



Schwalbe | Lutz-Bachmann [Hrsg.]

Komplexität – System – Evolution

Eine transdisziplinäre Forschungsperspektive

VERLAG KARL ALBER



Harald Schwalbe und
Matthias Lutz-Bachmann (Hrsg.)
Komplexität – System – Evolution

VERLAG KARL ALBER 

Harald Schwalbe
Matthias Lutz-Bachmann
(Hrsg.)

Komplexität – System – Evolution

Eine transdisziplinäre
Forschungsperspektive

Herausgegeben unter der Mitarbeit von
Thomas M. Schimmer

Verlag Karl Alber Baden-Baden

Harald Schwalbe and Matthias Lutz-Bachmann (Eds.)

Complexity – System – Evolution A Transdisciplinary Research Perspective

Complexity challenges science and society. In their different approaches to research, sciences address systems and processes that are not yet adequately (or sufficiently) recognized if we reduce them to their individual components and disregard their interaction. The course of many processes is neither predictable nor can they be reliably controlled. In shape of Globalisation, digitalisation and an increasing interdependence of different social and political systems, society is also facing an increase in complexity. Starting from an integrative definition of complex systems, the volume brings together different perspectives from the life sciences, the humanities and the nature sciences, in order to gain a better understanding of complexity, also as a basis for dealing with it.

The Editors:

Harald Schwalbe (Prof. Dr.) is Professor of Structural Chemistry and Biology at Goethe University Frankfurt. His research focuses on the development and application of nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) to study biomacromolecules (including proteins, RNA) to gain molecular understanding of the basic mechanism of biomacromolecules. Together with Matthias Lutz-Bachmann, he led the project »Complexity in Science, Culture and Society« funded by the Aventis Foundation.

Matthias Lutz-Bachmann (Prof. Dr.Dr.) is professor of philosophy with a focus on medieval philosophy, practical philosophy with a special focus on political philosophy and ethics, philosophy of religion and critical theory at Goethe University Frankfurt. He is the director of the Forschungskolleg Humanwissenschaften at Goethe University, where he also led the Aventis Foundation-funded project »Complexity in Science, Culture and Society« together with Harald Schwalbe.

Harald Schwalbe und
Matthias Lutz-Bachmann (Hrsg.)

Komplexität – System – Evolution Eine transdisziplinäre Forschungsperspektive

Komplexität stellt Wissenschaft und Gesellschaft vor Herausforderungen. Die Wissenschaften thematisieren in ihren unterschiedlich ansetzenden Forschungen Systeme und Prozesse, die noch nicht angemessen (oder: hinreichend) erkannt sind, wenn wir sie auf ihre einzelnen Bestandteile reduzieren und deren Zusammenspiel außer Acht lassen. Viele Prozesse sind in ihrem Verlauf weder vorhersagbar noch können sie sicher gesteuert werden. Durch Globalisierung, Digitalisierung und die zunehmende Verflechtung unterschiedlicher sozialer und politischer Systeme sieht sich auch die Gesellschaft mit einer Komplexitätssteigerung konfrontiert. Ausgehend von einer integrativen Definition komplexer Systeme bringt der Band Perspektiven aus Lebens-, Geistes-, Natur- und Humanwissenschaften zusammen, um ein fundiertes Verständnis von Komplexität als Handlungsgrundlage zu gewinnen.

Die Herausgeber:

Harald Schwalbe (Prof. Dr.) ist Professor für Strukturelle Chemie und Biologie an der Goethe-Universität Frankfurt. Seine Forschung konzentriert sich auf die Entwicklung und Anwendung der kernmagnetischen Resonanzspektroskopie (NMR) zur Untersuchung von Biomakromolekülen (u. a. Proteine, RNA), um das molekulare Verständnis des grundlegenden Mechanismus von Biomakromolekülen zu gewinnen. Gemeinsam mit Matthias Lutz-Bachmann leitete er das von der Aventis Foundation geförderte Projekt »Komplexität in Wissenschaft, Kultur und Gesellschaft«.

Matthias Lutz-Bachmann (Prof. Dr. Dr.) ist Professor für Philosophie mit den Schwerpunkten der Philosophie des Mittelalters, der Praktischen Philosophie unter besonderer Berücksichtigung der Politischen Philosophie und Ethik, der Religionsphilosophie und der Kritischen Theorie an der Goethe-Universität Frankfurt. Er ist Direktor des Forschungskollegs Humanwissenschaften der Goethe Universität, wo er auch gemeinsam mit Harald Schwalbe das von der Aventis Foundation geförderte Projekt »Komplexität in Wissenschaft, Kultur und Gesellschaft« leitete.

Mit freundlicher Unterstützung der Aventis Foundation



Originalausgabe

© VERLAG KARL ALBER

ein Verlag in der Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden 2022

Alle Rechte vorbehalten

www.verlag-alber.de

Umschlagabbildung: stock.adobe.com

Satz: SatzWeise, Bad Wünnenberg

Gesamtverantwortung für Druck und Herstellung bei der
Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG

ISBN Print 978-3-495-49226-0

ISBN E-Book (PDF) 978-3-495-82546-4

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	11
<i>Matthias Lutz-Bachmann/Harald Schwalbe</i>	
Definition der Evolution komplexer Systeme	17
<i>Harald Schwalbe</i>	
 Komplexität in den Geistes- und Humanwissenschaften	
Komplexität und Komplexitäten Plektiken einer modernen Theoriegestalt	23
<i>Aljoscha Berve</i>	
Komplexe Formen? Kritische Anmerkungen zum Begriff der Komplexität in den Kultur- und Literaturwissenschaften	73
<i>Achim Geisenhanslüke</i>	
Komplexität in den Sozialwissenschaften	93
<i>Martin Hauff</i>	
Komplexität sozialer Systeme Philosophische Überlegungen im Anschluss an die Systemtheorie von Niklas Luhmann	119
<i>Matthias Lutz-Bachmann</i>	
Komplexitätsbasierte Normative Ordnungen Demokratische Verzweiflung und adaptive Hoffnung	146
<i>Yael Peled</i>	

Inhaltsverzeichnis

Komplexität und kulturelle Wirklichkeit
Kulturphilosophische Annäherungen
an eine Theorie der Komplexität 165

Thomas M. Schimmer

Complexity Economics
Mustervorhersage, Evolution und Verstehen
als Grundprobleme wirtschaftswissenschaftlicher Methodik . . 202

Stefan Schweighöfer

Soziale und Politische Komplexität im 19. Jahrhundert
Abenteuer eines Begriffs von Rousseau bis Spencer 234

Felix Steilen

Komplexität und Erklärung in den Humanwissenschaften . . . 266

William Talbott

Komplexität in Mathematik,
Natur- und Lebenswissenschaften

Komplexität in den mathematischen Wissenschaften 291

Amin Coja-Oghlan / Max Hahn-Klimroth / Philipp Loick

Komplexität schafft Leben
Komplexität als zentraler Begriff einer Organismustheorie . . 325

Jürgen Bereiter-Hahn

Die Entstehung der Zeit durch kosmologische Evolution . . . 339

George F. R. Ellis

Komplexität der Krebsentstehung
Ursachen und Wirkung 376

Michael A. Rieger

Komplexität und Emergenz in der Chemie	
Moleküle der zellulären Informationsübertragung	402
<i>Harald Schwalbe / Josef Wachtveitl / Alexander Heckel / Florian Buhr / Thomas M. Schimmer</i>	
Komplexität in der Biologie	
Die Entstehung des Lebens, komplexe Phänomene, Eukaryoten und Komplexität als Begriff des 21. Jahrhunderts	495
<i>Jörg Soppa</i>	
Kosmologische Evolution	
Die Emergenz des Protons	528
<i>Reinhard Stock</i>	

Vorwort

Harald Schwalbe, Matthias Lutz-Bachmann

Die hier versammelten Beiträge zielen auf ein vertieftes Verständnis dessen, was wir mit dem Begriff der Komplexität zum Ausdruck bringen wollen, in der Sprache des Alltags, der Politik und in den Wissenschaften und den Künsten. Dabei wissen wir alle, und sei es nur intuitiv, dass wir mit dem Begriff *Komplexität* oder der Beschreibung von einem Vorgang oder Ereignis als *komplex* etwas anderes aussagen und beschreiben wollen als unsere Beobachtung, dass ein Sachverhalt *kompliziert* oder *vertrackt* ist. Was aber meinen wir, was beschreiben wir, was verstehen wir, wenn wir etwas in der Welt, in den Wissenschaften oder in der Kunst als *komplex* bestimmen?

Dieser Frage sind wir, die Herausgeber dieses Buchs, eine Reihe von Jahren in einer engen und fruchtbaren Kooperation zwischen einem Chemiker und einem Philosophen in unzähligen Gesprächen nachgegangen. Vor allem aber haben wir mit der nachhaltigen Unterstützung des Forschungskollegs Humanwissenschaften der Goethe-Universität viele interdisziplinäre Gespräche unter Beteiligung nahezu aller Fächer und Disziplinen unserer Universität führen können, die dann zu einem erfolgreichen Antrag auf Förderung unserer Forschungen durch die Aventis Foundation für drei Jahre geführt hat. Aus dieser Förderung ist unser jetzt hier vorgelegtes Buch hervorgegangen. Sie hat es ermöglicht, dass wir nicht nur eine Forschungsgruppe am Forschungskolleg Humanwissenschaften für mehr als drei Jahre organisieren konnten, die neben internen Debatten auch namhafte internationale Kollegen wie Sir Christopher Dobson (Cambridge), George F. R. Ellis (Kapstadt) und William Martin (Düsseldorf) zu Vorträgen nach Frankfurt und Bad Homburg eingeladen hat, sondern dass wir auch fünf internationale Fellows in einem kompetitiven Auswahlverfahren für mehrere Monate an das Forschungskolleg Humanwissenschaften einladen konnten. Wir werden diese gelungene inter- und auch transdisziplinäre Arbeit am Forschungs-

Harald Schwalbe, Matthias Lutz-Bachmann

kolleg Humanwissenschaften mit der Unterstützung des Präsidiums der Goethe-Universität, für die wir den beiden Präsidenten, Frau Prof. Gitta Wolff sowie Prof. Enrico Schleiff, ebenfalls sehr herzlich danken, in den kommenden Jahren weiter fortsetzen und noch intensivieren.

Durch die Zusammenarbeit mit dem Klavierduo Irmela Roelcke/Axel Gremmelspacher konnte über den wissenschaftlichen Kreis hinaus das Thema Komplexität in der Musik ästhetisch wahrgenommen werden, dies sowohl im Rahmen interner Diskussionen als auch durch zwei öffentliche Konzerte. Dass aus dieser Zusammenarbeit auch eine CD mit Aufnahmen ausgewählter Stücke aus den Konzerten entstanden und unter dem Titel *Textures* im Label Genuin erschienen ist, ist Ausdruck der transdisziplinären Dimension unseres Themas.

Welche Arbeitsergebnisse haben wir in der ersten Phase unserer Kooperationen erzielt? Wir haben auf der Grundlage mehrerer Gespräche mit dem Wissenschaftsphilosophen Prof. Hans Poser (Berlin) und weiteren Gesprächspartnern, darunter Prof. Rudolf Stichweh (Bonn), Prof. Klaus Mainzer (München) und Prof. Albrecht Koschorke (Konstanz), grundlegende Elemente einer möglichst präzisen Definition von *Komplexität* vorgelegt, auf die sich die Aufsätze in diesem Buch beziehen (vgl. das erste Kapitel in diesem Buch). Diese in der jetzigen Form noch vorläufigen Elemente einer Definition von *Komplexität* haben uns in unserer Ausgangsintuition bestätigt, dass wir mit der Frage, wie Komplexität zu verstehen ist und was es bedeutet, Phänomene in der Welt als *komplex* zu bestimmen oder zu modellieren, mit einer grundlegenden Thematik befasst sind, die geeignet ist, klassisch gewordene Vorstellungen von der Welt, dem Leben, der Gesellschaft oder der Kultur zumindest in einem neuen Licht zu betrachten. Vielleicht haben unsere Vorschläge aber auch das sachliche Gewicht, basale Annahmen über das Verhältnis Natur und Kultur, Materie und Geist, Determination und Freiheit, wie sie aus der Geschichte der Wissenschaften seit Beginn der Neuzeit resultieren, zu korrigieren.

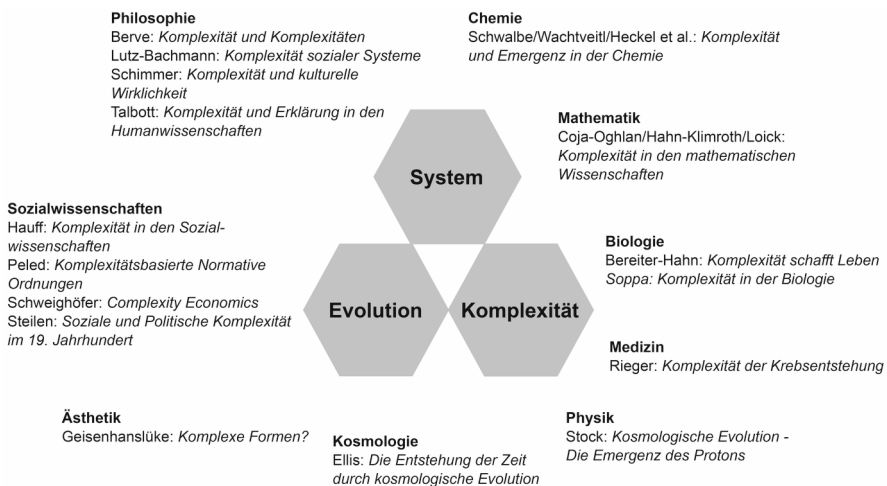
Wenn wir auf der Grundlage unserer hier angedeuteten Zusammenarbeit vorschlagen, Komplexität als einen dynamischen Entwicklungsprozess von Systemen zu verstehen, deren Herausbildung und weitere Entwicklung zu Resultaten führt, die wir als *neu* oder *unerwartbar* aufgrund der Beschreibung der *Antezedenzbedingungen* (*ex ante*) bestimmen können; wenn weiterhin zutrifft, dass die dynamischen Prozesse, durch die komplexe Systeme bestimmt sind, auch

rückwirkend (*ex post*) nicht hinreichend aus den sie begründenden *Ursachen* abgeleitet bzw. vorhergesagt werden können, dann ergeben sich spannende Debatten, die tatsächlich die Grundlagen und Grundaxiome der Natur- und Lebenswissenschaften sowie der Geistes-, Sozial- und Kulturwissenschaften betreffen. Sie betreffen, philosophisch gesprochen, auch das grundlegende Verständnis, das wir von der Wirklichkeit haben, ja die Grundbegriffe, mit denen wir das beschreiben, *was ist*, und damit das Verhältnis von *Ontologie* und *Epistemologie* oder Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie; denn es wäre, falls sich die oben angedeuteten Voraussetzungen bestätigen ließen, theoretisch nicht länger auszuschließen, dass die bisherige Vorstellung von einer *strengen* Wiederholbarkeit *aller Ereignisse* in der Natur sich nicht beweisen lässt, sondern ein Ereignis eines von vielen möglichen Ereignissen ist. Gegebenenfalls müssen auch die Übergänge vom Unbelebten zum Belebten oder von der *Natur* zur *Kultur* wissenschaftlich neu gedacht werden. Es ist noch nicht absehbar, ob damit auch das Axiom einer möglichen methodischen und ontologischen *Reduktion* aller Vorgänge in der Natur auf Gesetze, die den Phänomenen kausal zugrunde liegen, oder die Vorstellung einer *strikten* Determination allen Naturgeschehens, oder und noch einmal allgemeiner gesprochen das zwischen den Wissenschaften streitige Verhältnis von *Natur* und *Geschichte*, von *Naturgesetzen* und *menschlicher Freiheit*, von ökonomischen Regeln und tatsächlichem wirtschaftlichen Handeln, vom Regelbefolgen in menschlicher Kognition und der Wirklichkeit menschlichen Sprechens, von sprachlicher Innovation und dem beständig neuen *geistigen Aufbau der Welt* durch gesellschaftliche und kulturelle Imagination – es ist noch nicht absehbar, ob diese und andere Fragen aus einer neuen theoretischen Perspektive betrachtet und anders als bisher beschrieben werden müssen. Die hier versammelten Aufsätze wollen jedenfalls zu einer solchen Diskussion beitragen.

Die Beiträge in diesem Band kommen aus unterschiedlichen Disziplinen und dementsprechend haben sie verschiedene Gegenstände und Methoden. Verbunden werden diese Studien jedoch durch die prinzipielle Frage nach der Komplexität der jeweiligen Gegenstände sowie durch den definitorischen Rahmen, der den Beiträgen vorangestellt ist. Dabei ordnen sie sich nicht nur konzentrisch um die Begriffe System, Evolution und Komplexität an, sondern sind auch untereinander durch Themen, Methoden und prinzipielle Erkenntnisse miteinander verbunden und verschränkt. Diese Verbundenheit ver-

Harald Schwalbe, Matthias Lutz-Bachmann

suchen wir in Abbildung 1 zu verbildlichen. Dass die beiden Wissenschaftskulturen einer Strukturierung der Beiträge unter *Komplexität in den Geistes- und Humanwissenschaften* und unter *Komplexität in Mathematik, Natur- und Lebenswissenschaften* dienen, bedeutet daher nicht, dass die beiden Teile getrennt voneinander zu verstehen sind. Vielmehr soll dies eine symmetrische Ordnung erzeugen, durch die die vielfachen Verknüpfungspunkte, die sich im entstehenden Zwischenraum ergeben, sichtbar werden.



In der ersten Gruppe sind die Aufsätze aus den Geistes- und Sozialwissenschaften versammelt. Aljoscha Berve arbeitet in seinem Beitrag *Komplexität und Komplexitäten* den Begriff der Komplexität als Bezugspunkt transdisziplinärer Forschung und Theoriebildung heraus. Welche Bedeutung Komplexität für literarische Kunstwerke hat, aber auch welche Rolle sie in der Literaturtheorie spielen könnte, demonstriert in *Komplexe Formen?* Achim Geisenhanslücke. Felix Steilen (*Soziale und Politische Komplexität im 19. Jahrhundert*) und Martin Hauff (*Komplexität in den Sozialwissenschaften*) beleuchten aus je eigenen Blickwinkeln historisch und systematisch den Begriff und die etablierten Konzepte von Komplexität in den Sozialwissenschaften. Auch bei Matthias Lutz-Bachmann wird die *Komplexität sozialer Systeme* zum Thema, jedoch vor dem Hintergrund einer philosophischen Reflexion, um die Übertragbarkeit naturwissenschaft-

licher Konzepte in sozial- und geisteswissenschaftliche Bereiche kritisch zu reflektieren. William Talbot fragt analytisch nach dem Verhältnis von naturwissenschaftlich geprägten Komplexitätskonzepten und den Forschungsbereichen der Humanwissenschaften und arbeitet Kriterien einer Begrenzung dieser Übersetzungen heraus (*Komplexität und Erklärung in den Humanwissenschaften*). Yael Peled beobachtet Komplexitätserfahrungen in demokratischen Gesellschaften und zeigt ihre Ursachen in einer kontinuierlichen Diskrepanz zwischen Erwartung und Realität in Demokratien durch politikwissenschaftliche und linguistische Zugänge auf (*Komplexitätsbasierte Normative Ordnungen*). Ebenfalls von Komplexitätserfahrungen ausgehend analysiert Thomas Schimmer aus einer phänomenologischen und kulturphilosophischen Perspektive den intrinsischen Zusammenhang von *Komplexität und kulturelle(r) Wirklichkeit*. In *Complexity Economics* unternimmt Stefan Schweighöfer eine ideengeschichtliche Rekonstruktion eines ökonomischen Komplexitätskonzeptes, um die Potentiale dieser Erkenntnisse für die moderne Komplexitätsforschung herauszuarbeiten.

In der zweiten Gruppe sind die Beiträge aus Mathematik, Lebens- und Naturwissenschaften versammelt. Welche Rolle Komplexität für die Lösung mathematischer Probleme spielt und welchen komplexen Systemen die Mathematik begegnet, legen Amin Coja et al. in ihrem Beitrag *Komplexität in den mathematischen Wissenschaften* dar. Jürgen Bereiter-Hahn befasst sich aus Sicht der Biologie mit dem Zusammenhang von Komplexität und Leben und arbeitet Ersteres als Kriterium für Lebendigkeit heraus (*Komplexität schafft Leben*). Der Kosmologe und Physiker George F. R. Ellis entwickelt am Paradigma der Komplexität eine Rekonstruktion der Entstehung der Zeit im Universum durch kosmologische Evolution (*Die Entstehung der Zeit durch kosmologische Evolution*). Jörg Soppa beleuchtet aus biologischer Perspektive den Übergang von nicht-komplexen zu komplexen Entitäten und bringt dies in Zusammenhang mit weiteren komplexen Systemen in der Biologie (*Komplexität in der Biologie*). Michael Rieger zeigt die *Komplexität der Krebsentstehung* auf und verdeutlicht die Relevanz des Verständnisses von Komplexität für die Krebsforschung. Reinhard Stock nimmt komplexe Phänomene im Zuge der Entstehung des Universums in den Blick und konzentriert sich dabei auf den Übergang von der Quark-Gluon-Phase zur Phase der Materie aus Hadronen unmittelbar nach dem Urknall (*Kosmologische Evolution*). In ihrem Beitrag *Komplexität*

Harald Schwalbe, Matthias Lutz-Bachmann

und Emergenz in der Chemie analysieren Harald Schwalbe, Josef Wachtveitl, Alexander Heckel et al. Komplexität in der Chemie und Biochemie und bringen diese Erkenntnisse mit wissenschaftsphilosophischen und ontologischen Fragen in Verbindung.

Mit der Vertiefung der hier nur angedeuteten Fragen und einer möglichen Klärung dieser und verwandter Probleme werden wir auch in den kommenden Jahren unsere Zusammenarbeit fortsetzen. Sie hat bereits jetzt dazu geführt, dass die übliche strenge Trennung der naturforschenden Disziplinen einerseits und der historisch-hermeneutisch argumentierenden Wissenschaften andererseits punktuell aufgehoben, zumindest aber in eine transdisziplinäre Forschungsperspektive umgemünzt werden konnte. Hierfür danken wir allen, die mitgearbeitet und uns auf diesem Weg unterstützt haben. In besonderer Weise danken wir unserem Kollegen aus der Physik, Herrn Prof. Reinhard Stock, für seine theoretisch stets weiterführenden Beiträge – und wir danken einander, nicht zuletzt auch für die gemeinsamen Debatten im *Center for Dialogue at Campus Riedberg*.

Harald Schwalbe und Matthias Lutz-Bachmann,
Frankfurt am Main, den 1. Juni 2021