

CHUN-FA LIU

Die metaphysische Grundlage
der Kontroverse um den
Kraftbegriff zwischen
Descartes und Leibniz

Collegium Metaphysicum

9

Mohr Siebeck

COLLEGIUM METAPHYSICUM

Herausgeber / Editors

Thomas Buchheim (München) · Friedrich Hermann (Tübingen)
Axel Hutter (München) · Christoph Schwöbel (Tübingen)

Beirat / Advisory Board

Johannes Brachtendorf (Tübingen) · Jens Halfwassen (Heidelberg)
Johannes Hübner (Halle) · Anton Friedrich Koch (Heidelberg)
Michael Moxter (Hamburg) · Friedrike Schick (Tübingen)
Rolf Schönberger (Regensburg) · Eleonore Stump (St. Louis)



Chun-Fa Liu

Die metaphysische Grundlage
der Kontroverse um den
Kraftbegriff zwischen Descartes
und Leibniz

Mohr Siebeck

Chun-Fa Liu, geboren 1969; 1997–2004 Studium der Philosophie, der Musikwissenschaft und der Sinologie; 2012 Promotion; derzeit Assistant Professor für Philosophie an der Fu Jen Catholic University, Taipeh.

Gedruckt mit freundlicher Unterstützung der Geschwister Boehringer Ingelheim Stiftung für Geisteswissenschaften in Ingelheim am Rhein.

e-ISBN PDF 978 3-16-153101-9
ISBN 978 3-16-152618-3
ISSN 2191-6683 (Collegium Metaphysicum)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

© 2014 Mohr Siebeck Tübingen. www.mohr.de

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

Das Buch wurde von Computersatz Staiger in Rottenburg aus der Stempel Garamond gesetzt, von Laupp & Göbel in Nehren auf alterungsbeständiges Werkdruckpapier gedruckt und von der Buchbinderei Nädele in Nehren gebunden.

Vorwort

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um die leicht überarbeitete Fassung einer Arbeit, die im Wintersemester 2012 von der Fakultät für Philosophie, Wissenschaftstheorie und Religionswissenschaft der Ludwig-Maximilians-Universität München als Dissertation angenommen wurde.

Mein erster Dank geht zunächst an meinen wissenschaftlichen Betreuer Prof. Dr. Thomas Buchheim. Durch seine herzliche Unterstützung in allen Bereichen während meines Studiums in München hat die Arbeit erst entstehen können. Er ist für mich ein lebendiges Beispiel, wie man in der Gegenwart auf würdige Weise Metaphysik enthusiastisch betreiben kann. Herrn Prof. Wilhelm Jacobs danke ich für die freundliche Übernahme des Zweitgutachtens. Besonderen Dank schulde ich auch Herrn Professor Dr. Christoph Kann. Seine großzügige Geduld und Hilfsbereitschaft ermöglichte mir, meine Studie während der Assistenzarbeit in Düsseldorf weiter zu entwickeln. Selbstverständlich danke ich auch herzlich allen Freunden und Bekannten, die mir bei der inhaltlichen und sprachlichen Prüfung der Arbeit geholfen haben.

Außerdem danke ich der Geschwister Boehringer-Ingelheim Stiftung für die Gewährung eines Druckkostenzuschusses.

Mein herzlicher Dank gilt vor allem meinen Eltern, die mich während meines langjährigen Studiums in Deutschland immer unterstützt haben. Nicht zuletzt sei meiner Frau Beata und meinen zwei Kindern Emma-Klara und Marcel, die während der Verfassung der vorliegenden Arbeit in München geboren wurden, herzlich gedankt. Ohne den Wunsch, eine eigene Familie auf einer festen Basis zu gründen, wäre diese Arbeit nie fertig geworden. Ihnen ist sie daher gewidmet.

New Taipei City, im März 2014

Chun-Fa Liu

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1. Die Kontroverse um die Kraftmessung	7
1.1. Der Anfang der Kontroverse – Leibniz' <i>Brevis demonstratio</i> von 1686	7
1.2. Die Entgegnungen von Abbé Catelan und Denis Papin	11
1.2.1. Die Kontroverse mit Abbé Catelan	11
1.2.2. Die Kontroverse mit Denis Papin	17
1.3. Die naturwissenschaftlichen Betrachtungsweisen der Kontroverse, ausgehend von D'Alembert bis heute	25
2. Der Cartesische Kraftbegriff	33
2.1. Die Idee der Wirkursache	33
2.2. Die problematische Anwendung des Kraftbegriffs in den naturphilosophischen Schriften von Descartes	41
2.3. Der ontologische Status des materiellen Kraftbegriffs – die Kraft als die subjektive Idee der Wirkursache (<i>causa efficiens</i>)	46
2.4. Die Schwerkraft	51
2.5. Die Charakteristik der körperlichen Kraft bei Descartes	56
2.5.1. Die Simultaneität der Kraftübertragung	56
2.5.2. Die Kraftausübung von einem auf das andere	65
2.5.3. Die widerstehende Kraft des ruhenden Körpers	66
2.6. Schlussbetrachtung und Zusammenfassung des Cartesischen Kraftbegriffs	75
3. Der Leibniz'sche Kraftbegriff	79
3.1. Der Leibniz'sche Reifungsprozess hinsichtlich der Natur des Körpers	79
3.2. Leibniz' Substanzlehre – Substanzen als wahre Einheiten	87
3.3. Die körperliche Substanz	102
3.4. Die metaphysische Union der Monaden – <i>vinculum substantiale</i>	109

3.5. Der Kraftbegriff in der Leibniz'schen Mechanik	116
3.5.1. Die ursprüngliche und die abgeleitete Kraft	116
3.5.2. Die körperliche Elastizität und die abgeleitete Kraft	126
3.5.3. Die Ambivalenz der abgeleiteten Kraft	131
3.5.4. Die Kraft als die Ansammlung des sukzessiven Drangs	132
3.5.5. Die physikalische Kraft als Drang zur Bewegung	135
4. Die metaphysische Basis der Kontroverse um die lebendige Kraft	139
4.1. Die Kraft aus der Bewegung vs. die Kraft aus dem Drang zur Bewegung	141
4.2. Die Kontroverse um das Wesen der Trägheit	147
4.3. Der Leibniz'sche apriorische Beweis der Kraftmessung durch den Begriff „actio“	156
Schlussbetrachtung	163
Siglen	167
Literaturverzeichnis	169
Quellen	169
Sekundärliteratur	170
Personen- und Sachverzeichnis	177

Einleitung

Der universale Kraftbegriff leitet sich offensichtlich aus der inneren Erfahrung des Menschen her. Die Kraft ist ursprünglich entweder ein physiologisches Erlebnis der Muskelanstrengung oder die mentale Erfahrung der Willensstärke, die uns deutlich spüren lässt, dass wir auf Andere einwirken oder Anderen gegenüber Widerstand leisten können. Dieses innere Erlebnis projizieren wir auf die materielle Natur, d. h. auf die Dinge, die durch unsere äußerlichen Sinne erfahrbar sind, und wir meinen zugleich, dass es hinter den Naturerscheinungen eine Naturkraft gebe, welche die Veränderungen des Naturgeschehens bewirkt, weil die Natur selbst auf eine solche kausale Geordnetheit hinweist. Der sich auf die Naturerscheinungen beziehende Kraftbegriff ist daher nichts anderes als eine metaphysische Annahme – eine Annahme der allgemeinen kausalen Beziehung nämlich, durch welche wir die Naturphänomene zu begreifen und zu prognostizieren versuchen. Das Forschungsergebnis der auf dem Kraftgedanken fußenden Naturwissenschaften ist also eines, das uns die Naturwissenschaftler spätestens seit dem 17. Jahrhundert anhand jenes metaphysischen Begriffs präsentieren. Es scheint jedoch, dass wir mit jener metaphysischen Annahme so großen Erfolg erzielt haben, dass sie für unser Verständnis des Naturgeschehens bis heute unabdingbar ist. Der Einfluss des mathematisch bestimmbar Kraftbegriffs in der Mechanik auf unser alltägliches Leben ist so enorm, dass uns der universale Kraftbegriff, wie beispielsweise die Anziehungskraft der Erde, heute ganz selbstverständlich erscheint und von uns ohne Weiteres akzeptiert wird.

Mit dieser Eigenart des Kraftbegriffs, die stets vor Augen geführt werden muss, möchte die hier vorliegende Studie eine historische Kontroverse über den Kraftbegriff zwischen René Descartes (1596–1650) und Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) untersuchen. Damit ist zugleich die Erörterung metaphysischer Aspekte des modernen Kraftbegriffs bei seiner Entstehung verbunden. Bei jener Kontroverse handelt es sich hauptsächlich darum, ob die von Leibniz postulierte „lebendige Kraft“ (*vis viva*)¹, welche sich wie das Quadrat der Geschwindigkeit des bewegten Körpers verhält, als die wahre Größe der bewegend Kraft in der Natur gegeben ist. Dabei ist erstens zu konstatieren, dass sowohl Leibniz als auch Descartes an dem Gedanken festhalten, dass einem bewegten Körper eine bewegend Kraft als die Ursache der Bewegung unter-

¹ SD, I in GM, VI, 238. Für die hier und im Folgenden verwendeten Siglen für die Schriften und Werkausgaben von Descartes und Leibniz siehe unten S. 167.

stellt ist. Auf Grund einer bestimmten Kraftstärke wird ein Körper dementsprechend bewegt. Der kausale Zusammenhang eines Naturgeschehens wird nicht bezweifelt. Außerdem vertreten sie insofern die gleiche Meinung, als der Krafteinfluss nur durch die Berührung der Körperoberfläche, d. h. nur durch Stoß oder Druck auf die Körper, ausgeübt werde. Die Kraft aus einer fernen Distanz, wie die Idee des Kraftfelds in der modernen Physik, war sowohl Descartes als auch Leibniz undenkbar und als okkulte Eigenschaft (*qualitas occulta*) zu verwerfen.² Das physikalische Geschehnis sei allein durch die mechanische Erklärung verständlich. Auch glaubten die beiden, dass die gesamte Kraft im Universum konstant bleiben müsse, obzwar die Bewegung des einzelnen Körpers nach dem Zusammenstoß in der Wirklichkeit stärker oder schwächer wird. Die gesamte Kraft bzw. die Summe der Bewegung im Universum dürfte weder vermehrt noch vermindert werden. Denn es gebe einerseits aus theologischer Sicht keinen Grund für einen allmächtigen Gott, die Ursache aller Bewegungen in der Welt, die gesamte Kraft in der Natur nämlich, die er bei der Schöpfung der Welt angesetzt hat, zu korrigieren.³ Bekanntlich hat Leibniz Gott mit einem Uhrmacher verglichen und dabei gemeint, dass Gott die Welt wie eine perfekte Uhr geschaffen habe, die er nicht von Zeit zu Zeit aufziehen müsse.⁴ Andererseits sei die Vermehrung oder Verminderung der gesamten Kraft im Universum sowohl aus rationalen Gründen absurd als auch empirisch nicht bestätigt.⁵ Weder die immer steigende Bewegung des ganzen Universums noch das Ruhigerwerden desselben sei denkbar oder zu erfahren. Leibniz hat diesbezüglich besonders auf das Prinzip des Grundes hingewiesen. Die Kraft als Ursache der Bewegung kann also nicht ohne Grund im ganzen Universum vermindert oder vermehrt werden.⁶ Das ganze materielle Universum unterliegt einer strengen Kausalität. Die gesamte bewegende Kraft des Universums muss nach dem Prinzip der Gleichheit von Ursache und Wirkung konstant bleiben. So weit scheint Leibniz mit Descartes übereinzustimmen. Der Meinungsunterschied liegt aber vor allem in der richtigen Kraftmessung. Leibniz war der An-

² Vgl. NE, Vorwort in GP, V, 53–58; GP, VII, 343 f.

³ So argumentiert Descartes in PP, II, § 36 in AT, VIII-1, 61 f. Leibniz scheint damit übereinzustimmen. Vgl. GP, IV, 370.

⁴ Vgl. Leibniz' erstes und viertes Schreiben an Clarke vom November 1715 in GP, VII, 352, 375 f. Den Grund der Krafterhaltung auf die Beständigkeit bzw. die Vollkommenheit Gottes zurückzuführen, ist Leibniz jedoch ein ziemlich schwacher Beweis der Krafterhaltung. In seinem Brief an Heinrich Oldenburg vom 15./25. Oktober 1671 hat er dies geäußert: „Nec a Cartesio demonstratum est, eandem semper quantitatem motus in universo a Deo conservari; ratiocinatio enim ab immutabilitate Dei valde infirma est“ (A, II, 1², 272). In seinem Brief an Des Bosses vom 1. September 1706 hat Leibniz sogar bestritten, die Erhaltung der gesamten Kräfte im Universum aus der Beständigkeit Gottes abzuleiten (vgl. GP, II, 313).

⁵ Vgl. *Essay de Dynamique* in GM, VI, 214.

⁶ Vgl. GM, VI, 219; A, VI, 3, 568. Descartes scheint dies auch auf ähnliche Weise zu behaupten, siehe PP, II, § 37 in AT, VIII-1, 62 oder in seinen *Meditationes*: „nec posse aliquid a nihilo fieri“ (AT, VII, 41).

sicht, dass die wahre Kraftmessung eines bewegten Körpers durch das Produkt aus der Masse⁷ und dem Quadrat der Körpergeschwindigkeit (mv^2) zu gewinnen sei. Dies nennt er die „lebendige Kraft“. Sie sei eine reale und wesentliche Bestimmung des physischen Körpers im Körper selbst. Leibniz' Auffassung von der Kraftmessung geriet jedoch in Konflikt mit derjenigen der Cartesianer. Diese glaubten nämlich, dass die Bewegungsgröße, das Produkt aus der Masse und der Geschwindigkeit, das richtige Maß sei, um die Größe der bewegenden Kraft zu berechnen. Dieser Meinungsunterschied hatte so großen Einfluss, dass die Naturwissenschaftler im Bereich der Mechanik bis ins 18. Jahrhundert hinein grundsätzlich in zwei Gruppen geteilt werden können.⁸ Selbst bei Immanuel Kant war jene Streitfrage angelangt. In seiner Erstlingsschrift *Gedanken von*

⁷ Der Fachausdruck „Masse“ ist anachronistisch. Es ist aber nicht so, wie einige Kommentatoren oft meinen, dass Descartes keine klare Vorstellung von der Masse hatte, die sich von der extensionalen Größe oder Schwere unterscheidet (siehe beispielsweise Aron Gurwitsch, *Leibniz. Philosophie des Panlogismus*, Berlin/New York 1974 [= *Leibniz*], 377 f. und Max Jammer *Concepts of Mass in Classical and Modern Physics*, New York 1997 [= *Concepts of Mass*], 60 f.). Bei Descartes' Formulierung der Bewegungsgesetze ist der Körper kein alltäglich erfahrbarer Körper, sondern es wird allein ein idealer, homogener Körper vorausgesetzt. Daher wird die materielle Größe allein von der extensionalen Größe bestimmt. Leibniz hat dagegen einen dynamischen Massebegriff entwickelt. Allerdings ist er beim Gebrauch des Terminus „Masse“ nicht immer konsequent verfahren. Mit den Ausdrücken „*massa*“ oder „*moles*“ im Lateinischen oder „*masse*“ im Französischen bezeichnet er sowohl besonders, ähnlich wie bei Newton, die bestimmte *quantitas materiae* eines physikalischen Körpers (z. B. in GP, II, 251: „Vires quae ex massa et velocitate oriuntur, derivativae sunt“; 262: „Motum seu quod resultat ex mole et celeritate, esse ais vires derivativas“; III, 43; SD, I, in GM, VI, 239; GM, VI, 297: „Moles est quantitas materiae in mobili contentae“; 345 f., 398) als auch allgemein die metaphysische, ursprüngliche Materie (*materia prima*), welche den Raum kontinuierlich erfüllt und nur durch die Ausdehnung und Undurchdringlichkeit charakterisiert ist. Da jene ursprüngliche Materie überall homogen sein soll, sei ihre Quantität nur unbestimmt. (Vgl. den Brief an Jacob Thomasius vom 29./30. April 1669 in GP, I, 17 f.; IV, 165: „Materia prima est ipsa Massa in qua nihil aliud quam extensio et ἀντιρροια seu impenetrabilitas; extensionem a spatio habet quod replet; natura ipsa materiae in eo consistit quod crassum quiddam est et impenetrabile, et per consequens alio occurrente (dum alterum cedere debet) mobile. Haec jam massa continua mundum replens, dum omnes ejus partes quiescunt, materia prima est, ex qua omnia per motum fiunt, et in quem per quietem resolvuntur, est enim in ea in se spectata nulla diversitas, mera homogeneitas nisi per motum. [...] quantitatem quoque habet materia, sed interminatam, ut vocant Averroistae, seu indefinitam, dum enim continua est, in partes secta non est, ergo nec termini in ea actu dantur: extensio tamen seu quantitas in ea datur.“) Später bezeichnet Leibniz jedoch die sekundäre Materie (*materia secunda*), womit er das körperliche Aggregat gekennzeichnet hat, als „*massa*“ (vgl. GM, III, 537; Brief an Des Bosses vom 31. Juli 1709 in GP, II, 379; Brief an Bierling vom 12. August 1711 in GP, VII, 501 f.: „Massa est aggregatum substantiarum corporearum“). Zur Problematik des Massebegriffs in Schriften Leibniz' siehe Jammer, *Concepts of Mass*, 76–80 und Ernst Cassirer, *Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen*, Darmstadt ²1962, 515 (= *Leibniz' System*). Auf die dynamische Bestimmung der Materie von Leibniz werde ich im 3. Kapitel noch näher eingehen.

⁸ Vgl. Larry Laudan, „The Vis viva Controversy, a Post-Mortem“, *Isis* 59/2 (1968), 131–143 (= „Vis viva Controversy“), 131.

der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte von 1747 hat er bestätigt, dass der Streit um die lebendige Kraft „eine der größten Spaltungen“ sei, „die itzo unter den Geometrern von Europa herrscht“, ⁹ und daraufhin versucht, jenen Streit durch die Verbesserung von Leibniz' Kraftmaß beizulegen.

Die lange Dauer des Streits über dieses Thema in der Geschichte der Mechanik zeigt sich aber als ein einzigartiges Phänomen. Denn in der Physik wird eine Theorie gewöhnlich entweder durch Experimente bestätigt und allgemein akzeptiert oder abgelehnt und gerät dann schnell in Vergessenheit. Auf Grund der Tatsache, dass der Streit so lange gedauert hat, ist es von Interesse zu fragen: Was hat die Entscheidung so erschwert, das Kraftmaß der Bewegung richtig zu berechnen? Der Versuch, diese Frage zu beantworten, führt jedoch zu einer anderen Frage, die wir ebenfalls beantworten müssen: Was ist eigentlich der Gegenstand des Streits für Leibniz und Descartes? Haben die Cartesianer und die Leibnizianer das gleiche Verständnis hinsichtlich der zugrunde liegenden Faktoren, die jene bedeutende Kraftberechnung bestimmen? Der Gegenstand des Streits, die Kraftberechnung nämlich, ist vermutlich den Naturphilosophen von so großer Bedeutung, dass sie darum lange streiten. Woran liegt aber die Bedeutsamkeit des Kraftbegriffs?

Die Antwort auf diese Fragen, so meine Auffassung, liegt nicht allein in den physikalischen Berechnungen. Die metaphysische Grundlage für den Begriff des Körpers und der Kraft muss dabei eine sehr wichtige Rolle gespielt haben, sodass die Grunddifferenz derart enorm gewesen war, dass die beiden Parteien einander nicht so leicht verstehen konnten. Das Ziel der vorliegenden Studie liegt besonders darin, die metaphysische Grundlage, die bei der Kontroverse um die lebendige Kraft (der *Vis-viva*-Kontroverse) mitgewirkt hat, herauszuarbeiten.

Im Folgenden werden wir im 1. Kapitel die anfänglichen Momente des historischen Streits, den Leibniz veranlasst hat, darstellen, um sowohl die physikalische Perspektive als auch die metaphysische Tiefe jenes Streits hervorzuheben. Dies ist besonders ersichtlich in den öffentlichen Kontroversen zwischen Leibniz einerseits und sowohl Abbé Catelan als auch Denis Papin (1647–1712) andererseits. In diesen Auseinandersetzungen können wir leicht feststellen, dass die beiden Kontrahenten gegen Leibniz eindeutig die Cartesische Vorstellung der Natur als allgemein anerkannt angenommen haben, ohne sie als problematisch zu betrachten. Leibniz musste öffentlich darlegen, was eigentlich die Bewegung an sich sei, um Descartes' Kraftmaß als fehlerhaft zu erweisen und sein eigenes Kraftmaß zu rechtfertigen. Der Meinungsunterschied hinsichtlich des Kraftmaßes zwischen Leibniz und Abbé Catelan oder Denis Papin ist damit letztendlich auf die unterschiedlichen Sichtweisen der Natur, d. h. auf die Naturmetaphysik, zurückzuführen. Dieser Streit um das Kraftmaß erscheint

⁹ AA, I, 14.

daher nicht mehr sinnvoll, nachdem die Naturwissenschaftler seit dem 18. Jahrhundert die spekulative Metaphysik aus der Naturwissenschaft immer weiter hinausgedrängt haben, oder anders gesagt, nachdem sie eine bestimmte Sichtweise der Natur als grundlegend vorausgesetzt und alle anderen Möglichkeiten der Naturmetaphysik von der quantitativen, berechenbaren Physik ausgeschlossen haben. Ohne die metaphysischen Aspekte zu berücksichtigen, wird aber die *Vis-viva*-Kontroverse leicht zum Wortstreit degradiert. Sogar die modernen Wissenschaftshistoriker nehmen bis heute die metaphysischen Hintergründe der *Vis-viva*-Kontroverse nicht wahr. Deren Sinn ist seit langem in Vergessenheit geraten. Daher stellt sich die vorliegende Studie die Aufgabe, den verloren gegangenen Sinn der Kraftmaßkontroverse durch sein Verhältnis mit den verschiedenen metaphysischen Gedanken wiederzugewinnen.

Nachdem wir sowohl die physikalische als auch die metaphysische Perspektive jener Kontroverse in ihren anfänglichen Stadien in groben Zügen in den Blick genommen haben, untersuchen wir im 2. Kapitel das Wesen des Cartesischen Körpers und der Cartesischen physikalischen Kraft. Descartes hat den Kraftbegriff in seiner Naturlehre oft verwendet. Er begründete diese Terminologie aber nicht. Der ontologische Status des Kraftbegriffs bleibt in seinen Schriften unbestimmt. Der Kraftbegriff in seiner Naturlehre scheint aber als ein funktionaler Begriff der bereits bekannten Idee der Ursache, durch welche eine besondere Wechselwirkung erklärt wird, zu fungieren. Da der Kraftbegriff auf diese Weise als eine Idee nur im Ursache suchenden Geist und nicht wahrhaft in der Natur vorhanden sei, verhaftet jene Idee kein Moment in der von Descartes vorgestellten Natur. Sie existiert nur im Augenblick der Wirkung und befindet sich nicht im Prozess der kontinuierlich entstehenden und vergehenden Natur. Ihre Größe, die nach Descartes durch Körpergröße und Bewegungsgeschwindigkeit gemessen werden soll, ist vor allem intuitiv vorgestellt. Sie wird als ein sicheres Wissen behauptet, ohne dass es wahrhaft rational begründet wird.

Es folgt danach im 3. Kapitel die Analyse der wesentlichen Vorstellungen von Körper und Kraft nach Leibniz. Jene Analyse hängt sehr vom Verständnis seines Substanzbegriffs ab. Anders als beim Cartesischen Kraftbegriff liegt bei Leibniz die lebendige Kraft wesentlich im Körper selbst. Sie ist abgeleitet von einer ursprünglichen Kraft in der Substanz. Und nicht nur die körperliche Kraft und die Bewegung, sondern auch die Ausdehnung und Undurchdringlichkeit, welche die Cartesianer als die nicht mehr rückführbaren Attribute des Körpers betrachten, sind nach Leibniz Ausdruck der ursprünglichen Kraft der Substanz. Im Gegensatz zur Cartesischen Metaphysik, welche die Gewissheit des Wissens als den Ausgangspunkt ihrer Methodik betrachtet und damit die Natur zur bloßen Zusammensetzung aus der bruchstückhaften, momentanen Materie degradiert, strebt Leibniz nach der harmonischen, begründeten Einheit zwischen der mithilfe des Substanzbegriffs konstruierten Naturmetaphysik und den bei den Wechselwirkungen erfahrbaren Naturphänomenen. Die

Natur wird nicht aus der mathematischen Vernunft ideal konstruiert, sondern von innen als lebendig und vielfältig angeschaut. Die materiellen Phänomene resultieren aus jenen vielfältigen, inneren Tätigkeiten der natürlichen Substanzen selbst. Obwohl jene Resultate unter die mathematischen Prinzipien subsumiert werden können, gründen sie sich auf die inneren Tätigkeiten der geordneten Natur und nicht auf die Forderung nach sicherem Wissen des anschauenden Geistes. Der Streit um das richtige Kraftmaß ist auf Seiten Leibniz' tief verwurzelt in seinem Glauben an die Begründbarkeit der geordneten Natur.

Erst nach dieser Untersuchung des Körper- und Kraftbegriffs der beiden Protagonisten werden einige Schwierigkeiten sichtbar. Beispielsweise ist es schwer, bei den folgenden Fragen eine einheitliche Antwort unter verschiedenen metaphysischen Voraussetzungen zu bekommen: Auf welche Weise wird ein besonderes Naturphänomen erkannt? Wie wird ein bestimmtes Naturphänomen anhand eines Naturgesetzes erfasst? Mit welchem Fachausdruck soll man ein solches Phänomen bezeichnen? Wie wird jener Ausdruck angemessen in einer mathematischen Formel abgebildet? Auf Grund der Vorarbeit möchten wir im 4. Kapitel anschließend in die Untersuchung des metaphysischen Einflusses bei der Kontroverse um die lebendige Kraft einsteigen. Damit bezwecken wir, dass der metaphysische Einfluss jener historischen Kontroverse sichtbar wird. Es sollte hier entdeckt werden, dass die historische Kontroverse um das Kraftmaß in der Tat die verschiedenen Naturverständnisse involviert. Vor allem wird der Begriff „Tätigkeit“ von den Kontrahenten unterschiedlich verstanden.

Der moderne Erfolg der Naturwissenschaft und zugleich die Krise der Wertvorstellung in unserer technischen Welt resultieren wohl aus der Newton'schen Sichtweise der Natur, die von der Cartesischen Naturmetaphysik maßgebend bestimmt ist. Der lebendige Streit um die im Hintergrund stehende Naturmetaphysik zwischen Leibniz und den Cartesianern liegt längst hinter uns. Wir können aber überlegen, ob die Krise der modernen Welt mithilfe der gleichen, bereits vertrauten Naturmetaphysik gemeistert werden kann. Oder hat uns die Auseinandersetzung um die Naturmetaphysik bei der *Vis-viva*-Kontroverse nicht gerade auf eine Möglichkeit hingewiesen, wie man die Krise durch eine revidierte Naturmetaphysik überwinden könnte? Bedarf die Krise nicht nur einer wissenschaftlichen, sondern auch einer metaphysischen Revolution, um ihr zu entkommen? Zur Beantwortung dieser Fragen hofft die vorliegende Studie einige Hinweise geben zu können. Denn mit Sicherheit kann man aus der wahren Geschichte der *Vis-viva*-Kontroverse noch einiges lernen.

1. Die Kontroverse um die Kraftmessung

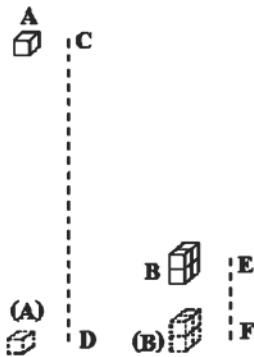
1.1. Der Anfang der Kontroverse – Leibniz' *Brevis demonstratio* von 1686

Im März 1686 veröffentlichte Leibniz einen Artikel in den *Acta eruditorum* mit dem folgenden Titel: *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum circa legem naturalem, secundum quam volunt a Deo eandem semper quantitatem motus conservari, qua et in re mechanica abutuntur*.¹ Darin bestreitet Leibniz erstens, dass die Bewegungsgröße (*quantitas motus*) nach Descartes eine unveränderliche Summe im Universum sei, zweitens, dass die bewegende Kraft (*vis motrix*) mit der Bewegungsgröße berechnet werden könne. Die erste Kritik über die Erhaltung der Bewegungsgröße ist in diesem Artikel nicht mit mathematischen Berechnungen oder anderweitigen Erklärungen begründet. Die Erhaltung der Bewegungsgröße wurde bereits zuvor von Christiaan Huygens (1629–1695) bestritten.² Leibniz versucht hier lediglich, für seine Gegenmeinung, dass die bewegende Kraft nicht anhand der Bewegungsgröße berechnet werden könne, einen Beweis zu führen. Dies tut er wie folgt:

Um zu zeigen, wie groß der Unterschied zwischen beiden [der bewegenden Kraft und der Bewegungsgröße] tatsächlich ist, nehme ich erstens an, dass ein Körper, der aus einer bestimmten Höhe herabfällt, dadurch die Kraft erlangt, die notwendig ist, um ebenso hoch wieder emporzusteigen, sofern er daran nicht von außen gehindert wird. So würde z. B. ein Pendel genau zu der Höhe, aus der es herabgefallen ist, wieder zurückkehren, wenn nicht der Widerstand der Luft und ähnliche kleine Hindernisse der Art, von de-

¹ A, VI,4, 2027–2030; GM, VI, 117–119.

² In den von der Londoner Royal Society herausgegebenen *Philosophical Transactions*, April 1669, hat Huygens insgesamt sieben Stoßgesetze aufgestellt. Im fünften Stoßgesetz hat er den Erhaltungssatz der Cartesischen Bewegungsgröße deutlich abgelehnt. Nur die Bewegungsgröße nach ein und derselben Seite soll erhalten bleiben, während die nach der entgegengesetzten Seite gerichtete Bewegungsgröße abgerechnet werden muss. Damit hat Huygens den Erhaltungssatz des Impulses der klassischen Mechanik formuliert. Leibniz war auf diese Veröffentlichung im August desselben Jahres bei seinem Kuraufenthalt in Bad Schwalbach aufmerksam geworden und versuchte anschließend, seine Theorie der Bewegung auszuarbeiten. Die sieben Stoßgesetze von Huygens hat er in seiner Schrift *De rationibus motus* (1669), welche er noch in Bad Schwalbach niedergeschrieben hat, exzerpiert. Dabei lautet das fünfte Stoßgesetz von Huygens: „Quantitas motus duorum corporum augeri minuique potest per eorum occursum, at semper ibi remanebit eadem quantitas versus eandem partem, ablata inde quantitate motus contrarii“ (A, VI,2, 158). Vgl. Hans Stammel, *Der Kraftbegriff in Leibniz' Physik*, Mannheim 1982 (= *Kraftbegriff*), 70 f., 190 f.



nen wir jetzt jedoch einmal absehen wollen, etwas von seiner Kraft absorbierten. Zweitens nehme ich an, dass eine gleich große Kraft nötig ist, um den Körper A von einem Pfund zur Höhe CD von vier Ellen oder aber den Körper B von vier Pfund zur Höhe EF von einer Elle zu heben. Dies alles wird von den Cartesianern wie auch von anderen zeitgenössischen Philosophen und Mathematikern zugegeben. Hieraus folgt, dass der aus der Höhe CD herabfallende Körper A genauso viel Kraft erhält wie der aus der Höhe EF herabfallende Körper B. Denn ist der Körper (A) durch seinen Fall von C nach D gelangt, so hat er dort, nach Voraussetzung 1, die Kraft, wieder bis zu C emporzusteigen, das ist die Kraft, einen Körper von einem Pfund (sich selbst nämlich) auf die Höhe von vier Ellen emporzuheben.

Ebenso hat der Körper (B), nach seinem Fall von E nach F, dort, nach Voraussetzung 1, die Kraft, wieder bis E emporzusteigen, das ist die Kraft, einen Körper von vier Pfund (also sich selbst) auf die Höhe von einer Elle zu heben. Somit sind nach Voraussetzung 2 die Kraft des Körpers (A) in D und die Kraft des Körpers (B) in F einander gleich.

Sehen wir nun zu, ob auch die Bewegungsgröße auf beiden Seiten dieselbe ist. Hier zeigt sich in der Tat wider Erwarten ein gewaltiger Unterschied, was ich folgendermaßen erkläre: Galilei hat bewiesen, dass die Geschwindigkeit, die durch den Fall von C nach D erreicht wird, das Doppelte der Geschwindigkeit ist, die sich durch den Fall von E nach F ergibt. Multiplizieren wir also den Körper A = 1 mit seiner Geschwindigkeit = 2, dann wird das Produkt bzw. die Bewegungsgröße gleich 2 sein; multiplizieren wir hingegen den Körper B = 4 mit seiner Geschwindigkeit = 1, dann wird das Produkt bzw. die Bewegungsgröße gleich 4 sein. Also ist die Bewegungsgröße des Körpers (A) in Punkt D die Hälfte der Bewegungsgröße des Körpers (B) in Punkt F, und dennoch sind, wie sich soeben ergeben hat, die Kräfte auf beiden Seiten gleich. Es besteht somit ein großer Unterschied zwischen der bewegenden Kraft und der Bewegungsgröße, sodass das eine sich nach dem anderen nicht berechnen lässt, was zu zeigen wir unternommen haben. Hieraus ergibt sich, wie die Kraft nach der Größe der Wirkung zu beurteilen ist, die sie hervorbringen kann, z. B. nach der Höhe, zu der sie einen schweren Körper von gegebener Größe und Gestalt emporheben kann, nicht jedoch nach der Geschwindigkeit, die sie ihm hineindrücken kann. Denn es bedarf nicht nur der doppelten, sondern einer größeren Kraft, um ebendiesem Körper eine doppelte Geschwindigkeit mitzugeben. Allerdings ist es kein Wunder, dass bei den gebräuchlichen Maschinen, dem Hebel, dem Schwungrad, der Winde, dem Keil, der Schraube und ähnlichem, ein Gleichgewicht besteht, sofern die Größe des einen Körpers die Geschwindigkeit des anderen, die man entsprechend der Konstruktion der Maschine erhalten würde, aufwiegt – sei es, weil ihre Größen (die Gleichartigkeit der Körper angenommen) und Geschwindigkeiten reziprok sind, sei es, weil auf beiden Seiten dieselbe Bewegungsgröße erscheint. Hier ergibt sich nämlich, dass auch die Größe der Wirkung oder die Höhe des Ab- oder Aufstiegs

auf beiden Seiten dieselbe ist, nach welcher Seite des Gleichgewichts auch die Bewegung erfolgen mag. Es ergibt sich daher hier nur zufällig, dass die Kraft sich nach der Bewegungsgröße berechnen lässt. In anderen Fällen als diesen, wie wir oben angeführt haben, fällt beides nicht zusammen.³

Fassen wir die Beweisführung von Leibniz zusammen: Er nimmt erstens an, dass die Kraft eines aus einer bestimmten Höhe frei herabfallenden Körpers genauso groß ist wie die Kraft, die man braucht, um denselben Körper wieder in die gleiche Höhe nach oben zu bringen. Dies kann vor allem bei der Pendelbewegung beobachtet werden.⁴

³ A, VI,4, 2028 f.: „Ego vero ut ostendam quantum inter haec duo intersit, suppono primo, corpus cadens ex certa altitudine acquirere vim eousque rursus assurgendi, si directio ejus ita ferat, nec quicquam externorum impediatur: exempli causa, pendulum ad altitudinem ex qua demissum est, praecise rediturum esse, nisi aëris resistentia similiaque impedimenta exigua alia nonnihil de vi ejus absorberent, a quibus nos quidem nunc animum abstrahimus. Suppono item secundo, tanta vi opus esse ad elevandum corpus A unius librae usque ad altitudinem CD quatuor ulnarum, quanta opus est ad elevandum corpus B quatuor librarum, usque ad altitudinem EF unius ulnae. Omnia haec a Cartesianis pariter ac caeteris Philosophis et Mathematicis nostri temporis conceduntur. Hinc sequitur, corpus A delapsum ex altitudine CD, praecise tantum acquisivisse virium, quantum corpus B lapsum ex altitudine EF. Nam corpus (A) postquam lapsu ex C pervenit ad D, ibi habet vim reassurgendi usque ad C, *per suppos. 1*, hoc est vim elevandi corpus unius librae (corpus scilicet proprium) ad altitudinem quatuor ulnarum. Et similiter corpus (B) postquam lapsu ex E pervenit ad F, ibi habet vim reassurgendi usque ad E, *per suppos. 1*, hoc est vim elevandi corpus quatuor librarum (corpus scilicet proprium) ad altitudinem unius ulnae. Ergo *per suppos. 2* vis corporis (A) existentis in D, et vis corporis (B) existentis in F, sunt aequales.

Videamus jam, an et quantitas motus utrobique eadem sit. Verum ibi praeter spem discrimen maximum reperietur. Quod ita ostendo. Demonstratum est a Galileo, celeritatem acquisitam lapsu CD, esse duplum celeritatis acquisitae lapsu EF. Multiplicemus ergo corpus A quod est ut 1, per celeritatem suam quae est ut 2, productum seu quantitas motus erit ut 2; rursus multiplicemus corpus B quod est ut 4, per suam celeritatem, quae est ut 1, productum seu quantitas motus erit ut 4. Ergo quantitas motus quae est corporis (A) existentis in D, est dimidia quantitatis motus quae est corporis (B) existentis in F, et tamen paulo ante vires utrobique inventae sunt aequales. Itaque magnum est discrimen inter vim motricem et quantitatem motus, ita ut unum per alterum aestimari non possit, quod ostendendum susceperamus. Ex his apparet, quomodo vis aestimanda sit a quantitate effectus, quem producere potest, exempli gratia ab altitudine, ad quam ipsa corpus grave datae magnitudinis et speciei potest elevare, non vero a celeritate quam corpori potest imprimere. Non enim dupla sed majore vi opus est ad duplam eidem corpori dandam celeritatem. Nemo vero miretur in vulgaribus machinis, vecte, axe in peritrochio, trochlea, cuneo, cochlea et similibus aequilibrium esse, cum magnitudo unius corporis celeritate alterius, quae ex dispositione machinae oritura esset, compensatur; seu cum magnitudines (posita eadem corporum specie) sunt reciproce ut celeritates; seu cum eadem alterutro modo prodiret quantitas motus. Ibi enim evenit etiam eandem utrobique futuram esse quantitatem effectus, seu altitudinem descensus aut ascensus, in quodcunque aequilibrum latus motum fieri velis. Itaque per accidens ibi contingit, ut vis a motus quantitate possit aestimari. Alii vero casus dantur, qualis is est quem supra attulimus, ubi non coincidunt.“ Alle Zitate auf Deutsch in der vorliegenden Arbeit sind angelehnt an die Übersetzungen, die am Ende der Arbeit angegeben werden.

⁴ Der Hinweis auf die Pendelbewegung ist nach Stammel offensichtlich eine Anregung aus Huygens' *Horologium oscillatorium* (1673). Vgl. Stammel, *Kraftbegriff*, 118 f.

Die zweite Annahme besagt, dass genauso viel Kraft gebraucht wird, um einen Körper von einem Pfund zu einer Höhe von vier Ellen hochzuheben, wie einen Körper von vier Pfund zu einer Höhe von einer Elle.

Anhand dieser zwei Annahmen folgt, dass der aus einer Höhe CD von vier Ellen frei herabfallende Körper A von einem Pfund genauso viel bewegende Kraft erlangt wie der aus der Höhe EF von einer Elle herabfallende Körper B von vier Pfund. Berufen wir uns nun auf das Galileische Fallgesetz, nämlich das proportionale Verhältnis der Fallhöhe zum Quadrat der Geschwindigkeit, so folgt, dass der Körper A doppelt so viel Geschwindigkeit wie der Körper B erlangen muss, da die Höhe CD vierfach größer ist als die Höhe EF:

$$\frac{CD}{EF} = \frac{V_A^2}{V_B^2} = \frac{4}{1}$$

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{2}{1}$$

Daraus wird geschlossen, dass die Bewegungsgröße (mv) von Körper A halb so groß ist wie die Bewegungsgröße des Körpers B:

$$M_A V_A : M_B V_B = (1 \cdot 2) : (4 \cdot 1) = 1:2$$

Trotz dieser Ungleichheit der Cartesischen Bewegungsgröße ist die bewegende Kraft des Körpers A nach den zwei obigen Annahmen genauso groß wie die des Körpers B. Von daher behauptet Leibniz, dass die Cartesische Annahme, die bewegende Kraft könne mithilfe der Bewegungsgröße festgestellt werden, fehlgeschlagen ist. Die bewegende Kraft darf also nicht nach der Bewegungsgröße berechnet werden, sondern sie errechnet sich dem obigen Beweis zufolge aus dem Produkt aus der Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit. Dass die Kräfte bei den fünf gebräuchlichen Maschinen dennoch durch die Cartesische Bewegungsgröße berechnet werden können, weist Leibniz auf ein akzidentelles Phänomen („*per accidens ibi contingit*“) hin, wobei er an der Stelle nicht weiter erklärt, wie jenes „Zusammenkommen“ („*contingere*“) der Cartesischen Kraftberechnung mit der Seinigen möglich ist. Auf diese Frage wird im 4. Kapitel, nachdem der Kraftbegriff bei Descartes und Leibniz aufgezeigt wurde, näher eingegangen.

Die leitende Idee, die hinter der obigen Beweisführung von Leibniz steht, ist offensichtlich, dass die bewegende Kraft nicht durch die phänomenale Erscheinung des bewegten Körpers, wie z. B. seine Geschwindigkeit und Ausdehnung, direkt gemessen werden kann. Allein durch die Wirkung des bewegten Körpers soll Leibniz zufolge die bewegende Kraft berechnet werden. Dies setzt wiederum die Deckungsgleichheit der Wirkung und der Kraft als dem Grund der Wirkung voraus. Wäre dies nicht der Fall, würde die gesamte Kraft des Uni-