Similarity, and other Indices of the Status of Aggregates of Persons as Social Entities. *Behavioral Science* 3. 14-25.
- Campbell, Donald Thomas (1974). 'Downward causation' in Hierarchically Organised Biological Systems. In: Ayala, Francisco J. & Dobzhansky, Theodosius (eds.). *Studies in the Philosophy of Biology. Reduction and Related Problems*. Berkeley, Los Angeles: University of California Press. 179-186.
- Carnap, Rudolf (1928/1998). *Der logische Aufbau der Welt*. Hamburg: Meiner.
- Carnap, Rudolf (1931/1932). Die physikalische Sprache als Universalsprache der Wissenschaft. *Erkenntnis* 2. 432-465.
- Carrier, Martin (1995). Evolutionary Change and Lawlikeness: Beatty on Biological Generalizations. In: Wolters, Gereon & Lennox, James (eds.). *Concepts, Theories, and Rationality in Biological Sciences*. Pittsburgh: Konstanz: Universitätsverlag, University of Pittsburgh Press. 83-97.
- Cassirer, Ernst (1929/1997). *Philosophie der symbolischen Formen*. 3 Bde. Darmstadt: Primus Verlag 1997 (Lizenzausgabe).

- Cassirer, Ernst (1944/1996). *An Essay on Man. An Introduction to a Philosophy of Human Culture*. New Haven, London, Yale University Press. [Dt. Ausgabe: *Versuch über den Menschen. Einführung in eine Philosophie der Kultur*. Hamburg: Felix Meiner Verlag.].
- Cassirer, Ernst (1940/1965). Mathematische Mystik und mathematische Naturwissenschaft. In: Cassirer, Ernst. *Philosophie und exakte Wissenschaft. Kleine Schriften*. Frankfurt/Main: Klostermann.
- Cassirer, Ernst (2000). Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neueren Zeit. *Gesammelte Werke Bd. I - V. Hamburger Ausgabe*. Hrsgg. von Birgit Recki. Hamburg: Verlag Meiner.
- Cat, Jordi (2013). The Unity of Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2013 Edition). Edward N. Zalta (ed.). URL: <http://plato.stanford.edu/archives/sum2013/entries/scientific-unity/>.
- Craver, Carl F. & Bechtel, William (2007). Top-down Causation without Top-down Causes. *Biology and Philosophy* 22. 547-563.
- Crick, Francis (1966). *Of Molecules and Men*. Seattle: University of Washington Press.
- Darden, Lindley & Maull, Nancy (1977). Interfield Theories. *Philosophy of Science* 44(1). 43-64.
- Darwin, Charles (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray.
- Davidson, Donald (1970). Mental Events. In: Davidson, Donald. *Essays on Actions and Events*. Oxford University Press 2001. 207-224.
- Davidson, Mark (2005). *Querdenken. Leben und Werk Ludwig von Bertalanffys*. Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Dellian, Ed (1992) Neues über die Erkenntnistheorie Isaac Newtons. *Zeitschrift für Philosophische Forschung* 46(1). 89 – 100.
- Descartes, René (1637/1961). *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences*. Deutsche Fassung: *Abhandlungen über die Methode des richtigen Vernunftgebrauchs*. Stuttgart: Reclam.
- Descartes, René (1641/1986). *Meditationes de Prima Philosophia. Meditationen über die Erste Philosophie*. Lateinisch/Deutsch. Stuttgart: Reclam.
- Descartes, René (1662) *De homine*. Deutsche Ausgabe: *Über den Menschen. Beschreibung des menschlichen Körpers*. Übersetzt von Karl E. Rothschuh. Heidelberg: Verlag Lambert Schneider 1969.
- Dewey, John (1929). *The Quest for Certainty. A Study on the Relation of Knowledge and Action*. New York: Minton, Balch & Comp.
- Dilthey, Wilhelm (1911/2006). Weltanschauungslehre. Abhandlungen zur Philosophie der Philosophie. *Gesammelte Schriften*. Band 8. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Driesch, Hans (1921). *Philosophie des Organischen*. Zweite, teilweise überarbeitete Auflage. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.

- Du Bois-Reymond, Emil Heinrich (1887). Über die Lebenskraft. *Reden II*. Hg. von Estelle du-Bois-Reymond. 2. vervollständigte Auflage. Leipzig: Verlag von Veit & Comp. 1912.
- Eberlein, Gerald L. (1994). Logik der Sozialwissenschaften – 150 Jahre nach J. St. Mills System of Logic. *Protosociology* 6 (Rationality I). 229-240.
- Ehrenfels, Christian von (1890). Über Gestaltqualitäten. *Vierteljahresschrift für wissenschaftliche Philosophie* 14. 249-292.
- Einstein, Albert (1921/1991). Geometrie und Erfahrung. In: Einstein, Albert. *Mein Weltbild*. Frankfurt/Main, Berlin: Ullstein. 119-127.
- Falkenhainer, Brian; Forbus, Kenneth D.; Gentner, Dedre (1989/1990). The Structure-mapping Engine: Algorithm and Examples. *Artificial Intelligence* 41. 2-63.
- Fleck, Ludwik (1935/1980). *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Fodor, Jerry (1974). Special Sciences (Or: The Disunity of Science as a Working Hypothesis). *Synthese* 28. 97-115.
- Foerster, Heinz von (1993). *Wissen und Gewissen. Versuch einer Brücke*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Forrester, Jay Wright (1968). *Principles of Systems*. London: Productivity Press.
- Frigg, Roman & Hartmann, Stephan (2012). Models in Science. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Fall 2012 Edition), Edward N. Zalta (ed.). URL: <http://plato.stanford.edu/archives/fall2012/entries/models-science/>.
- Fuchs, Thomas (1992). *Die Mechanisierung des Herzens. Harvey und Descartes. Der vitale und der mechanische Aspekt des Kreislaufs*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Gethmann, Carl Friedrich (1995). Individualismus, methodologischer. [Stichwort]. In: Jürgen Mittelstraß (Hrsg.). *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Bd. 2. Stuttgart, Weimar: Metzler. 226.
- Giere, Ronald N. (2004). How Models Are Used to Represent Reality. *Philosophy of Science* 71 (Suppl.). S742-752.
- Giere, Ronald N. (2006a). Perspectival Pluralism. In: Stephen H. Kellert, Helen E. Longino, C. Kenneth Waters. (eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Vol. XIX. Minneapolis: University of Minnesota Press. 26-41.
- Giere, Ronald N. (2006b). *Scientific Perspectivism*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Gil, Thomas (2000). *Die Aufklärung der Wissenschaft*. Berlin: Berlin Verlag; Nomos Verlagsgesellschaft.
- Gilbert, Scott F. & Sarkar, Sahotra (2000). Embracing Complexity: Organicism for the 21st Century. *Developmental Dynamics* 219. 1-9.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1790). *Versuch die Metamorphose der Pflanzen zu erklären*. Gotha, Ettingersche Buchhandlung.

- Goethe, Johann Wolfgang von (1810). *Zur Farbenlehre*. 2 Bde. Tübingen: Cotta.
- Goethe, Johann Wolfgang von (1823). Bedeutende Fördernis durch ein einziges geistreiches Wort. *Berliner Ausgabe. Poetische Werke. Kunsttheoretische Schriften und Übersetzungen*. Hrsg. von einem Bearbeiter-Kollektiv unter Leitung von Siegfried Seidel u. a. [Band 1–16] Band 16. Berlin, Weimar: Aufbau Verlag 1960 ff. 385-389.
- Gottlieb, Gilbert (1997). *Synthesizing Nature and Nurture: Prenatal Roots of Instinctive Behavior*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gräber, Peter-Wolfgang (2007). Systemanalyse in der Wasserwirtschaft. *Systemtheorie und Modellierung*. Teil III. [Script] URL: http://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_forst_geo_und_hydrowissenschaften/fachrichtung_wasserwesen/iaa/systemanalyse/studium/folder.2009-01-29.lehre/systemanalyse/folder.2010-04-12.1173264546/www-11.pdf (Letzter Abruf am 27.11.2013).
- Grantham, Todd A. (2004). Conceptualizing the (Dis)Unity of Science. *Philosophy of Science* 71. 133-155.
- Grobstein, Clifford (1973). Hierarchical Order and Neogenesis. In: Pattee, Howard H. (Ed.). *Hierarchy Theory. The Challenge of Complex Systems*. New York: George Braziller. 29-48.
- Händle, Frank & Jensen, Stephan (Hrsg.) (1974). *Systemtheorie und Systemtechnik*. München: Nymphenburger Verlag.
- Hall, Arthur David & Fagen, Robert E. (1956). Definition of System. *General Systems I*. 18-28.
- Hempel, Carl Gustav (1951). General System Theory and the Unity of Science. *Human Biology* 23(4). 313-327.
- Hempel, Carl Gustav (1969). Reduction: Ontological and Linguistic Facts. Philosophy, Science, and Method. In: S. Morgenbesser; P. Suppes; M. White (eds.). *Philosophy, Science, and Method: Essays in Honor of Ernest Nagel*. New York: St. Martin's Press. 179-199.
- Hempel, Carl Gustav (1965). Aspects of scientific explanation. In: Hempel, Carl Gustav. *Aspects of scientific explanation and other essays in philosophy of science*. Free Press, New York. 331-496.
- Hempel, Carl Gustav & Oppenheim, Paul (1948). Studies in the Logic of Explanation. *Philosophie of Science* 15(2). 135-175.
- Hesse, Mary Brenda (1966). *Models and Analogies in Science*. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
- Hofer, Veronika (2000). Der Beginn der biologischen Systemtheorie im Kontext der Wiener Moderne. Diskurslinien und Wissenschaftsgemeinschaften als intellektueller Hintergrund für Ludwig von Bertalanffy. In: Edlinger, Karl; Feigl, Walter; Fleck, Günther (Hrsg.). *Systemtheoretische Perspektiven. Der Organismus als Ganzheit in der Sicht von Biologie, Medizin und Psychologie*. Frankfurt/Main et al.: Peter Lang. Europäischer Verlag der Wissenschaften. 137-158.

- Hofkirchner, Wolfgang & Schafranek, Matthias (2011). General System Theory. In: Hooker, Cliff (Ed.). *Philosophy of Complex Systems. Handbook of the Philosophy of Science*. Vol. 10. Amsterdam et al.: Elsevier. 177-194.
- Hoyningen-Huene, Paul (1994). Emergenz versus Reduktion. In: Meggle, Georg & Wessels, Ulla (Gesellschaft für Analytische Philosophie) (Hrsg.). *Analyomen 1. Proceedings of the 1st conference "Perspectives in analytical philosophy"*. Berlin, New York: de Gruyter. 324-332.
- Hughes, Richard Ieuan Garth (1997). Models and Representation. *Philosophy of Science* 64. S325-336.
- Hull, David (1972). Reduction in Genetics – Biology or Philosophy. *Philosophy of Science* 39. 491-499.
- Hull, David (1973). Reduction in Genetics – Doing the Impossible. In: P. Suppes (ed.). *Proceedings of the IV. International Congress of Logic, Methodology and Philosophy of Science*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company. 619-635.
- Hull, David (1974). Informal Aspects of Theory Reduction. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association (PSA)*. Chicago: University of Chicago Press. 653-670.
- Hull, David (1976). Informal Aspects of Theory Reduction. In: R. S. Cohen and A. Michalos (eds.). *Boston Studies in the Philosophy of Science; PSA 1974*. Dordrecht-Holland: D. Reidel. 653-670.
- Hursh, Barbara; Haas, Paul; Moore, Michael (1983/1990). An interdisciplinary model to implement general education. *Issues in Integrative Studies* 8 [Reprinted from *Journal of Higher Education* 54(1)]. 133-150.
- Jahn, Ilse; Löther, Rolf; Senglaub, Konrad (Hrsg.) (1982). *Geschichte der Biologie. Theorien, Methoden, Institutionen, Kurzbiographien*. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag.
- Jansen, Peter-Jörg (1974). *Die Struktur systemtechnischer Arbeit. Entwurf eines qualitative Aspekte berücksichtigenden Entscheidungsprozesses*. KFK 2066. Karlsruhe: Kernforschungszentrum Karlsruhe. Institut für Angewandte Systemtechnik und Reaktorphysik. Gesellschaft für Kernforschung m.b.H..
- Jantsch, Erich (1972a). Towards Interdisciplinarity and Transdisciplinarity in Education and Innovation. In: Apostel, L.; Berger, G.; Briggs, A.; Michaud, G. (eds.). *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development. 97-121.
- Jantsch, Erich (1972b). *Technological planning and social futures*. London; New York: Associated Business Programmes.
- Jonas, Hans (1951). Comment on General System Theory. *Human Biology* 23(4). 328-335.
- Kant, Immanuel (MAN) (1786). Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaften. In: *Gesammelte Schriften*. AA 04. Berlin: Preussische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) 1900ff.

- Kant, Immanuel (KdrV) (1787). Kritik der reinen Vernunft. 2. Auflage. In: *Gesammelte Schriften*. AA 03. Berlin: Preussische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) 1900ff.
- Kant, Immanuel (KdU) (1790). Kritik der Urteilskraft. In: *Gesammelte Schriften*. AA 05. Berlin: Preussische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.) 1900ff.
- Keller, Evelyn Fox (2000). *The Century of the Gene*. Cambridge: Harvard University Press.
- Kellert, Stephen H.; Longino, Helen E.; Waters, C. Kenneth (2006). Introduction. The Pluralist Stance. In: Kellert, Stephen H.; Longino, Helen E. & Waters, C. Kenneth (eds.). *Scientific Pluralism*. Minneapolis, London: University of Minnesota Press. xii- xxiv.
- Kim, Sungsu (2002). Testing Multiple Realizability: A Discussion of Bechtel and Mundale. *Philosophy of Science* 69. 606-610.
- Kitcher, Philip (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science* 48(4). 507-531.
- Klein, Julie Thompson (1996). *Crossing Boundaries. Knowledge, Disciplinarity, and Interdisciplinarity*. Charlottesville, London: University Press of Virginia.
- Klein, Julie Thompson (2010). A Taxonomy of Interdisciplinarity. In: Frodeman, Robert; Klein, Julie Thompson; Mitcham, Carl; Holbrook, J. Britt (eds.). *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford et al.: Oxford University Press. 15-30.
- Köchly, Kristian (1997). *Ganzheit und Wissenschaft: das historische Fallbeispiel der romantischen Wissenschaft*. Würzburg: Königshausen & Neumann.
- Köhler, Wolfgang (1929). *Gestalt Psychology*. New York: Liveright.
- Köstler, Arthur & Smythies, John Raymond (Hrsg.) (1970). *Das neue Menschenbild*. Wien, München, Zürich: Molden.
- Koutroufinis, Spyridon (1996). *Selbstorganisation ohne Selbst*. Berlin: Pharus-Verlag.
- Koutroufinis, Spyridon (2007) Prozessphilosophie und Theorien des organismischen Werdens. Teil II: Jenseits von Vitalismus und Teleonomie – Whiteheads prozessuale Teleologie des Lebendigen. In: Koutroufinis, Spyridon (Hrsg.). *Prozesse des Lebendigen. Zur Aktualität der Naturphilosophie A. N. Whiteheads*. Freiburg; München: Verlag Karl Alber. 112-148.
- Kues, Nikolaus von (1440/2002). De docta ignorantia. (dt.: Die belehrte Unwissenheit). *Philosophisch-theologische Werke*. Band 1. Hamburg: Meiner Verlag.
- Kuhn, Thomas S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- La Mettrie, Julien Offray de (1748). L'Homme Machine. Französisch-Deutsche Ausgabe: *Der Mensch eine Maschine / L'homme machine*. Übers. v. Theodor Lücke. Leipzig: Reclam 1965.
- Lange, Friedrich Albert (1866). *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart*. Neudruck in 2 Bänden von 1974. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Lankester, Ray (1870). On the Use of the Term Homology in Modern Zoology, and the Distinction between Homogenetic and Homoplastic Agreements. *The Annals and Magazine of Natural History, Zoology, Botany, and Geology*. 4. Serie, Band 6. London: Taylor and Francis. 34–43.

- Laszlo, Ervin (1973). *Introduction to Systems Philosophy. Toward a New Paradigm of Contemporary Thought*. New York, Hagerstown, San Francisco, London: Harper Torchbooks.
- Laszlo, Ervin & Krippner, Stanley (1998). Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development. In: Jordan, J. Scott (ed.). *Systems Theories and A Priori Aspects of Perception*. Amsterdam: Elsevier. 47-74.
- Laubichler, Manfred Dietrich (2000). Symposium „The Organism in Philosophical Focus” - an Introduction. *Philosophy of Science* 67 (Proceedings). 256-259.
- Laubichler, Manfred Dietrich (2005). Systemtheoretische Organismuskonzeptionen. In: Krohs, Ulrich & Töpfer, Georg (Hrsg.) *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Frankfurt/Main: Suhrkamp. 109-124.
- Lauder, George V. (1982). Historical Biology and the Problem of Design. *Journal of Theoretical Biology* 97. 57-67.
- Legare, Miriam (1987). The Use of General Systems Theory as Metatheory for Developing and Evaluating Theories in the Neurosciences. *Behavioral Sciences* 32(2). 106-120.
- Lenk, Hans (1978). Wissenschaftstheorie und Systemtheorie. Zehn Thesen zu Paradigma und Wissenschaftsprogramm des Systemansatzes. In: Lenk, Hans & Ropohl, Günter (Hrsg.). *Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm*. Königstein / Ts.: Athenäum Verlag. 239-269.
- Liebig, Justus (1840). *Chemistry and its Application to Agriculture and Physiology*. London: Taylor and Walton.
- Liebig, Justus (1842). *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie*. Braunschweig: Vieweg.
- Liesenfeld, Cornelia (1993). Inter- und Transdisziplinarität: Heuristik und Begründung. *Journal of General Philosophy of Science* 24. 257-274.
- Locker, Alfred (1998). The Present Status of General System Theory, 25 Years after Ludwig von Bertalanffy's Decease. A Critical Overview. In: Lasker G.E. (Ed.): *Advances in Artificial Intelligence and Engineering Cybernetics* Vol. IV. Windsor/Ontario: The International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics. 8-16.
- Locker, Alfred (2001). Angriff auf die ganzheitliche Weltauffassung. *Zeitschrift für Ganzheitsforschung*. Neue Folge 45 (Wien IV). 171-179.
- Locker, Alfred (2005). Ein Einzelner gegen und mit dem Strom. Einleitung. In: Davidson, Mark. *Querdenken. Leben und Werk Ludwig von Bertalanffys*. Hrsg. von Wolfgang Hofkirchner. Frankfurt/Main et al.: Peter Lang. 9-16.
- Löther, Rolf (1990). *Wegbereiter der Genetik: Gregor Johann Mendel und August Weismann*. Frankfurt am Main: Harri Deutsch.
- Lorenz, Kuno (2004). Heuristik. In: *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie*. Bd. 2. Hrsg. von Jürgen Mittelstraß. Stuttgart, Weimar: Metzler. 99-100.
- Lotka, Alfred James (1925/1956). *Elements of Mathematical Biology*. New York: Dover Publications. (Reprint von: *Elements of Physical Biology*. Baltimore: Williams and Wilkins 1925).

- Love, Alan C. (2006). Taking Development Seriously: Who, What, When, Where, Why, How? *Biology and Philosophy* 21. 575-589.
- Luhmann, Niklas (1984). *Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1997). *Die Gesellschaft der Gesellschaft*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Mach, Ernst (1906/2011). *Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zur Psychologie der Forschung*. Ernst Mach Studienausgabe Bd. 2. Hrsg. v. F. Stadler & E. Nemeth. Nachdruck der 2. Auflage. Berlin: Xenomoi Verlag.
- Maier, Anneliese (1938). *Die Mechanisierung des Weltbildes im 17. Jahrhundert*. Leipzig: Meiner Verlag.
- Maturana, Humberto (1987). Kognition. In: Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.). *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus*. Frankfurt/Main: Suhrkamp. 89-118.
- Mayr, Ernst (1969). Discussion: Footnotes on the Philosophy of Biology. *Philosophy of Science* 36. 197-202.
- Mayr, Ernst (1982). *The Growth of Biological Thought*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mayr, Ernst (1996). The Autonomy of Biology: The Position of Biology Among the Sciences. *The Quarterly Review of Biology* 71(1). 97-106.
- Mayr, Ernst (2000). *Das ist Biologie. Die Wissenschaft des Lebens*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Mayr, Ernst (2002). Die Autonomie der Biologie. Zweite Walther Arndt-Vorlesung. *Naturwissenschaftliche Rundschau* 55(1). 23-29.
- McLaughlin, Peter (2005). Funktion. In: Krohs, Ulrich & Toepfer, Georg (Hrsg.). *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Frankfurt / Main: Suhrkamp. 19-35.
- Mesarovic, Mihajlo & Takahara, Yasuhiki (1975). *General Systems Theory. Mathematical Foundations*. New York: Academic Press.
- Meyer, Adolf (1934). *Ideen und Ideale der biologischen Erkenntnis*. [Bios. Abhandlungen zur Theoretischen Biologie und ihrer Geschichte, sowie zur Philosophie der organischen Naturwissenschaften. Band I.]. Leipzig: Verlag J. A. Barth.
- Miller, James Grier (1978a). *Living Systems*. New Edition 1995. New York: University of Colorado.
- Miller, James Grier (1978b). *Living Systems. The Basic Concepts*. URL: www.panarchy.org/miller/livingsystems.html (Letzter Abruf am 15.11.2013).
- Miller, Raymond (1982). Varieties of Interdisciplinary Approaches in the Social Sciences. *Issues in Integrative Studies* 1. 1-37.
- Mitchell, Sandra (2008). *Komplexitäten. Warum wir erst anfangen, die Welt zu verstehen*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Mocek, Reinhard (1998). *Die werdende Form: eine Geschichte der kausalen Morphologie*. Marburg: Basilisken-Presse.

- Müller, Klaus (1996). *Allgemeine Systemtheorie. Geschichte, Methodologie und sozialwissenschaftliche Heuristik eines Wissenschaftsprogramms*. Studien zur Sozialwissenschaft Bd. 164. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Nagel, Thomas (1956). Mechanistic Explanation and Organismic Biology. In: Hook, Sidney (ed.). *American Philosophers at Work. The Philosophic Scene in the United States*. First Greenwood Reprinting 1968. New York: Greenwood Press. 106-120.
- Nagel, Thomas (1961). *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Neurath, Otto (1933). Einheitswissenschaft und Psychologie. *Einheitswissenschaft*. Heft 1. Wien: Gerold.
- Neurath, Otto (1938). Unified Science as Encyclopedic Integration. In: Neurath, Otto; Bohr, Niels; Dewey, John; Russell, Bertrand; Carnap, Rudolf; Morris, Charles W. (eds.). *International Encyclopedia of Unified Science*. Vol. 1.1. Chicago: University of Chicago. 1-27.
- Newton, Isaac (1687/2014). *Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie: Philosophiae naturalis principia mathematica*. Übersetzt und herausgegeben von Ed Dellian. St. Augustin: Academia.
- Nickles, Thomas (1973). Two Concepts of Intertheoretic Reduction. *The Journal of Philosophy* 70(7). 181-201.
- Oppenheim, Paul & Putnam, Hilary (1958). The Unity of Science as a Working Hypothesis. In: Feigl, Herbert; Scriven, Michael; Maxwell, Grover (eds.). *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: Minnesota University Press. 3-36.
- Ortega y Gasset, José (1930/1956). *La rebelión de las masas*. Madrid: Revista de Occidente
Deutsche Ausgabe: *Der Aufstand der Massen*. Stuttgart: Rowohlt 1956.
- Parsons, Talcott (1937/1968). *The Structure of Social Action*. New York: The Free Press.
- Parsons, Talcott (1951/1979). *The Social System*. London: Routledge & Kegan Paul.
- PhilBio (Portal für Philosophie der Lebenswissenschaften) (2012). *Conf: Systems Biology of the Brain – Philosophical Aspects*. Munich, July 19/20/21. URL [Website]: <http://www.philbio.de/de/node/50> (Veröffentlicht am 05.07.2012; Letzter Abruf am 29.10.2014).
- Piaget, Jean (1972). The Epistemology of Interdisciplinary Relationships. In: Apostel, L.; Berger, G.; Briggs, A.; Michaud, G. (eds.). *Interdisciplinarity: Problems of Teaching and Research in Universities*. Paris: Organization for Economic Cooperation and Development. 127-139.
- Pittendrigh, Colin (1958). Adaptation, Natural Selection and Behavior. In: Roe, Anne & Simpson, George Gaylord (Hrsg.). *Behavior and Evolution*. New Haven: Yale University Press. 390-416.
- Platon. Phaidros. In: Platon. *Sämtliche Werke Band VI. Phaidros, Theaitetos*. Griechisch und Deutsch. Nach der Übersetzung von Friedrich Schleiermacher, hrsg. von Karlheinz Hülsler. Frankfurt/Main; Leipzig: Insel Verlag 1991.

- Popper, Karl (1945). *The Open Society and its Enemies*. 2 vol. London: Routledge.
- Popper, Karl (1963). *Conjectures and Refutations. The Growth of Scientific Knowledge*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Poundstone, William (1992). *Prisoner's Dilemma*. New York: Doubleday.
- Pouvreau, David & Drack, Manfred (2007). On the History of Ludwig von Bertalanffy's "General Systemology", and on its Relationship to Cybernetics. Part I: Elements on the Origins and Genesis of Ludwig von Bertalanffy's "General Systemology". *International Journal of General Systems* 36(3). 281-337.
- Price, George R. (1970). Selection and Covariance. *Nature* 227. 520-521.
- Prigogine, Ilya (1955). *Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes*. Springfield: Charles C. Thomas Publishers.
- Prigogine, Ilya (1992). *Vom Sein zum Werden*. München, Zürich: Piper.
- Putnam, Hilary (1967). Psychological Predicates. In: Captain, W. H. (ed.). *Art, Mind, and Religion*. Pittsburgh: Pittsburgh University Press. 37-48.
- Rapoport, Anatol (1960). *Fights, Games, and Debates*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Rapoport, Anatol (1968). General Systems Theory. In: Sills, David L. & Merton, Robert K. (eds.). *International Encyclopedia of the Social Sciences* 15. New York: Macmillan Publ. 452-458.
- Rapoport, Anatol (1970). Modern Systems Theory: An Outlook for Coping with Change. *General Systems* 15. 15-25.
- Rapoport, Anatol (1971). Three- and Four-Person Games. *Comparative Group Studies* 2(2). 191-226.
- Rapoport, Anatol (1974). *Conflict in Man-made Environment*. Harmondsworth: Penguin.
- Rapoport, Anatol (1976). General Systems Theory: A Bridge Between Two Cultures. Third Annual Ludwig von Bertalanffy Memorial Lecture. *Behavioral Science* 21(4). 228-239.
- Rapoport, Anatol (1987). Der ‚Systemic Approach‘ - eine pragmatische Bewegung. In: Stachowiak, Herbert (Hrsg.). *Pragmatik. Handbuch pragmatischen Denkens. Band II. Der Aufstieg pragmatischen Denkens im 19. und 20. Jahrhundert*. Hamburg: Felix Meiner Verlag. 359-390.
- Rapoport, Anatol (1988). *Allgemeine Systemtheorie. Wesentliche Begriffe und Anwendungen*. Darmstadt: Darmstädter Blätter.
- Rapoport, Anatol & Horvath, William J. (1959). Thoughts on Organization Theory and a Review of Two Conferences. *General Systems* 4. 87-93.
- Reichenbach, Hans (1938/1966). *Experience and Prediction. An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Richardson, Robert C. (2000). The Organism in Development. *Philosophy of Science* 67 (Proceedings). 312-321.

- Rickert, Heinrich (1926). *Kulturwissenschaft und Naturwissenschaft*. Tübingen: J. C. B. Mohr.
- Rickert, Heinrich (1913). Vom System der Werte. *Logos* 4. 295-327.
- Riedel, Erwin (1990). *Allgemeine und Anorganische Chemie. Ein Lehrbuch für Studenten mit Nebenfach Chemie*. Berlin, New York: de Gruyter.
- Riedl, Rupert (1975). *Die Ordnung des Lebendigen. Systembedingungen der Evolution*. Berlin: Parey.
- Riedl, Rupert (1980). *Biologie der Erkenntnis. Die stammesgeschichtlichen Grundlagen der Vernunft*. Berlin: Parey.
- Ritter, William Emerson (1919). *The Unity of the Organism, or the Organismal Conception of Life*. Boston, MA: Gorham Press.
- Robert, Jason S. (2004). *Embryology, Epigenesis, and Evolution: Taking Development Seriously*. New York: Cambridge University Press.
- Rogers, Everett M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: Free Press.
- Ropohl, Günter (1974). Systemtechnik als umfassende Anwendung kybernetischen Denkens in der Technik. In: Händle, Frank & Jensen, Stefan (Hrsg.). *Systemtheorie und Systemtechnik. Sechzehn Aufsätze*. München: Nymphenburger Verlagshandlung. 191-214.
- Ropohl, Günter (1978). Einführung in die allgemeine Systemtheorie. In: Lenk, Hans & Ropohl, Günter (Hrsg.). *Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm*. Königstein / Ts.: Athenäum Verlag. 9-49.
- Ropohl, Günter (1996). *Ethik und Technikbewertung*. Frankfurt/Main: Suhrkamp.
- Ropohl, Günter (1999). *Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik*. 2. Auflage. Leipzig: Fachbuchverlag.
- Ropohl, Günter (2012). *Allgemeine Systemtheorie. Einführung in transdisziplinäres Denken*. Berlin: Edition Sigma.
- Roux, Wilhelm (1895). Über Entwicklungsmechanik des Embryo. *Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen*. Zweiter Band. Abhandlung XIII – XXXIII. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann.
- Roux, Wilhelm (1915). Die Selbstregulation, ein charakteristisches und nicht notwendig vitalistisches Vermögen aller Lebewesen. *Nova Acta. Abhandlungen der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Deutschen Akademie der Naturforscher* 100(2). 1-91.
- Sahlins, Marshall D. & Service, Elman R. (eds.) (1960). *Evolution and Culture*. Ann Arbor: University of Michigan Press.
- Salmon, Wesley C. (1998). *Causality and Explanation*. Oxford et al.: Oxford University Press.
- Salthe, Stanley N. (2009). *A Hierarchical Framework for Levels of Reality: Understanding through Representation*. URL: <http://springerlink.com/content/v003j12026534775/fulltext.html> (Letzter Abruf am 11.02.2009).

- Sarewitz, Daniel (2010). Against Holism. In: Frodeman, Robert; Klein, Julie Thompson; Mitcham, Carl; Holbrook, J. Britt (eds.). *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity*. Oxford et al.: Oxford University Press. 65-75.
- Sarkar, Sahotra (1992). Models of Reduction and Categories of Reductionism. *Synthese* 91(3). 167-194.
- Schaffner, Kenneth F. (1967). Approaches to Reduction. *Philosophy of Science* 34. 137-147.
- Schaffner, Kenneth F. (1977). Reduction, Reductionism, Values and Progress in the Biomedical Sciences. In: Colodny, R. (ed.). *Logic, Laws and Life. University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science*. Vol. 6. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press. 143-171.
- Schaffner, Kenneth F. (1993). *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*. Chicago, London: University of Chicago Press.
- Schieren, Jost (1998). *Anschauende Urteilskraft. Methodische und philosophische Grundlagen von Goethes naturwissenschaftlichem Erkennen*. Düsseldorf, Bonn: Parerga-Verlag.
- Schmitz, Hermann (2005). *Situationen und Konstellationen. Wider die Ideologie totaler Vernetzung*. Reihe Neue Phänomenologie. Hrsgg. von der Gesellschaft für Neue Phänomenologie. Freiburg, München: Verlag Karl Alber.
- Schnädelbach, Herbert (2002). *Erkenntnistheorie zur Einführung*. Hamburg: Junius Verlag.
- Schrödinger, Erwin (1951). *Was ist Leben? – Die lebende Zelle mit den Augen des Physikers betrachtet*. München: Leo Lehnen Verlag.
- Schweitzer, Bertold (2010). „Vom Fehler im Gegenstand zur Theorie über den Gegenstand“: Wissenschaftstheorie und interdisziplinäres Arbeiten. In: Jungert, Michael; Romfeld, Elsa; Sukopp, Thomas; Voigt, Uwe (Hrsg.). *Interdisziplinarität. Theorie, Praxis, Probleme*. Darmstadt: WBG. 109-127.
- Shannon, Claude Elwood & Weaver, Warren (1949). *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana Ill.: University of Illinois Press.
- Simon, Herbert Alexander (1957). *Models of Man*. New York: Wiley.
- Simon, Herbert Alexander (1962). The Architecture of Complexity. *Proceedings of the American Philosophical Society* 106(6). 467-482.
- Simon, Herbert Alexander (1973). The Organization of Complex Systems. In: Pattee, Howard H. (Ed.). *Hierarchy Theory. The Challenge of Complex Systems*. New York: George Braziller. 1-28.
- Smuts, Jan Christiaan (1926). *Holism and Evolution*. London: Macmillan.
- Sorokin, Pitirim (1947). *Society, Culture, and Personality. Their Structure and Dynamics. A System of General Sociology*. New York & London: Harper & Brothers Publishers.
- Spemann, Hans (1924). Über Organisatoren in der tierischen Entwicklung. *Die Naturwissenschaften* 48. 1092-1094.
- Spengler, Oswald (1923/1997). *Der Untergang des Abendlandes. Umriss einer Morphologie der Weltgeschichte*. 2 Bde. München: C. H. Beck.
- Stachowiak, Herbert (1973). *Allgemeine Modelltheorie*. Wien, New York: Springer.

- Stotz, Karola (2005). Organismen als Entwicklungssysteme. In: Krohs, Ulrich & Töpfer, Georg (Hrsg.) *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Frankfurt/Main: Suhrkamp. 125-143.
- Suppes, Patrick (1978/1981). The Plurality of Science. In: Asquith, Peter & Hacking, Ian (eds.). *PSA 1978: Proceedings of the 1978 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. Vol. 2. East Lansing/MI: University of Chicago Press. 3-16.
- Suttles, Wayne (1968). Coping with Abundance: Subsistence on the Northwest Coast. In: Lee, Richard B.; DeVore, Irven (eds.). *Man the Hunter*. Chicago: Aldine. 56-68.
- Tembrock, Günter (1998). Humanwissenschaften im Spektrum von Forschung und Bildung. *Zeitschrift für Humanontogenetik* 1(1). 5-16.
- Thiel, Christian (1995). *Philosophie und Mathematik. Eine Einführung in ihre Wechselwirkungen und in die Philosophie der Mathematik*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Thomae, Hans (1959). Entwicklungsbegriff und Entwicklungstheorie. In: Thomae, Hans (Hrsg.). *Handbuch der Psychologie. Bd. 3: Entwicklungspsychologie*. Göttingen: Verlag für Psychologie/Hogrefe. 3-20.
- Toepfer, Georg (2005). Teleologie. In: Krohs, Ulrich & Toepfer, Georg (Hrsg.). *Philosophie der Biologie. Eine Einführung*. Frankfurt / Main: Suhrkamp. 36-52.
- Toepfer, Georg (2011). *Historisches Wörterbuch der Biologie. Geschichte und Theorie der biologischen Grundbegriffe*. Stuttgart, Weimar: Metzler Verlag.
- Toulmin, Stephen (1990). *Cosmopolis. The Hidden Agenda of Modernity*. New York: Free Press.
- Tromans, Amanda (2004). Cardiovascular Biology: How Genes Know Their Place. *Nature* 432(7013). 29.
- Tversky, Amos & Kahneman, Daniel (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science. New Series* 185(4157). 1124-1131.
- Ulrich, Werner (1981). Einleitung. In: Churchman, C. West. *Der Systemansatz und seine "Feinde"*. Bern, Stuttgart: Verlag Paul Haupt. 7-37.
- Ulrich, Werner & Reynolds, Martin (2010). Critical Systems Heuristics. In: Reynolds, Martin & Holwell, Sue (eds.). *Systems Approaches to Managing Change: A Practical Guide*. London: Springer. 243-292.
- Ungerer, Emil (1922). *Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie*. Berlin: Bornträger.
- Varela, Francisco (1987). Autonomie und Autopoiesis. In: Schmidt, Siegfried J. (Hrsg.). *Der Diskurs des radikalen Konstruktivismus*. Frankfurt/Main: Suhrkamp. 119-132.
- Voigt, Annette (2001). Ludwig von Bertalanffy: Die Verwissenschaftlichung des Holismus in der Systemtheorie. *Verhandlungen zur Geschichte und Theorie der Biologie*. Band 7. Berlin: VWB. 33-47.

- Vollmer, Gerhard (1975). *Evolutionäre Erkenntnistheorie*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Wagner, Andreas (2005). *Robustness and Evolvability in Living Systems*. Princeton: Princeton University Press.
- Weber, Hermann (1939). Zur Fassung und Gliederung eines allgemeinen biologischen Umweltbegriffs. *Naturwissenschaften* 27(38). 633-644.
- Weingart, Peter (1997). Interdisziplinarität – der paradoxe Diskurs. *Ethik und Sozialwissenschaften* 8(4). 521-529.
- Weismann, August (1892). *Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung*. Jena: Fischer.
- Wessel, Karl-Friedrich (1998). Humanontogenetik. Neue Überlegungen zu alten Fragen. *Zeitschrift für Humanontogenetik* 1(1). 17-40.
- Whitehead, Alfred North (1925/1984). *Science and the Modern World*. Cambridge: Macmillan. Deutsche Ausgabe: *Wissenschaft und moderne Welt*. Frankfurt/Main: Suhrkamp 1984.
- Whorf, Benjamin Lee (1963). *Sprache, Denken, Wirklichkeit. Beiträge zur Metalinguistik und Sprachphilosophie*. Hrsg. v. Peter Krauser. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag.
- Wiener, Norbert (1948). *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*. Cambridge: MIT Press.
- Wimsatt, William C. (1976). Reductive Explanation: A Functional Account. In: Cohen, R. S. & Michalos, A. (eds.). *Proceedings of the 1974 Meeting of the Philosophy of Science Association*. Dordrecht: D. Reidel. 671-710.
- Wimsatt, William C. (2006). Aggregate, Composed, and Evolved Systems: Reductionistic Heuristics as Means to More Holistic Theories. *Biology & Philosophy* 21. 667-702.
- Wimsatt, William C. (2007). *Re-engineering Philosophy for Limited Beings: Piecewise Approximations to Reality*. Cambridge: Harvard University Press.
- Windelband, Wilhelm (1904). *Geschichte und Naturwissenschaft. Rede zum Antritt des Rektorats der Kaiser-Wilhelms-Universität Strassburg, gehalten am 1. Mai 1894*. Straßburg: Heitz.
- Wolff, Caspar Friedrich (1759). *Theoria generationis*. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften. Bd. 84 und 85. Leipzig: Samassa 1896.
- Wolpert, Lewis (1994). Do We Understand Development. *Science* 266(5185). 571-572.
- Wolpert, Lewis; Beddington, Rosa; Brockes, Jeremy; Jessell, Thomas; Lawrence, Peter A.; Meyerowitz, Elliot M. (1998). *Principles of Development*. New York: Oxford University Press.
- Woodger, Joseph Henry (1948) *Biological Principles. A Critical Study*. London: Routledge & Kegan.
- Woodward, William R. & Pester, Reinhard (1996): Von der Naturphilosophie zur Wissenschaftstheorie medizinischer Disziplinen: Drei Bewertungen in der Wissenschafts-

Historiographie. In: Kleinhempel, F.; Möbius, A.; Soschinka, H.-U.; Wassermann, M. (Hrsg.): *Die Biopsychosoziale Einheit Mensch – Begegnungen. Festschrift für Karl-Friedrich Wessel*. Bielefeld: Kleine Verlag. 618-624.

Yashiro, Kenta; Shiratori, Hidetaka; Hamada, Hiroshi (2007). Haemodynamics Determined by a Genetic Programme Govern Asymmetric Development of Aortic Arch. *Nature* 450(7167). 285-288.

Berliner Studien zur Wissenschaftsphilosophie und Humanontogenetik

Band 1

Wessel, Karl-Friedrich & Bosinski, Hartmut A. G. (Hrsg.). 1992.
Interdisziplinäre Aspekte der Geschlechterverhältnisse in einer sich wandelnden Zeit.
Kleine Verlag, Bielefeld: 314 S.

Band 2

Wessel, Karl-Friedrich (Hrsg.). 1992.
*Technik und Menschenbild im Spiegel der Zukunft:
Wissenschafts- und Technikentwicklung – Fragen unserer Zeit.*
Kleine Verlag, Bielefeld: 141 S.

Band 3

Wessel, Karl-Friedrich (Hrsg.)
unter Mitarbeit von Förster, Wolfgang & Jacobi, Rainer-M. E. 1994.
*Herkunft, Krise und Wandlung der modernen Medizin.
Kulturgeschichtliche, wissenschaftsphilosophische und anthropologische Aspekte.*
Kleine Verlag, Bielefeld: 518S.

Band 4

Wessel, Karl-Friedrich, Naumann, Frank & Lehmann, Monika (Hrsg.). 1993.
Migration.
Kleine Verlag, Bielefeld: 258 S.

Band 5

Wessel, Karl-Friedrich, Ebert, Wilhelm, Eggers, Gerd & Lost, Christine (Hrsg.). 1994.
Lebensbildung in Europa zwischen Utopie und Wirklichkeit.
Kleine Verlag, Bielefeld: 506 S.

Band 6

Wessel, Karl-Friedrich & Naumann, Frank (Hrsg.). 1994.
Kommunikation und Humanontogenese.
Kleine Verlag, Bielefeld: 591 S.

Band 7

Wessel, Karl-Friedrich & Naumann, Frank (Hrsg.). 1994.
*Verhalten, Informationswechsel und organismische Evolution –
Zu Person und Wirken Günter Tembrocks.*
Kleine Verlag, Bielefeld: 280 S.

Band 8

Wessel, Karl-Friedrich, Mortag, Michael, Ebert, Wilhelm & Eckinger, Ludwig (Hrsg.). 1996.

Bildungstheoretische Herausforderungen.

Beiträge der Interdisziplinären Sommerschulen 1990 bis 1993.

Kleine Verlag, Bielefeld: 406 S.

Band 9

Wessel, Karl-Friedrich & Möws, Gerd-Otto (Hrsg.). 1996.

Wie krank darf der Gesunde sein?

Zum Menschenbild von Psychologie und Medizin. Eine interdisziplinäre Begegnung.

Kleine Verlag, Bielefeld: 226 S.

Band 10

Kleinhempel, Friedrich, Möbius, Anette, Soschinka, Hans-Ulrich & Waßermann, Michael (Hrsg.). 1996.

Die Biopsychosoziale Einheit Mensch – Begegnungen.

Festschrift für Karl-Friedrich Wessel.

Kleine Verlag, Bielefeld: 665 S.

Band 11

Paul, Siegfried. 1997.

Die Moskauer mathematische Schule um N. N. Lusin.

Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte, Arbeitsprinzipien, Zerfall.

Unter besonderer Berücksichtigung der Kampagne gegen Lusin im Sommer 1936.

Kleine Verlag, Bielefeld: 238 S.

Band 12

Schmidt, Hans-Dieter. 1997.

Texte zwischen Ja und Nein.

Selbstbefragung eines DDR-Psychologen.

Kleine Verlag, Bielefeld: 142 S.

Band 13

Heise, Hildegard. 1997.

Die Urbeweglichkeit des Menschen.

Wo sich Gesellschaftstheorie, Gehirnforschung und Geschlechtertheorie berühren.

Kleine Verlag, Bielefeld: 188 S.

Band 14

Rothgänger, Hartmut. 1999.

Bioakustik des Menschen.

Eine Gesamtdarstellung der nonverbalen und verbalen Kommunikation.

Kleine Verlag, Bielefeld: 264 S.

Band 15

Umstätter, Walther & Wessel, Karl-Friedrich (Hrsg.) 1999.

Interdisziplinarität – Herausforderung an die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Festschrift zum 60. Geburtstag von Heinrich Parthey.

Kleine Verlag, Bielefeld: 286 S.

Band 16

Dörner, Günter, Hüllemann, Klaus-D., Tembrock, Günter, Wessel, Karl-Friedrich & Zänker, Kurt S. (Hrsg.) 1999.

Menschenbilder in der Medizin – Medizin in den Menschenbildern.

Kleine Verlag, Bielefeld: 910S.

Band 17

Wessel, Karl-Friedrich, Schulz, Jörg & Hackethal, Sabine (Hrsg.) 2000.

Ein Leben für die Biologie(geschichte).

Festschrift zum 75. Geburtstag von Ilse Jahn.

Kleine Verlag, Bielefeld: 236S.

Band 18

Schulz, Jörg. 2000.

Aldous Huxley und die menschliche Vielfalt.

Der Homo sapiens in der Literatur eines Naturwissenschaftsbegeisterten.

Kleine Verlag, Bielefeld: 158 S.

Band 19

Wessel, Karl-Friedrich, Zänker, Kurt S., Dörner, Günter, Tembrock, Günter & Vogel, Friedrich (Hrsg.). 2001.

Genom und Umwelt.

Kleine Verlag, Bielefeld: 158 S.

Band 20

Heise, Hildegard. 2002.

Umkehren und wie ein Kind werden.

Die aktuelle Bedeutung der Neotenie der Menschheit.

Kleine Verlag, Bielefeld: 240 S.

Band 21

Scupin, Olaf. 2003.

Pflegebedürftig – Herausforderung oder das „Ende“ des Lebens?

Der Entwurf einer subjektiven Theorie der Pflegebedürftigkeit.

Kleine Verlag, Bielefeld: 208 S.

Band 22

Wessel, Karl-Friedrich, Scupin, Olaf, Bekel, Gerd & Diesner, Thomas (Hrsg.). 2007.

Selbstsorge.

Wissenschaftstheoretische und gesundheitspolitische Dimensionen.

Kleine Verlag, Bielefeld: 138 S.

Band 23

Wessel, Karl-Friedrich (Hrsg.). 2007.

Die Zukunft der Bildung und die Bildung für die Zukunft.

Festschrift zum 70. Geburtstag von Dieter Kirchhöfer.

Kleine Verlag, Bielefeld: 130 S.

Band 24

Wessel, Karl-Friedrich, Scupin, Olaf, Diesner, Thomas, Schulz, Jörg & Bekel, Gerd (Hrsg.). 2009.

Die Ordnung der Pflegewelt.

Kleine Verlag, München: 366 S.

Band 25

Wessel, Andreas (Hrsg.). 2008.

„Ohne Bekenntnis keine Erkenntnis“.

Günter Tembrock zu Ehren.

Kleine Verlag, Bielefeld: 159 S.

Band 26

Jahn, Ilse & Wessel, Andreas (Hrsg./Eds.). 2010.
Für eine Philosophie der Biologie / For a Philosophy of Biology.
Festschrift to the 75th Birthday of Rolf Löther.
Kleine Verlag, USP Publishing, München: 272 S.

Band 27

Wessel, Karl-Friedrich, Scupin, Olaf, Diesner, Thomas & Schulz, Jörg (Hrsg.). 2011.
Die Dynamik der Pflegewelt.
Beiträge der 5. Berliner Pflgetagung vom 3. und 4. September 2010.
Kleine Verlag, USP Publishing, Grünwald: 159 S.

Band 28

Wessel, Karl-Friedrich & Diesner, Thomas (Hrsg.). 2011.
Bildungs herausforderung Alter.
Möglichkeiten und Ressourcen eines bildungsstrategischen Ansatzes.
Kleine Verlag, USP Publishing, Grünwald: 114 S.

Band 29

Wessel, Karl-Friedrich, Laitko, Hubert & Diesner, Thomas (Hrsg.) 2012.
Hermann Ley – Denker einer offenen Welt.
Kleine Verlag, USP Publishing, Grünwald: 542 S.

Band 30

Wessel, Karl-Friedrich & Wessel, Andreas (Hrsg.). 2013.
Persönlichkeit und Verantwortung in Wissenschaft, Medizin und Technik.
Robert Ketting zum Gedenken.
Kleine Verlag, USP Publishing, Grünwald: 384 S.

Ab 2015 im Logos Verlag:

Band 31

Diesner, Thomas 2015.
Die Allgemeine Systemtheorie bei Ludwig von Bertalanffy.
Eine Begründung interdisziplinärer Wissenschaftspraxis.
Logos Verlag, Berlin: 208 S.

in Vorbereitung:

Band 32

Wessel, Karl-Friedrich, Herrmann, Dieter B. & Wessel, Andreas (Hrsg.).
Friedrich Herneck – Ein Leben in Suche nach Wahrheit.

Band 33

Diesner, Thomas, Ketting, Michael, Scupin, Olaf & Wessel, Andreas (Hrsg.).
Humanontogenetik – Interdisziplinäre Theorie und Brücke in die Praxis.

Ebenfalls erschienen im Logos Verlag:

Wessel, Karl-Friedrich 2015.

Der ganze Mensch.

Eine Einführung in die Humanontogenetik oder

Die biopsychosoziale Einheit Mensch von der Konzeption bis zum Tode.

710 Seiten, 59 €

Die Wissenschaftsauffassung von Bertalanffy erwächst aus der Kontroverse zwischen mechanistischen und vitalistischen Positionen in der Biologie. Der reduktionistischen Position steht ein metaphysischer Ganzheitsansatz gegenüber. Bertalanffy, sowohl fasziniert von den Verfahren objektiver Wissenschaft als auch überzeugt von der Notwendigkeit eines ganzheitlichen Ansatzes in den Lebenswissenschaften, entfaltet ein eigenes Verständnis von Ganzheitlichkeit auf einer wissenschaftlichen Grundlage: Ganzheit meint nun Organisation.

Die Intentionen der klassischen Allgemeinen Systemtheorie können sich jedoch nur im interdisziplinären Kontext und im Zusammen der Prinzipien bewähren und weitergeführt werden. Eine umfassende kritische Einschätzung der Relevanz eines systemtheoretischen Imperativs als einer ganzheitlichen und wissenschaftlich fundierten Alternative oder Ergänzung zu der allgegenwärtigen reduktionistischen Wissenschaftspraxis steht noch am Anfang. Sicher ist: Sie wird den Arbeiten von Ludwig von Bertalanffy einen zentralen Stellenwert einräumen müssen.

Thomas Diesner, geb. 1970 in Dresden, studierte Philosophie an der Humboldt-Universität zu Berlin und Ethnologie an der Freien Universität Berlin. Seit 2007 ist er Geschäftsführer der Gesellschaft für Humanontogenetik, seit 2010 selbständiger Projektmanager für interkulturelle und interdisziplinäre Projekte.

Logos Verlag Berlin

ISSN 2365-5089

ISBN 978-3-8325-4103-3

