

---

# **Wissenschaft und Philosophie**

## **Science and Philosophy • Sciences et Philosophie**

### **Reihe herausgegeben von**

Jürgen Jost, Geometrische Methoden und Komplexe Systeme, Max-Planck-Institut für  
Mathematik in den Naturwissenschaften, Leipzig, Deutschland

Martin Carrier, Institute for Interdisciplinary Studies of Science (I<sup>2</sup>SoS),  
Universität Bielefeld, Bielefeld, Deutschland

Die Reihe will den Dialog und die konstruktive Auseinandersetzung zwischen Wissenschaft und Philosophie fördern. Diesem Ziel nähert sie sich von beiden Seiten: Zum einen sollen die Implikationen wissenschaftlicher Ergebnisse und Theorien für das philosophische Denken erkundet werden. Zum anderen soll eine philosophische Durchdringung und Analyse wissenschaftlicher Problemlagen, Konzepte und Theorien erreicht werden. Dabei werden verschiedenartige philosophische Ansätze verfolgt. Die Naturwissenschaften und die Mathematik werden besonders in den Blick genommen, aber die Reihe ist auch für andere Themenfelder offen.

Die Bände dieser Reihe versuchen, originelle Ideen und systematische Ansätze zu entwickeln, neue Lösungsversuche zu explorieren und allgemein souveränes und kritisches Denken zu fördern. Deshalb soll der Text bewusst für einen größeren Leserkreis verständlich sein, nicht nur für Fachleute.

The series aims to encourage a dialogue and a constructive debate between science and philosophy. It approaches this goal from both sides: On the one hand, the implications of scientific results and theories for philosophical thinking will be explored. On the other hand, a philosophical penetration and analysis of scientific problems, concepts and theories is intended. In this endeavour, different philosophical approaches are pursued. While the main focus is on the natural sciences and mathematics, the series is also open to other topics.

The volumes in this series seek to develop original ideas and systematic approaches, to explore new paths, and to generally promote independent and critical thinking. Therefore, the text should be understandable for a larger readership, not only for experts.

Cette série vise à encourager un dialogue et un débat constructif entre la science et la philosophie. Les perspectives de ces deux disciplines sont considérées tour à tour pour approcher cet objectif: d'une part, il s'agit d'explorer les implications des résultats scientifiques et théoriques pour la pensée philosophique. D'autre part, une considération philosophique et une analyse des problèmes, concepts et théories scientifiques sont réalisées. Différentes approches philosophiques sont abordées. Les sciences naturelles et les mathématiques sont particulièrement prises en compte, toutefois la série reste ouverte à d'autres sujets.

Les volumes de cette série tentent de développer des idées originales et des approches systématiques, d'explorer de nouvelles solutions et de promouvoir, d'une manière générale, un mode de pensée indépendant et un sens critique. Par conséquent, le texte devrait être compréhensible pour un plus grand nombre de lecteurs, et non pas seulement pour les experts.

---

Jürgen Jost

# Leibniz und die moderne Naturwissenschaft

 Springer

Jürgen Jost  
Geometrische Methoden und Komplexe Systeme  
Max-Planck-Institut für  
Mathematik in den Naturwissenschaften  
Leipzig, Deutschland

ISSN 2524-7549                      ISSN 2524-7557 (electronic)  
Wissenschaft und Philosophie • Science and Philosophy • Sciences et Philosophie  
ISBN 978-3-662-59235-9              ISBN 978-3-662-59236-6 (eBook)  
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-59236-6>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Annika Denkert

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

---

## Vorspann

Es gibt nicht unbeträchtliche Schwierigkeit bei meinem Versuch, mich Leibniz aus der Perspektive eines heutigen Naturwissenschaftlers zu nähern. Als Mathematiker liest man einen Text üblicherweise nicht unter dem Gesichtspunkt philologischer Genauigkeit, sondern versucht, die Leitgedanken zu erfassen und dann aus diesen Leitgedanken heraus die Einzelheiten selbständig zu rekonstruieren. Wenn das gelingt, hat man als Mathematiker einen Text verstanden. Und wenn man sich auf diese Weise einem älteren Autor nähert, so liest man sein Werk rückwärts, als eine mehr oder weniger geradlinige Entwicklung zu den Erkenntnissen des reifen Werkes. Ein solcher Zugang hat natürlich keinen Blick dafür, dass ein Philosoph seine Ansichten im Laufe seines Werkes ändern kann. Dass es vor dem kritischen Kant noch den vorkritischen Kant gegeben hat, mag man vielleicht noch hinnehmen. Dass aber Leibniz in seiner mittleren Periode Konzeptionen entwickelt hat, die dann im Spätwerk teilweise wieder aufgegeben oder systematisch verändert worden sind, ist für einen solchen Zugang schon schwerer zu akzeptieren.

Nun ist Leibniz allerdings ein großer Systematiker, neben Aristoteles vielleicht der größte, und daher mag ein systematischer Zugang nicht schon vom Ansatz her verfehlt zu sein, sondern kann vielleicht sogar wichtige Zusammenhänge erschließen, die aus einer isolierten Lektüre von Texten zu einem bestimmten Themenbereich nicht so leicht gewonnen werden können. Dabei war Leibniz zwar ein systematischer Denker, hat aber sein System niemals in einer großen Synthese dargestellt. Daher bleibt vielleicht gar nichts anderes übrig, als zu versuchen, Zusammenhänge zu rekonstruieren.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, das Leibnizsche System von einem seiner Enden oder Teile her zu erfassen, physikalisch, mathematisch, logisch, metaphysisch, theologisch, juristisch ... Meiner Ansicht nach verfehlt dies aber gerade einen, wenn nicht den wesentlichen Zug seines Denkens, nämlich all diese Zugänge zu einer höheren Einheit zu verweben, in welcher keiner von ihnen mehr die Priorität oder den Vorzug besitzt.

Eine weitere Gefahr besteht darin, vom heutigen Erkenntnisstand aus Einsichten in Leibniz hineinzulesen, die er noch nicht besessen hat und vielleicht auch noch gar nicht hat besitzen können. Dies lässt sich allerdings auch positiv wenden, insofern als manchmal erst von unserem Erkenntnisstand aus erkennbar wird, welche Einsichten schon im Keim in seinem Werk angelegt waren.

Die Antworten, die Leibniz gibt, ändern sich im Laufe seines Lebens, wie dies beispielsweise in den bedeutenden Untersuchungen von De Risi [61] und Garber [96] ausgearbeitet ist und wie man auch in den wissenschaftlichen Biographien von Aiton [2] und Antognazza [5] nachvollziehen kann. Es erscheint daher nicht angemessen, ein Leibnizisches System (re)konstruieren zu wollen, aber die fundamentalen Fragen, mit denen er gerungen und die er oft als erster identifiziert oder in ihrer Tiefe ausgelotet hat, bleiben die gleichen. Und diese Fragen bleiben auch für die heutige Naturwissenschaft relevant, auch wenn sich natürlich nicht nur das Spektrum der Antworten, sondern auch der Kontext der Fragen gegenüber den Leibnizischen Versuchen verschoben hat.

Auch wenn sich die Leibnizischen Ansichten entwickelt und verändert haben, durchzieht sein Werk doch eine bemerkenswerte innere Konsistenz. Es wird durch einige fundamentale Prinzipien geleitet, wie den Satz vom zureichenden Grunde, das Kontinuitätsprinzip oder die Energieerhaltung, die miteinander verwoben sind oder werden, und in grandioser Weise Logik und rationales Denken, Mathematik, Physik, Philosophie und Theologie miteinander verknüpfen. Einerseits ist diese innere Konsistenz nun eine großartige intellektuelle Leistung, aber andererseits wird auch das ganze Gedankengebäude bedroht, wenn sich an einer Stelle ein Problem oder eine Inkompatibilität mit der physikalischen Wirklichkeit ergibt.

Es ist aber weniger das Ziel der nachfolgenden Analyse, Probleme oder Bruchstellen in Leibniz' System zu identifizieren und herauszuarbeiten, auch wenn die Analyse einige derartige Schwierigkeiten zutage fördern wird. Vielmehr soll ein umfassendes und kohärentes System in all seinen ineinandergreifenden Teilen und Aspekten nicht de-, sondern rekonstruiert werden. Die Gefahr, dass dies vielleicht weniger eine Rekonstruktion als eine Neu- und vielleicht sogar eine Fehlkonstruktion ergeben wird, ist schon benannt worden.

Es wird also im Nachfolgenden ein fiktiver Leibniz geschaffen. Dabei ist es nicht mein Ziel, einen Strohmännchen zu konstruieren, den ich dann triumphierend in Flammen aufgehen lassen kann, eine Porzellanfigur, die ich in tausend Stücke zerschlagen kann, oder eine Wachsgestalt, die unter meinen wuchtigen Schlägen nachgibt, sondern ich will einen Felsen in die Brandung der heutigen wissenschaftlichen Diskussion werfen, um zu sehen, welche ihrer Wellen sich an ihm brechen, welche über ihn hinwegspülen und welche ihn vielleicht sogar in ihren Strudel mitreißen.

Der Anlass dieses Werkes war ein Vortrag, den ich auf der Novembersitzung 2016 der Mainzer Akademie der Wissenschaften und der Literatur gehalten habe, um an Leibniz' 300. Todestag zu erinnern. Ich danke der Mainzer Akademie für diese Anregung, mich aus der Perspektive eines heutigen Naturwissenschaftlers mit dem Werk von Leibniz auseinanderzusetzen. Das vorliegende Werk ist natürlich wesentlich umfangreicher als das ursprüngliche Vortragsmanuskript – welches auch schon erheblich mehr Material enthielt, als ich tatsächlich vortragen konnte –, denn die Beschäftigung mit Leibniz hat für mich eine ungeheure Eigendynamik entfaltet.

In dem Abschn. 10.2 muss ich, um das Problem des absoluten Raumes, eines wesentlichen naturphilosophischen Streitpunktes zwischen Leibniz und Newton, aus der heutigen Erkenntnislage heraus fundiert behandeln zu können, auch die mathematischen Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie entwickeln. Dieser Abschnitt ist also mathematisch gehalten, was nicht allen Leserinnen und Lesern behagen wird. Da spätere Kapitel sich aber nicht mehr auf diesen Abschnitt beziehen werden und auch der das Kap. 10 beschließende Abschnitt wieder verbal gehalten ist, kann man den genannten Abschnitt notfalls auch überschlagen. Schließlich richtet sich dieses Buch an alle Personen, die an dem leibnizischen System oder allgemein an naturphilosophischen Fragestellungen interessiert sind.

Für die nachstehenden Ausführungen ist in vieler Hinsicht wesentlich, was ich von verschiedenen Freunden und Kollegen gelernt habe, durch ihre ausführlichen Antworten auf meine Fragen, aber auch umgekehrt durch ihre Einwände und Fragen, die sie an mich gerichtet haben. Ich möchte hier insbesondere Maria Rosa Antognazza, Richard Arthur, Martin Carrier, Vincenzo De Risi, Daniel Garber, Gottfried Gabriel, Stephan Luckhaus, Massimo Mugnai, Donald Rutherford, Justin Smith, Pirmin Stekeler-Weithofer, Wolfgang Wahlster nennen. Auch den viele Themen berührenden Diskussionen mit meinem verstorbenen Freund Olaf Breidbach habe ich wesentliche Einsichten zu verdanken. Sicherlich werden die Genannten keineswegs mit allem, was nachfolgend steht, übereinstimmen, und sie sind vor allem auch nicht für meine sachlichen Fehler verantwortlich.

Aus den vorstehend benannten Gründen hat dieses Werk sicher seine Mängel. Nun ist mir aber unversehens die Beschäftigung mit dem leibnizischen Denken zu einem Panorama der heutigen Naturwissenschaft geworden. Und da ich in den dargestellten Bereichen, von der Mathematik und der theoretischen Hochenergiephysik über Evolutions- und Molekularbiologie bis hin zu den Neurowissenschaften und der Psychologie, selber als aktiver Forscher tätig gewesen bin und auch konzeptionelle Aspekte mit führenden Vertretern der jeweiligen Disziplinen diskutiert habe, glaube ich, dass ich nicht nur den derzeitigen Forschungsstand besser überblicke, sondern auch tiefer in manche konzeptionelle Grundfragen eingedrungen bin als die meisten Naturphilosophen. Umgekehrt hat meine Beschäftigung mit dem leibnizischen Denken mir hoffentlich auch zu neuen Einsichten in einige dieser Fragestellungen verholfen, die über das hinausgehen, was die jeweiligen Fachspezialisten einsehen. Dies möge dem Buch seinen Sinn verleihen.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Leibniz' System</b> .....	1
<b>2</b>	<b>Verortung</b> .....	13
<b>3</b>	<b>Begriffe, Modelle und Strukturen</b> .....	23
<b>4</b>	<b>Materie</b> .....	27
<b>5</b>	<b>Dynamik</b> .....	33
<b>6</b>	<b>Raum und Geometrie</b> .....	43
<b>7</b>	<b>Das Kontinuum</b> .....	49
7.1	Das Problem des Kontinuums in der modernen Physik .....	51
7.2	Relativität und Ähnlichkeit .....	54
7.3	Das Diskrete und das Kontinuierliche .....	56
<b>8</b>	<b>Logik</b> .....	59
8.1	Syllogistik .....	62
8.2	Begriffslogik als Algebra .....	64
8.3	Prädikatenlogik .....	68
8.4	Relationen .....	69
8.5	Satzlogik und die Semantik möglicher Welten .....	69
8.6	Existenz .....	72
<b>9</b>	<b>Strukturelles Denken und mathematische Symbolik</b> .....	73
<b>10</b>	<b>Beziehungen zwischen Entitäten und die Relationalität des Raumes</b> .....	77
10.1	Kompossibilität, Gleichzeitigkeit und die relativistische Struktur der Raum-Zeit .....	77
10.2	Die konzeptionellen und mathematischen Grundlagen und Aussagen der Allgemeinen Relativitätstheorie .....	81
10.2.1	Der Minkowskiraum .....	83



10.2.2	Differenzierbare Mannigfaltigkeiten .....	88
10.2.3	Transformationsregeln: Invarianz, Kovarianz und Kontravarianz .....	90
10.2.4	Riemannsche Metriken .....	93
10.2.5	Allgemeine Relativitätstheorie .....	96
10.2.6	Partielle Differentialgleichungen .....	99
10.2.7	Singularitäten der Raum-Zeit .....	104
10.3	Gleichzeitigkeit und Bewegung .....	105
<b>11</b>	<b>Mögliche Welten</b> .....	107
11.1	In welchem Sinne existieren mögliche Welten? .....	107
11.2	Mögliche Welten und kosmologische Spekulationen .....	108
11.3	Mögliche Welten und die Interpretation der Quantenmechanik .....	110
<b>12</b>	<b>Kausalität</b> .....	113
12.1	Kontingenz und Kausalität .....	113
12.2	Wirk- und Finalursachen .....	115
<b>13</b>	<b>Biologie</b> .....	119
13.1	Die mendelschen Gene als kombinatorische, zufällig veränderliche Bausteine .....	121
13.2	Grundlegende Konzepte der Biologie .....	125
13.3	Ein neuer Ansatz einer biologischen Systemtheorie .....	130
<b>14</b>	<b>Zeit</b> .....	137
14.1	Periodische, entropische und evolutionäre Zeit .....	137
14.2	Erlebte und geplante Zeit .....	139
14.3	Komplexe Zeit und Physik .....	141
<b>15</b>	<b>Hirnforschung und Kognitionstheorie</b> .....	143
15.1	Das Bewusstsein als Gegenstand der Philosophie .....	143
15.2	Zur heutigen philosophischen Diskussion des Bewusstseins .....	146
15.3	Das Gehirn als Träger des Geistes .....	151
15.4	Noch einmal zu Leibniz .....	156
<b>16</b>	<b>Schluss</b> .....	159
	<b>Anhang A: Zur Literatur</b> .....	163
	<b>Anhang B: Die Schriften von Leibniz</b> .....	165
	<b>Literatur</b> .....	167
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	177