Edouard Isango Nkoyo

Prigogines Theorie dissipativer Strukturen

Naturphilosophische und erkenntnistheoretische Betrachtungen

Herbert Utz Verlag · München

Münchner Philosophische Beiträge

herausgegeben von

Nikolaus Knoepffler
Wilhelm Vossenkuhl
Siegbert Peetz
Bernhard Lauth

Band 29

Zugl.: Diss., München, Hochsch. für Philosophie, 2016

Bibliografische Information 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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2016

ISBN 978-3-8316-4582-4

Printed in EU
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 13

Erster Teil
Das Weltbild der klassisch-modernen Physik: Stabilität und Einfachheit des Kosmos 17

Kapitel 1: Erläuterung einiger Grundbegriffe der klassischen Physik 19
1 Einführung 19
2 Weltbild und Naturgesetze 20
3 Klassische und klassisch-moderne Physik 31
3.1 Klassische Physik (Mechanik) 31
3.2 Die klassisch-moderne Physik als ein Referenzsystem 34
4 Grundbegriffe der klassischen Physik 39
4.1 Kraft 39
4.2 Bewegung 42
4.3 Wärmebewegung, Energie und Temperatur 49
4.4 Hauptsätze der Thermodynamik 50
4.5 Raum-Zeit als Referenzrahmen in der klassischen Physik 54
5 Fazit 56

Kapitel 2: Grundannahmen und Weltbild der klassischen Physik bzw. Mechanik 57
1 Einführung 57
2 Grundzüge der Newtonschen bzw. der modernen Wissenschaft 58
3 Das Wesen der Sprache der Physik 63
4 Einfachheit des Mikroskopischen und die Reduzierbarkeitsthese . . . 67
5 Gründungsmythos der modernen Wissenschaft: Die Entdeckung umfassender Wahrheiten über die Natur 70
6 Laplaces Dämon und Leibniz' Beitrag zur klassischen Dynamik 74
7 Die Verallgemeinerung der Newtonschen Mechanik: Beiträge von Lagrange und Hamilton 80
8 Fazit 86

Zweiter Teil
Von der Stabilitäts- zur Instabilitätsthematik und der Wissenschaft vom Komplexen 89

Kapitel 3: Wissenschaftliche Wege zur Instabilitäts- bzw. Chaosthematik. 91
1 Einführung 91
2 Instabilitätstypen: Statische, dynamische und strukturelle Instabilität 92
2.1 Die statische Instabilität. 94
2.2 Die dynamische Instabilität. 96
2.3 Die strukturelle Instabilität 99
3 Gründe für die Nichtbeachtung von Instabilitäten bzw. Chaos 100
4 Übergang vom Konzept der Stabilität zur Anerkennung der Instabilitäten in der Natur 104
4.1 Phase der Fragelosigkeit 104
4.2 Instabilitätsahnungen und ambivalente Stellungnahmen: Bacon, Kepler, Newton, Leibniz und Laplace 106
4.3 Die fragwürdig gewordene Stabilitätsannahme 110
5 Beispiele von Instabilitäten in der Wissenschaftsentwicklung 117
6 Fazit 123

Kapitel 4: Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte der Thermodynamik als der Wissenschaft vom Komplexen 125
1 Einleitung 125
2 Die Thermodynamik: Die Erläuterung des Begriffs und der Kontext seiner Entstehung 126
3 Die Wärme als grundlegender Begriff der Thermodynamik 130
4 Der Beitrag der Wärmekraftmaschinen zum Aufbau der Wärmelehre im 19. Jahrhundert 133
5 Über die geschichtlich wachsende Bedeutung der Thermodynamik 138
6 Über die Einführung und Bedeutung des Begriffs der Entropie und über den Wärmetod des Weltalls 147
7 Der Beitrag von Ludwig Boltzmann zur Begründung der Thermodynamik im 19. Jahrhundert 153
8 Fazit 158

Dritter Teil
Prigogine und die Selbstorganisationsthematik. 161

Kapitel 5:
Das Selbstorganisationsparadigma.
Geschichtlich spekulativ-philosophische Tradition und
Erläuterung eines Begriffs 163
1 Einführung 163
2 Die Vorgeschichte der Selbstorganisation: Der spekulativ-philosophische Ansatz und die frühen Selbstorganisationskonzepte 164
2.1 Selbstorganisationsideen im Altertum 164
2.2 Die Idee der Selbstorganisation bzw. die Selbstordnungskonzepte: Vom Mittelalter bis in die Neuzeit . . 168
2.3 Schelling und der Begriff der Selbstorganisation zu Beginn der Gegenwart. 174
3 Die Moderne Vorstellung vom Selbstorganisationsbegriff 179
3.1 Die Selbstorganisation als Begriff. 180
3.2 Die Selbstorganisation als ein nicht zu bestreitendes Phänomen 182
4 Die Selbstorganisation als physikalisches Konzept 183
5 Das Selbstorganisationskonzept und verwandte Begriffe 185
5.1 Die Selbstorganisation und die Emergenz 185
5.2 Selbstorganisation und teleologisches Denken 188
5.3 Die Selbstorganisation, die Präformations- und die Epigenesistheorie 190
6 Systematische Betrachtung des Begriffs der Selbstorganisation 191
7 Fazit 195

Kapitel 6: Prigogines Selbstorganisationsansatz: Die Theorie dissipativer Strukturen 197
1 Einleitung 197
2 Die physikalischen Beschreibungsebenen und die Grundstrukturformen in der Physik 198
3 Physikalische und chemische Beispiele für die dissipativen Strukturen 205

3.1 Hydrodynamische Strukturen als dissipative Strukturen 206
3.2 Zwei Fälle chemischer Reaktionen: Die Belousov-Zhabotinsky-Reaktion und der Brüsselator 213
4 Voraussetzungen für die Bildung dissipativer Strukturen 223
5 Fazit 229

Kapitel 7: Mechanismus der Selbstorganisation und Prigogines dynamisches Prinzip „Ordnung durch Schwankungen“ 231
1 Einleitung 231
2 Das universelle Prinzip der Energiedissipation 232
3 Systemdynamik am Bifurkationspunkt: Eine Mischung aus Notwendigkeit und Zufall 235
4 Prigogines Prinzip „Ordnung durch Schwankungen“ 245
5 Fazit und Weiterführung 251

Kapitel 8: Abschließende Überlegungen zu Prigogines Selbstorganisationsansatz 253
1 Einleitung 253
2 Die Physik der Selbstorganisation bzw. des Werdens: Grenzen des Konzepts der dynamischen Trajektorie und des linearen und reduktionistischen Denkmodells 253
3 Die Theorie der Selbstorganisation: Sowohl eine Brückenwissenschaft als auch eine neue Ontologie für das Naturverständnis 258
4 Mutschlers Kritik am Begriff der Selbstorganisation und an den Theorien der Synergetiker 263
5 Die Theorie dissipativer Strukturen als Darstellung komplexer Systeme. Über den grundlegenden Charakter der Komplexität in der Naturbeschreibung 270
6 Die Realität als Prozess – Werden bei Prigogine und Whitehead ... 275

Literaturverzeichnis 285

Einleitung

Was ist die Welt? Wie ist sie entstanden? Wie organisiert sie sich? Wie sind die innere Dynamik des Naturgeschehens und das Phänomen der Selbstorganisation in der Natur zu denken und zu verstehen? Diese und viele ähnliche Fragen haben Menschen aus unterschiedlichen Kulturen und Epochen immer wieder beschäftigt. Viele Denker sind diesen Fragen nachgegangen. So überrascht es nicht, dass es im Laufe der Menschheitsgeschichte zahlreiche und verschiedene Vorstellungen vom Kosmos gegeben hat und gibt[1]. Diese reichen von mythischen über religiöse bis hin zu rein naturwissenschaftlichen Vorstellungen. Auch viele zeitgenössische Philosophen sowie Naturwissenschaftler haben sich mit der Frage nach dem Wesen der Welt auseinandergesetzt. Zu ihnen zählt der Chemiker und Physiker Ilya Prigogine (1917–2003), Nobelpreisträger der Chemie im Jahr 1977.

Die hier vorgestellten Untersuchungen befassen sich mit dessen wissenschaftlicher Arbeit zu den sogenannten „dissipativen Strukturen". So lautet der Haupttitel dieser Arbeit: „**Prigogines Theorie dissipativer Strukturen. Naturphilosophische und erkenntnistheoretische Betrachtungen**".

Die vorliegende Arbeit versteht sich als eine kritische Auseinandersetzung mit den Werken Prigogines.[2] Einige von ihnen verfasste er gemeinsamen mit seinen Mitarbeitern, vor allem mit der Philosophin Elisabeth Stengers. Prigogine ist es aber, der die gesamte Denkrichtung dieser Werke bestimmt und prägt. Die wissenschaftliche Literatur dieses belgischen Wissenschaftlers ist sehr umfangreich und aufgrund vieler mathematischer Formeln auch besonders anspruchsvoll. Im Rahmen dieser Dissertation wird weitgehend auf seine mathematischen und tech-

1 Vgl. dazu Bauberger 2009.

2 Prigogine, den Erich Jantsch als „den Katalysator des Paradigmas der Selbstorganisation" (Jantsch 1992, 13) bezeichnet, hat sich in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts intensiv mit der Thermodynamik befasst. Ausgangspunkt seiner Forschungsarbeit ist seine wegweisende Dissertation unter der Leitung von Theophile De Donder (1873–1957), seinem Doktorvater und Theoretiker der Thermodynamik. Das Thema seiner Doktorarbeit lautet: „Etude thermodynamique des phénomènes irreversibles" (1945). In den sechziger und siebziger Jahren untersucht er gründlich die Muster- bzw. Strukturbildung in chemischen und physikalischen Systemen, wobei er den Begriff der „dissipativen Strukturen" nachhaltig geprägt hat (vgl. dazu Nicolis/Prigogine 1977). 1977 erhält er, vor allem aufgrund seiner Arbeit über die dissipativen Strukturen, den Nobelpreis der Chemie (vgl. Prigogine 1978, 704–715).

nischen Ausführungen verzichtet. Vielmehr werden seine naturphilosophischen Überlegungen vorgestellt.

Aus philosophischer Sicht stellt Prigogines Theorie von den dissipativen Strukturen einen der modernen Selbstorganisationsansätze dar. In dieser Arbeit geht es aber nicht darum, die Forschungen Prigogines rein wissenschaftlich und vollständig darzustellen, sondern es gilt, folgende Fragen zu beantworten: Wie relevant ist aus naturphilosophischer und erkenntnistheoretischer Sicht der Selbstorganisationsansatz Prigogines? Wie lässt sich die Theorie dissipativer Strukturen kritisch und philosophisch rekonstruieren? Was trägt die Selbstorganisationstheorie zum Verständnis der Natur bei? Reicht das von Prigogine vorgeschlagene Prinzip „Ordnung durch Schwankung" zur Erklärung und Beschreibung der Strukturentstehung aus? Wie verhält sich die Materie im Rahmen dieser Selbststrukturierungstheorie?

Vor dem Hintergrund seiner Theorie zu den dissipativen Strukturen und seiner Auslegung des Entropiesatzes fernab vom Gleichgewicht setzt sich Prigogine mit naturphilosophischen Fragen auseinander. Er greift die Frage der alten griechischen Philosophen nach dem Sein (Stabilität) und dem Werden (Instabilität bzw. Bewegung) in der Natur auf.[3] Im Mittelpunkt seiner naturphilosophischen und erkenntnistheoretischen Überlegungen stehen das Thema der Zeit bzw. des Zeitparadoxes und des damit verbundenen Zeitpfeils sowie die Thematik der Selbstorganisation und die der Naturgesetze.[4] Hinsichtlich des Themas der Zeit ist bei Prigogine der Einfluss von Bergson und Darwin unübersehbar.[5] Weitere Denker und Wissenschaftler, die großen Einfluss auf Prigogine ausgeübt haben, sind Ludwig Boltzmann, Arthur Eddington und Alfred North Whitehead. Prigogine hat sich in seiner Jugendzeit auch mit jenen Wissenschaften auseinandergesetzt, in denen Geschichte und Evolution eine bedeutende Rolle spielen: Archäologie, Philosophie, Musik und Humanwissenschaften. So hat er sich ein historisches Bewusstsein verschafft, welches seine philosophischen Ansichten prägt.

Wenn es um das Weltbild geht, so konzipiert Prigogine die Welt nicht nur als ein offenes System, sondern vor allem als eine dissipative Struktur. Er stellt den Be-

3 Vgl. Prigogine 2012, 145f.

4 Prigogine selbst fasst seine philosophischen Ansichten im folgenden Aufsatz zusammen: Prigogine 1997, 79–94.

5 Vgl. Prigogine 2012, 149ff.

griff des Ungleichgewichts als eine der grundlegenden Voraussetzungen für die Strukturbildung heraus. Die Natur ist für ihn voller Strukturen und sie organisiert sich selbst, d. h. ohne Eingriff eines extramundanen Prinzips bzw. Gottes. Sie ist, um mit Capra zu sprechen, „die Koexistenz von Struktur und Veränderung, von ‚Stillstand und Bewegung'."[6]

In dieser Arbeit wird gezeigt, dass Prigogines Naturbild durch eine Mischung aus Determiniertheit und Zufälligkeit geprägt ist. Dafür verwendet er den Begriff der Bifurkation bzw. der Verzweigung. Mit anderen Worten: ein dynamisches System verhält sich an den Bifurkationspunkten derart, dass es einerseits deterministischen Gesetzen und andererseits stochastischen Prinzipen unterliegt. Notwendigkeit und Zufall bestimmen die Entwicklungsdynamik eines Systems im Laufe der Zeit.

In Prigogines Welt findet der Übergang von der Stabilität zur Instabilität, von der Ordnung zur Unordnung, vom Sein zum Werden statt. Fernab vom Gleichgewicht und in offenen Systemen gilt für ihn jenseits des Boltzmann'schen Ordnungsprinzips das Prinzip Ordnung durch Schwankung, d. h. Ordnung aus Unordnung, als Grundlage für die Strukturbildung. Dieses Grundprinzip der Selbstorganisation, welches die Zukunft des Universums als offen erscheinen lässt, illustriert Prigogine anhand der Strukturentstehung in hydrodynamischen (Bénard-Zellen) und chemischen Systemen.

Prigogines naturphilosophische und erkenntnistheoretische Überlegungen führen ihn außerdem zur begrifflichen Unterscheidung zwischen der Physik des Seins und der Physik des Werdens. Die auf der Substanzontologie basierende Physik des Seins ist nach seiner Überzeugung von begrenzter Gültigkeit und sollte um die Physik des Werdens, d. h. um die Selbstorganisation, erweitert werden, wobei die Realität als etwas Dynamisches, Wandelbares und Wechselwirkendes, also Prozessual-Evolutives, zu modellieren ist. Mit anderen Worten: Die Substanzontologie wird in Prigogines Weltbild durch die Prozessontologie verdrängt; die klassische lineare kausale Erklärung wird durch die nichtlineare Erklärung ersetzt.

Diese Arbeit gliedert sich in drei Teile. Der erste Teil umfasst zwei Kapitel. In ihnen wird ein umfassender Überblick über die Grundbegriffe und die Grundannahmen

6 Capra 1996, 206.

der klassischen Physik gegeben. Ziel dieses Teiles ist es, die Grundorientierung der klassischen Physik bzw. der Physik des Seins und die Grenzen des klassischen linearen Denkmodells aufzuzeigen, welches Komplexität und Nichtlinearität nicht betrachtet. Daher die Überschrift: „**Das Weltbild der klassisch-modernen Physik: Stabilität und Einfachheit des Kosmos**".

Der zweite Teil, der ebenso aus zwei Kapiteln besteht, trägt den Titel: „**Von der Stabilitäts- zur Instabilitätsthematik und der Wissenschaft vom Komplexen**". Im ersten Kapitel erfolgt eine eingehende Untersuchung der graduellen Anerkennung der Thematik der Instabilität in der Wissenschaft und Natur. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit der Thermodynamik als Wissenschaft vom Komplexen. Die Analyse wird zeigen, dass die strukturelle Instabilität und die Komplexität keine Randerscheinungen in der Naturbeschreibung darstellen. Des Weiteren zeigt die von Prigogine entwickelte Nichtgleichgewichtsthermodynamik, dass der Entropiesatz fernab vom Gleichgewicht nicht aufgehoben ist, sondern vielmehr anders interpretiert werden kann: Die Entropiezunahme wird durch den Energieaustauch mit der Umwelt kompensiert und kann somit zur Quelle der Ordnung werden.

Nach der Vorarbeit in den ersten beiden Teilen wird im dritten Teil der Versuch unternommen, die Theorie dissipativer Strukturen, also den Selbstorganisationsansatz von Prigogine, zu fassen. So lautet die Überschrift: „**Prigogine und die Selbstorganisationsthematik**". Dieser letzte Teil umfasst drei Kapitel und bildet den Kern unserer Untersuchung. Dabei soll im ersten Kapitel die Theorie der Selbstorganisation im Allgemeinen und der Selbstorganisationsansatz Prigogines, also die Theorie von den dissipativen Strukturen, im Besonderen dargestellt werden. Das zweite Kapitel dieses Teiles gilt der Auseinandersetzung mit dem Prigogine'schen Prinzip „Ordnung durch Schwankungen". Im letzten Kapitel des dritten Teils folgt schließlich der Versuch, Prigogines Theorie dissipativer Strukturen in kritischer Weise, naturphilosophisch und erkenntnistheoretisch zu reflektieren.

Münchner Philosophische Beiträge

herausgegeben von

Nikolaus Knoepffler
Wilhelm Vossenkuhl
Siegbert Peetz
Bernhard Lauth

Band 29: Edouard Isango Nkoyo: **Prigogines Theorie dissipativer Strukturen** · Naturphilosophische und erkenntnistheoretische Betrachtungen
2016 · 298 Seiten · ISBN 978-3-8316-4582-4

Band 28: Jianjun Li: **Leben als kreatives Antworten** · Eine Untersuchung der responsiven Phänomenologie von Bernhard Waldenfels im Hinblick auf den Dialog der Religionen in der Lebenswelt
2016 · 232 Seiten · ISBN 978-3-8316-4581-7

Band 27: Grzegorz Kozdra: **Herr des Seins** · Eine Untersuchung zur philosophischen Gottesfrage in F.W.J. Schellings Münchener Vorlesungen
2016 · 302 Seiten · ISBN 978-3-8316-4544-2

Band 26: Elias Yumba Mwadi: **La reincarnation** · Théorie fiable ou illusion?
2015 · 100 Seiten · ISBN 978-3-8316-4511-4

Band 25: Elias Yumba Mwadi: **Karl Popper: Essence de la démocratie** · Essai pour repenser la démocratie en Afrique/RDC
2015 · 424 Seiten · ISBN 978-3-8316-4461-2

Band 24: Pierre Damien Ndombe Makanga: **Tragique et Reconnaissance** · Comprendre la notion de conflit dans la philosophie hégélienne de la conscience
2014 · 176 Seiten · ISBN 978-3-8316-4344-8

Band 23: Sascha Müller: **Menschenwürde und Religion** · Die Suche nach der wahren Freiheit – metaphysische Wegweiser von Platon bis Hegel
2012 · 518 Seiten · ISBN 978-3-8316-4150-5

Band 22: Otto Gusti Ndegong Madung: **Politik und Gewalt** · Giorgio Agamben und Jürgen Habermas im Vergleich
2008 · 206 Seiten · ISBN 978-3-8316-0822-5

Band 21: Sascha Müller: **René Descartes' Philosophie der Freiheit: Ad imaginem et similitudinem Dei** · Philosophische Prolegomena zu einer Theorie der religiösen Inspiration
2007 · 596 Seiten · ISBN 978-3-8316-0694-8

Band 20: Wolfgang Brauner: **Das präreflexive Cogito** · Sartres Theorie des unmittelbaren Selbstbewusstseins im Vergleich mit Fichtes Selbstbewusstseinstheorie in den Jenaer Wissenschaftslehren
2007 · 252 Seiten · ISBN 978-3-8316-0681-8

Band 19: Mauricio Zuluaga: **Skeptische Szenarien und Argumente**
2007 · 250 Seiten · ISBN 978-3-8316-0667-2

Band 18: Klaus Mulzer: **Sprachverständnis und implizites Wissen**
2007 · 381 Seiten · ISBN 978-3-8316-0662-7

Band 17: Kyung-Wan Hong: **Menschliches Leiden und soziale Ungerechtigkeit** · Der Ansatz von Barrington Moore Jr. in seiner Relevanz für den koreanischen Kontext
2006 · 228 Seiten · ISBN 978-3-8316-0557-6

Band 16: Artur Szczepanik: **Gott als absolute Transzendenz** · Die Verborgenheit Gottes in der Philosophie von Karl Jaspers
2005 · 224 Seiten · ISBN 978-3-8316-0476-0

Band 15: Attila Szombath: **Die antinomische Philosophie des Absoluten** · Ein Mitdenken mit S. L. Frank
2004 · 170 Seiten · ISBN 978-3-8316-0387-9

Band 14: Oliver Vollbrecht: **Victor Kraft: Rationale Normenbegründung und Logischer Empirismus** · Eine philosophische Studie
2004 · 220 Seiten · ISBN 978-3-8316-0344-2

Band 13: Evelin Kohl: **Gestalt** · Untersuchungen zu einem Grundbegriff in Hegels Phänomenologie des Geistes
2003 · 346 Seiten · ISBN 978-3-8316-0246-9

Band 12: Jong Hwan Hwang: **Ökologische Gerechtigkeit** · Eine interkulturelle Begründung
2004 · 204 Seiten · ISBN 978-3-8316-0243-8

Band 11: Daniel Roth: **Cantors unvollendetes Projekt** · Reflektionsprizipien und Reflektionsschemata als Grundlagen der Mengenlehre und großer Kardinalzahlaxiome
2003 · 177 Seiten · ISBN 978-3-8316-0210-0

Band 10: Jakob Stefan Seitz: **Hannah Arendts Kritik der politisch-philosophischen Tradition – unter Einbeziehung der französischen Literatur zu Hannah Arendt**
2002 · 390 Seiten · ISBN 978-3-8316-0168-4

Band 9: Heinrich Adolf: **Erkenntnistheorie auf dem Weg zur Metaphysik** · Interpretation, Modifikation und Überschreitung des kantischen Apriorikonzepts bei Georg Simmel
2002 · 300 Seiten · ISBN 978-3-8316-0143-1

Band 8: Andreas Haupt: **Der dritte Weg** · Martin Bubers Spätwerk im Spannungsfeld von philosophischer Anthropologie und gläubigem Humanismus
2001 · 230 Seiten · ISBN 978-3-8316-0068-7

Band 7: Thomas Steinforth: **Selbstachtung im Wohlfahrtsstaat** · Eine sozialethische Untersuchung zur Begründung und Bestimmung staatlicher Wohlfahrtsförderung
2001 · 288 Seiten · ISBN 978-3-8316-0054-0

Band 6: Jürgen Dümont: **Formal-ontologische Kategorien in der Mathematik** · Eine systematische Untersuchung zur ontologisch-kategorialen Problematik mathematischer Entitäten
2000 · 251 Seiten · ISBN 978-3-89675-860-6

Band 4: Stefan Lorenz Sorgner: **Metaphysics without Truth** · On the Importance of Consistency within Nietzsche's Philosophy
1999 · 164 Seiten · ISBN 978-3-89675-589-6

Erhältlich im Buchhandel oder direkt beim Verlag:
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · info@utzverlag.de

Gesamtverzeichnis mit mehr als 3000 lieferbaren Titeln: www.utzverlag.de