



Hartmut Hecht

300 Jahre Monadologie – Die Zeit, Leibniz zu verstehen, ist gekommen

Vortrag in der Klasse für Sozial- und Geisteswissenschaften am 10. April 2014

Der junge Schelling hat in seiner *Allgemeinen Übersicht der neuesten philosophischen Literatur* vom Jahre 1797 ein Bekenntnis zu Leibniz abgegeben, das an Deutlichkeit nichts zu wünschen übrig lässt. „Unsterblicher Geist“, heißt es da, „was ist unter uns aus deiner Lehre geworden! [...] Den Dingen an sich Vorstellungen zu geben, nein, dazu waren unsere Halbköpfe zu aufgeklärt. Und von Leibnitz – o, der moderte ruhig im Staube – von *Kant* hatten sie gehört, was Leibnitz behaupte, ihn selbst zu lesen, dazu waren sie zu weise geworden! – Kann man ruhig bleiben, wenn man, über der Asche der größten Männer, Schwächlinge triumphieren hört, die ein Wort von jenen vernichten könnte, wäre nicht längst ihr Mund verstummt!“¹

Natürlich nicht, und mit sicherem Blick macht Schelling auch gleich das Hauptübel seiner Zeit an der Manier fest, „die philosophischen Systeme nicht nach ihrem *Geist*, im Ganzen, sondern nach dem *Buchstaben* ihrer einzelnen Grundsätze zu beurtheilen [...]“² Statt des in hoher Blüte stehenden Vergleichs säuberlich separierter Grundsätze, von dem niemand wisse, wozu er eigentlich gut sein soll, fordert Schelling eine Sicht der Dinge, durch die das Philosophieren zu seinen Ursprüngen zurück findet, um zu erkennen, „daß die ächten Philosophen im Grunde von jeher unter sich eben so *einig*, und doch dabei (jeder einzelne) so *original* waren, als es den Mathematikern nie möglich ist; daß von jeher nur BuchstabenPhilosophen, oder Philosophen von Geist, und Philosophen ohne Geist miteinander uneins waren;“³ und er setzt fort: „In einer solchen Geschichte der Philosophie muß es dann freilich als Gesetz gelten, daß nur *OriginalGeister* in ihr eine Stelle finden, diejenigen, die in der Philosophie von *Grund aus* giengen, keiner, der nur das TagelöhnerGeschäft übernahm, vorgefassten Meinungen neue Beweise, alten Irrthümern durch philosophische Künsteleien neues Ansehen zu geben.“⁴ Genau diese Art des Philosophierens findet er bei Leibniz.

Schelling ist so beeindruckt vom Geist des Leibnizschen Systems, dass er von der „Geschichte unserer Philosophie“ spricht und in Klammern anfügt: „(so dürfen wir doch wohl die Leibnizische heißen, die unter uns erfunden, von uns allein ganz verstanden wurde) [...]“⁵ Und er ist sich sicher, „daß die Zeit, Leibniz zu verstehen, gekommen ist. Denn, so wie er *bisher* verstanden ist, kann er nicht verstanden werden, wenn er *im Grunde* recht haben soll.“⁶

Für einen philosophischen Eleven von gerade einmal zwanzig Jahren ist das eine kühne Behauptung. Sie verweist mit der Forderung, die Originalarbeiten zum Ausgangspunkt des Philosophierens zu machen, d.h. zu den Quellen zurückzukehren, zugleich auf einen wunden Punkt der Leibniz-Rezeption überhaupt. Denn mit der Verfügbarkeit der Quellen hat es bei Leibniz von jeher seine eigene Schwierigkeit. Eine aktuelle Schätzung ergibt, dass nur gut die Hälfte der überlieferten Schriften und Briefe in der historisch-kritischen Edition der Akademie-Ausgabe zur Verfügung stehen. Ganze Textcorpora, darunter die sprachphilosophischen Schriften, sind bisher noch gar nicht in die Editions-

¹ F.W.J. Schelling, *Allgemeine Übersicht der neuesten philosophischen Literatur*, in: Ders., *Historisch-kritische Ausgabe*, Reihe I: Werke, Bd. 4, hg. von W.G. Jacobs und W. Schieche, unter Mitarbeit von H. Buchner, Stuttgart 1988, S. 76.

² Ebd., S. 97.

³ Ebd.

⁴ Ebd., S. 99.

⁵ Ebd.

⁶ Ebd., S. 170.

arbeit einbezogen worden. Andere, wie die von Leibniz überlieferten naturwissenschaftlichen und technischen Schriften, werden erst seit einigen Jahren sukzessive im Druck und als Internetedition zugänglich.⁷

Kein Wunder also, wenn signifikante Seiten des Leibnizschen Schaffens in 300 Jahren Rezeptionsgeschichte kaum thematisiert wurden. So handelt es sich bei den naturwissenschaftlichen Schriften um einen Teil des Leibniz-Nachlasses, der sich schon vom Umfang her mit den traditionell hoch geschätzten metaphysischen Texten messen kann. Mehr noch, es lassen sich in diesen Schriften Entdeckungen machen, wie sie Schelling beschreibt. Einsichten, die zu den Quellen des Leibnizschen Denkens führen, zu dem, was Schelling als den Grund des Philosophierens erkannt hat. Und Leibniz selbst hat dafür den entscheidenden Hinweis gegeben, indem er u.a. in einem Brief an Remond mitteilt: „Der Schule entwachsen lernte ich die Modernen kennen, und ich erinnere mich, wie ich als Fünfzehnjähriger in einem Gehölz bei Leipzig mit Namen Rosendal spazierenging und darüber nachsann, ob ich an den substantiellen Formen festhalten sollte. Schließlich gewann die mechanische Theorie die Oberhand und veranlaßte mich, mich mit der Mathematik zu befassen. Mit deren tiefsten Geheimnissen wurde ich aber erst im Umgang mit Herrn Huygens in Paris vertraut. Doch als ich die letzten Gründe der mechanischen Anschauungen und gar der Gesetze der Bewegung suchte, entdeckte ich zu meiner Überraschung, daß es unmöglich sei, sie in der Mathematik zu finden, und daß man zur Metaphysik zurückkehren müsse. Das führte mich zu den Entelechien und vom Stofflichen zum Gestalthaften zurück und ließ mich nach mehreren Verbesserungen und Vervollkommnungen meiner Begriffe endlich erkennen, daß die Monaden oder einfachen Substanzen die einzig wahren Substanzen und daß die körperhaften Dinge nur Erscheinungen sind, aber wohlgegründete und verknüpfte Erscheinungen.“⁸

Mit dem Beginn der Edition der naturwissenschaftlichen Schriften als Reihe VIII der Akademie-Ausgabe im Jahre 2001 ist man daher einer der entscheidenden Quellen des Leibnizschen Systems auf der Spur, und es ergibt sich die Frage, welche systematische Bedeutung diese Schriften besitzen, in welchem Maße sie das tradierte Leibniz-Bild tangieren, es möglicherweise modifizieren oder gar als Ganzes zur Disposition stellen. Darauf soll im Folgenden eine Antwort skizziert werden, und ich werde mich dafür auf die in der zitierten Passage des Remond-Briefes erwähnten Bewegungsgesetze beziehen.

Paradoxien der Bewegung – der elastische Stoß

Wenn im 17. Jahrhundert und namentlich bei Leibniz von Gesetzen der Bewegung die Rede ist, so ist damit die Angabe eines Maßes gemeint, das den Austausch, die Zusammensetzung und die Verteilung der Bewegung regelt. In moderner Terminologie würde man sagen: Es wird eine physikalische Größe gesucht, für die ein Erhaltungssatz gilt, wobei diese Größe die Bewegung repräsentieren soll.

Man bemerkt sofort, dass die heutige Sprachregelung nur bedingt auf die historische Situation passt, denn im 17. Jahrhundert suchte man nach einer Größe, die Bewegung in derselben Weise quantifiziert, wie die Länge Abstände oder die Zeit eine Dauer. Diese Größe nannte man das Maß der Bewegung, und es ist von Descartes mit dem mathematischen Ausdruck mv (m für Masse und v für Geschwindigkeit) identifiziert worden. Die heutige Physik kennt eine solche Größe nicht. Für die mathematische Beschreibung der Bewegung wird vielmehr die Geltung von mehr als einem Erhaltungssatz gefordert. So setzt die Klassische Mechanik für die Analyse der im 17. Jahrhundert als Elementarform der Bewegung untersuchten Stoßprozesse den Energie- und Impulserhaltungssatz voraus. Descartes indessen unterstellt dafür allein die Geltung der Quantitas motus mv , und Leibniz bezieht sich alternativ auf das Maß der lebendigen Kraft mvv .

⁷ Einen Überblick über die Geschichte und den Stand der Edition findet man bei E. Knobloch, Die Kunst, Leibniz herauszugeben, in: Spektrum der Wissenschaft, September 2011.

⁸ G.W. Leibniz, Brief an Remond vom 10. Januar 1714, in: G. Hess (Hg.), Leibniz korrespondiert mit Paris, Hamburg 1940, S. 86.

Historisch haben damit zwei Maße um den Anspruch konkurriert, die Bewegung durch eine quantifizierbare Größe zu erfassen, sie also ausmessbar und berechenbar zu machen. Die Folge war eine Grundlagendebatte, die als Streit der Cartesianer und Leibnitianer um das wahre Maß der lebendigen Kraft in die Philosophie- und Wissenschaftsgeschichte eingegangen ist, ein Streit, dessen unterschiedliche Facetten Historiker bis heute beschäftigt.

Die Hauptlinie der Wahrnehmung des Streits war und ist nach wie vor eine wissenschaftshistorische. Die Größen *Quantitas motus* und lebendige Kraft werden darin zumeist auf das Begriffssystem der Klassischen Mechanik projiziert und als Teilerkenntnisse eines Zusammenhangs verstanden, den sie nur unvollständig und daher einander ausschließend erfassen. Lässt man sich allerdings genauer auf die historischen Details ein, so werden darüber hinaus Gesichtspunkte relevant, die in physikhistorischen Darstellungen eher am Rande vorkommen, die jedoch, wie ich im Folgenden zeigen werde, die Physik bis heute bewegen. Es sind Gesichtspunkte, die Leibniz in dem erwähnten Brief an Remond als Grund dafür anführte, die substantiellen Formen wieder einzuführen, d.h. das Verhältnis von Physik und Metaphysik neu auf die Tagesordnung der Forschung zu setzen.

Leibniz hatte Mitte der siebziger Jahre des 17. Jahrhunderts damit begonnen, sich intensiver für die Theorie der Mechanik zu interessieren. Er hatte aus diesem Anlass Galileis *Discorsi* studiert, in mehreren Anläufen die *Mechanica* von John Wallis gelesen und Satz für Satz den *Traité de la percussion ou choc des corps* von Edme Mariotte durchgearbeitet.⁹ Was ihn dabei besonders bewegte, und worauf er in der Literatur keine Antwort fand, war das Problem der Relativität der Bewegung.

Beschreibt man nämlich einen Stoßprozess physikalisch durch die Angabe einer Erhaltungsgröße, z.B. durch die Angabe der *Quantitas motus* mv , so darf man zwar eine Aussage darüber erwarten, welche Bewegungsquantitäten zwischen den beteiligten Körpern ausgetauscht werden, ganz außerhalb der Betrachtung aber bleibt die Frage, welcher von den an einem Stoßprozess beteiligten Körpern sich eigentlich bewegt, und welcher ruht.

Das lässt sich leicht einsehen, wenn man den Sachverhalt an einer elementaren Stoßsituation modelliert. Dafür mögen zwei Körper gleicher Masse gegeben sein, von denen der eine Körper ruht, während der zweite sich in geradlinig gleichförmiger Bewegung auf den ruhenden Körper zubewegt. Folgt man Descartes, so wird der Zustand des sich bewegenden Körpers durch die Angabe eines bestimmten Quantum der Bewegungsgröße mv gemessen, während dieselbe Größe für den ruhenden Körper den Wert Null besitzt. Nach dem Stoß befindet sich der zunächst ruhende Körper in Bewegung und der vor dem Stoß sich bewegende Körper ruht. Technisch lässt sich dieser Sachverhalt folgendermaßen ausdrücken:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v'_1 + m_2v'_2 \quad (1)$$

Dabei bezeichnen m_1v_1 und m_2v_2 die Bewegungsgrößen der beteiligten Körper vor dem Stoß, während die Terme nach dem Gleichheitszeichen die Bewegungsgrößen der Körper nach dem Stoß abbilden. Wie man leicht sieht, macht die Gleichung eine Aussage über die Summe der Bewegungsgrößen vor und nach dem Stoß. Sie fordert, dass die Summen gleich sein müssen, wenn man eine quantifizierbare Aussage über den Stoß der beiden Körper treffen will. Darüber hinausgehende Information von der Art, dass sich etwa der Körper, dem die Bewegungsgröße m_1v_1 zugeschrieben wird, bewegt, und der andere ruht, lassen sich der Gleichung nicht entnehmen, es sei denn, man verfügt auf eine andere Weise darüber. Die Beschreibung des elastischen Stoßes mit Hilfe von Größengleichungen schließt folglich kein Individuationsprinzip ein. Um identifizierbar zu sein, müssen die Körper vielmehr durch einen äußeren Akt markiert werden, d.h. sie müssen durch eine nicht aus dem System selbst folgende Identifikationsleistung individuiert werden. Eine solche Beschreibung aber ist, wie Leibniz erkennt, unvollständig, denn sie muss einen Mangel der Beschreibungsform durch einen äußeren Eingriff in das System korrigieren.

Leibniz hat diesen Sachverhalt in Paris als ein Grundproblem der Beschreibung der Bewegung mit Hilfe von Größen erkannt und in einem Dialog erörtert, der, wie aus dem Titel *Pacidius Philalethi*

⁹ Zu allen diesen Schriften gibt es Aufzeichnungen, Exzerpte und weiterführende Konzepte, die im Bd. VIII, 2 der Akademie-Ausgabe G.W. Leibniz, Sämtliche Schriften und Briefe publiziert werden.

hervorgeht, in Briefform abgefasst ist. Der Friedensstifter Pacidius alias Leibniz berichtet darin einem Liebhaber der Wahrheit (Philalethes) von seinen neuesten Entdeckungen zur Bewegungslehre, die er in einem Gespräch mit fiktiven Partnern entwickelt.

Es ist eine illustre Runde, die sich dafür zusammenfindet. Zu ihr gehören, neben Pacidius selbst, Theophilus, ein Greis von hervorragender Urteilskraft und Frömmigkeit, der in den experimentellen Wissenschaften bewanderte Gallutius sowie Charinus. Letzterer war einst Soldat mit Erfahrungen im Festungsbau. An der Bewegung interessieren ihn vor allem die Gesetze und deren Erscheinungsformen in der Natur. Dieser Charinus ist die eigentliche Schlüsselfigur des Dialogs. Er übernimmt darin den Part des sich seiner eigenen Denkkraft bewusst werdenden Laien, und zwar einzig und allein aufgrund der von Pacidius virtuos gehandhabten Sokratischen Methode.

Der Dialog selbst beginnt mit der Bitte des Pacidius an seinen Schüler, den Anwesenden zu sagen, was man seiner Ansicht nach unter der Bewegung zu verstehen hat. Die Antwort fällt Charinus nicht leicht, doch nach einigen Überlegungen entscheidet er sich dafür, die Bewegung als eine Veränderung des Ortes zu bestimmen, wobei er hinzufügt, dass sie in dem Körper ist, der den Ort wechselt. Damit ist der für das Individuationsproblem entscheidende Punkt berührt, denn dass die Bewegung in dem Körper ist, der sich bewegt, setzt dessen Identifizierbarkeit voraus. Und es ist klar, dass es in dem Dialog um einen Bewegungsbegriff gehen wird, der genau diesen Gesichtspunkt als grundlegend einschließt.

Pacidius alias Leibniz fragt nun, ob die so bestimmte Bewegung als ein Zustand zu verstehen ist, der irgendeinem Ding zukommen kann oder auch nicht. Ob es also so etwas wie einen Zustand der Veränderung gibt. Er will folglich wissen, ob es möglich ist, die Bewegung durch Angabe einer Zustandsgröße wie der *Quantitas motus* Descartes' zu beschreiben. Dafür müssen, wie die Entwicklung des Gesprächs zeigt, einige Voraussetzungen erfüllt sein. So ist insbesondere die Eindeutigkeit des Zustandsbegriffs zu fordern, aus der folgt, dass sich etwas nur in einem Zustand befinden oder nicht befinden kann, und ein Zustand daher einem Ding nicht zugleich zu und nicht zukommen kann.¹⁰

Wenn sich etwas im Zustand der Veränderung befindet, so wird dieser Zustand folglich verschieden sein von demjenigen Zustand, der der Veränderung vorausging und dem, der ihr folgt. Leibniz entwickelt diesen Zusammenhang, indem er fragt, ob Leben und Tod eine Zustandsbeschreibung zulassen. Und er geht dafür von der allgemein akzeptierten Ansicht aus, dass das Leben zu einem bestimmten Zeitpunkt entstanden ist und nach einer gewissen Zeit endet, dass es also einen Übergang des Lebens zum Tode geben muss. Die Frage ist nur, wie ein solcher Übergang begrifflich korrekt beschrieben werden kann.

Um darauf eine Antwort zu erhalten, bittet Pacidius seinen Schüler Charinus zu überlegen, ob nicht aus Gründen der Kontinuität des Übergangs der letzte Augenblick des Lebens und der erste Augenblick des Todes als derselbe Augenblick angesehen werden müssen. Die Fallstricke dieser Annahme durchschaut Charinus sofort, denn deren Bejahung würde bedeuten, dass einem Individuum zugleich der Zustand des Lebens und der Zustand des Todes zukommen müsste. Damit wäre aber die Eindeutigkeit des Zustandsbegriffs verletzt und die Aussage sinnwidrig, weil logisch widersprüchlich. Es bleibt also nichts weiter übrig als anzuerkennen, „daß die Zustände des Lebens und des Todes einander nur angrenzend sind, nicht aber gemeinsame Grenzen haben.“¹¹ So lautet denn auch die Schlussfolgerung des Pacidius: „Wir wollen nur festhalten, daß die Veränderung die Berührung oder die Zusammensetzung zweier entgegengesetzter Zustände ist, nicht aber eine Seinsart [*genus entis*], die der Qualität oder dem Zustand nach von sich aus bestimmt ist, und in keiner Weise ein mittlerer Zustand oder ein Übergang von der Möglichkeit [*potentia*] zur Wirklichkeit [*actus*] oder von der *Privatio* zur *Forma*, wie die Philosophen gewöhnlich die Veränderung und die Bewegung zu definieren pflegen.“¹²

¹⁰ G.W. Leibniz, *Pacidius an Philalethes*, in: *Schöpferische Vernunft. Schriften aus den Jahren 1668-1686*, hg. von W. v. Engelhardt, Marburg 1951, S. 113f. Dieses und die folgenden Originalzitate in Bd. VI, 3 der Akademie-Ausgabe.

¹¹ Ebd., S. 117.

¹² Ebd., S. 123.

Will man daher Bewegung als Austausch von Quanta der Größe mv verstehen, d.h. will man die Bewegung durch die Angabe von Zustandsgrößen beschreiben, so wird man klären müssen, wie deren Austausch gedacht werden kann, wie, mit anderen Worten, ein Übergang zwischen ihnen möglich wird, der die Eindeutigkeit der Zustandsbeschreibung nicht verletzt.

Die bis heute gängige Erklärung dafür lautet, dass es Wirkungen sind, durch die Bewegungsgrößen als Akzidentien übertragen werden. Diese Ansicht stellt Leibniz vehement infrage, indem er die Gesprächspartner des Pacidius mit der Zumutung konfrontiert: „Ich möchte aber daß ihr noch etwas anderes bemerkt, daß nämlich hierdurch bewiesen wird, daß Körper, wenn sie in Bewegung sind, nicht wirken.“¹³ Um den Beweis zu führen, wirft er die Frage auf, was denn eigentlich im Moment des Zusammenpralls der Körper passiert, bzw. wie dieser Moment als eine spezifische Bewegungssituation zu beschreiben ist.

Er betrachtet dafür zwei elastische Körper A und C, deren Berührungspunkte er mit B und D bezeichnet, und Leibniz diskutiert, was bei einer Wirkungsübertragung in dem zunächst ruhenden Körper geschieht. Setzt man dafür voraus, dass sich sowohl der Körper A als auch der Körper B vor dem Stoß in einem wohlbestimmten Zustand befanden, so wird man schließen, dass sich diese Zustände durch eine Wirkungsübertragung verändern, dass der Stoß also in den Körpern etwas bewirkt, was sie verändert. Ist das aber der Fall, wird durch die Wirkungsübertragung die Identität des Körpers verletzt, und man hat es im Moment des Stoßes folglich gar nicht mehr mit denselben Körpern zu tun, mit denen man die Bewegungsanalyse vor dem Stoß begann. Durch das Postulat einer Wirkungsübertragung verändern sich daher unter der Hand die Voraussetzungen der Argumentation, so dass man die Erklärung wohl nicht als besonders gelungen ansehen wird. Um sie zu retten, d.h. um den Vergleich der Bewegungszustände logisch widerspruchsfrei möglich zu machen, muss die Identität des Körpers in der Bewegung daher auf andere Weise gesichert werden.

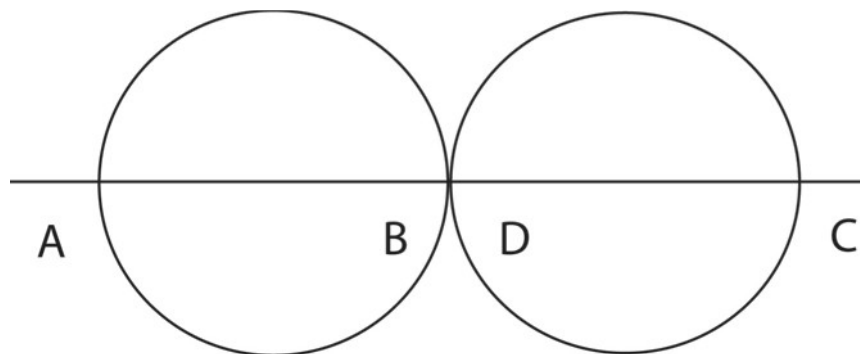


Abb. 1: Stoß zweier Kugeln. Zeichnung des Autors

Mit dieser Einsicht ist Leibniz hinsichtlich des Verständnisses der Bewegung einen entscheidenden Schritt vorangekommen. Denn wie sich zeigt, geht es bei der physikalischen Beschreibung der Bewegung nicht nur darum, die Bewegung durch Zustände zu beschreiben. Diese müssen sich vielmehr als Zustände von gegenständlichen Subjekten (Körpern) erweisen, die ihre Identität während der Bewegung bewahren. Genau das aber wird infrage gestellt, wenn man meint, die Übertragung der Bewegung von einem Körper auf einen anderen durch Wirkungen erklären zu können. Der Wirkungsbegriff hält folglich nicht, was er verspricht. Und die Schlussfolgerung lautet: Körper, die sich bewegen, wirken nicht. „Daher“, schreibt Leibniz, „kann man von der Wirkung auf einen Körper nur im Sinne einer Umschreibung sprechen.“

Wenn man aber die Sache ganz genau nimmt und jeden einzelnen Augenblick betrachtet, dann gibt es keine Wirkung. Hieraus folgt, daß die eigentlichen und augenblicklichen Wirkungen nur solchen Dingen zukommen, die sich durch das Wirken nicht verändern.“¹⁴ Da sich aber Körper durch

¹³ Ebd., S. 160.

¹⁴ Ebd.

Wirkungen verändern, können sie diese Dinge nicht sein. Sie können daher auch nicht als jene Subjekte der Bewegung angesehen werden, die eine widerspruchsfreie Beschreibung der Bewegung zulassen. Dessen ungeachtet liefert die in Größengleichungen dargestellte Bewegung quantitativ gültige Resultate. Ist die Beschreibung dennoch nicht vollständig, wird man die Situation begrifflich genauer durchdringen müssen, und Leibniz postuliert dafür ein Subjekt der Bewegung, das dadurch, dass es wirkt, sich selbst als identisch reproduziert. Ein solches Subjekt heißt in der Philosophie Substanz, und ihre Wirkungen äußern sich in dem, was Leibniz im Dialog *Pacidius Philalethi* mit dem Begriff *Transcreatio* bezeichnet.

Gemeint ist, dass der Körper, so wie er als physikalisches Ding gedacht wird, im Moment der Berührung ausgelöscht und im darauf folgenden Moment wieder erzeugt wird und zwar als derselbe Körper in einem anderen Zustand. Und so lesen wir denn auch: „Keinen Grund aber kann man angeben, warum ein Ding, das in irgendeinem Zustand zu sein aufgehört hat, in einem anderen zu sein beginnt (denn der Übergang ist ja aufgehoben) außer einer bleibenden Substanz, die sowohl das erste zerstört als auch das Neue hervorbringt, weil ja der folgende Zustand aus dem vorhergehenden keineswegs mit Notwendigkeit folgt.“¹⁵

Damit ist klar, weshalb sich Leibniz aufgrund seiner Studien zur Bewegungslehre gezwungen sieht, die substantiellen Formen wieder einzuführen, d.h. einen Substanzbegriff zur Grundlage seiner Bewegungsauffassung zu machen. Er kann auf diese Weise die Bewegungstheorie als eine wissenschaftliche Theorie im Sinne messender und rechnender Erfahrung begründen. Denn die Einsicht, dass es nicht genügt, Körper als Träger von Akzidentien zur Grundlage einer Bewegungstheorie zu machen, wird jetzt so gewendet, dass die eigentlichen Kontinuitätsformen der Bewegung die Substanzen sind, als deren Erscheinungen sich die Körper erweisen. Und wie es im oben zitierten Remond-Brief heißt, sind diese Substanzen das einzig Reale in der Welt, während die Körper zu ihrer Existenz des Bestands der Substanzen bedürfen, da sie streng genommen nur momentan existieren. Leibniz skizziert mit diesen Resultaten des Dialogs *Pacidius Philalathi* eine, wie er es nennt, „*Prima de Motu Philosophia*“¹⁶, eine erste Philosophie der Bewegung, deren Grundbegriffe ihre explizite Form in der *Monadologie* erhalten. Die für die Bewegungslehre relevanten Aussagen der *Monadologie* werden im Folgenden knapp zusammengefasst.

Die Monade als Schlüssel zur Bewegungslehre

Bereits der erste Paragraph dieser systemtragenden Schrift lässt erkennen, dass die soeben erörterten Fragestellungen in der *Monadologie* von grundlegender Bedeutung sind. Leibniz notiert, nachdem er „*Une Monade*“ durch „*La Monade*“ ersetzt hat: „Die Monade, von der wir hier sprechen werden, ist nichts anderes als eine einfache Substanz, die in Zusammensetzungen eingeht; einfach heißt: ohne Teile.“¹⁷ Ganz allgemein lassen sich also Einfaches und Zusammengesetztes unterscheiden. Monaden sind einfach, und sie unterscheiden sich dadurch von allem, was aus Teilen besteht (§ 3). Einfaches kann folglich nicht, wie von Atomen her geläufig, durch einen Teilungsprozess erzeugt werden. Und doch sind Einfaches und Zusammengesetztes ursprünglich auf einander bezogen. Denn unterscheiden heißt nicht trennen, sondern gegensätzliche Bestimmungen eines Ganzen hervorheben, oder in der Formulierung von Leibniz: Die Monaden gehen in Zusammengesetztes ein, ils entrent dans les composées. Monaden erweisen sich also nicht im gegenständlichen Sinne als Elemente der Dinge, sondern konstituieren mit dem Zusammengesetzten einen durch komplementäre Bestimmungen ausgezeichneten Zusammenhang.

Umgekehrt bestehen daher die Monaden auch nicht – wie das Zusammengesetzte – aus Teilen. Sie haben weder Ausdehnung noch Figur und sind durch innere Zustände oder Perzeptionen definiert, von denen zunächst einmal nichts weiter gesagt werden kann, als dass sie zusammen mit den

¹⁵ Ebd., S. 162.

¹⁶ G.W. Leibniz, *Pacidius Philalethi*, in: Ders., *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI, Bd., 3, Berlin 1981, S. 529.

¹⁷ G.W. Leibniz, *Monadologie*, hg. von H. Hecht, Stuttgart 1998, § 1.

Strebungen, d.h. dem Appetit der Monaden, eine kontinuierliche innere Tätigkeit generieren, die für jede Monade genau bestimmt und repräsentativ ist. Die Monaden werden auf diese Weise durch einen beständigen Wechsel beschrieben. Einen Wechsel, für den jeder momentane Zustand nur dadurch ist, dass er über sich selbst hinaus treibt.

Monaden ist folglich eine Dynamik eigen, die aus einem inneren Prinzip resultiert, das allein sie zu Monaden und mithin zu Individuen macht, so dass jede Monade durch ihre besondere Tätigkeit von allen anderen unterschieden ist. Eine Monade wird durch ihre Eigendynamik zu einem Individuum, dessen mögliche Zustände in Gegenwart, Vergangenheit und Zukunft sie umfasst.

Es ist diese Eigendynamik der Monaden, die sie zu etwas Einzigartigem werden lässt. Denn nicht vermöge ihrer Merkmale, die sie als Elemente von Klassen ausweisen, sind Dinge individuell, sondern aufgrund der Gesamtheit ihrer inneren Zustände, d.h. ihrer ganzen durch die eigene Tätigkeit generierten Weltlinie oder Lebensbahn. Und genau deshalb haben Monaden keine Fenster. Sie tragen alles, was ihnen überhaupt begegnen kann als Möglichkeit in sich. Alles Äußere kann ihr inneres Prinzip, den Garanten ihrer Individualität nicht ändern, weil, was sie als Monaden sind, allein das sich in der kontinuierlichen Abfolge ihrer Perzeptionen identisch Erhaltende ist.

Monaden sind daher autark, und sie besitzen eine gewisse Vollkommenheit und Selbständigkeit, wie Leibniz im § 17 der *Monadologie* ausführt. Der Vollkommenheit im „Kleinen“ entspricht ein Optimum im „Großen“, denn alle Monaden wurden von Gott in vollkommener Weise an einander angepasst. Es lässt sich daher kein Merkmal eines Individuums ändern, ohne dass dies Konsequenzen für das Ganze der Welt hätte. Und jede darüber hinausgehende Forderung würde bedeuten, dass man sich nicht mehr in derselben Welt befindet, oder, dass es sich nicht mehr um dasselbe Individuum handelt, von dem die Rede ist.

Durch die vollständige Bestimmtheit aller Monaden in der Welt besitzt jede einzelne von ihnen eine Eigenschaft, die sie von allen anderen Dingen unterscheidet. Monaden drücken die Welt auf unmittelbare Weise aus und zwar die ganze Welt, d.h. alle Dinge und deren Veränderungen. Leibniz nennt dieses Vermögen, das Kennzeichen der Individualität der Monaden ist, *repraesentatio mundi*. Jede Monade spiegelt demnach die Welt auf unverwechselbare Weise, und es gibt genau so viele Monaden, wie es perspektivische Repräsentationen der Welt gibt. Im § 60 der *Monadologie* heißt es dazu: „Da nämlich Gott bei der Einrichtung des Ganzen auf jeden einzelnen Teil und insbesondere auf jede Monade, deren Natur vorstellend ist, Rücksicht genommen hat, kann sie nichts darauf beschränken, nur einen Teil der Dinge vorzustellen [...]“¹⁸ Und Leibniz setzt im folgenden Paragraphen fort: „Auf diese Weise stimmt das Zusammengesetzte mit dem Einfachen überein. Da nämlich alles voll ist und somit die gesamte Materie zusammenhängt, und da im Vollen jede Bewegung eine Wirkung auf entfernte Körper ausübt, und zwar nach Maßgabe der Entfernung, so daß jeder Körper nicht nur durch diejenigen berührt wird, die an ihn angrenzen und in gewisser Weise alles das verspürt, was diesen geschieht, sondern durch deren Vermittlung auch diejenigen verspürt, die an jene ersten angrenzen, [...] verspürt jeder Körper alles, was sich im Universum ereignet, so daß jemand, der alles übersieht, in jedem lesen könnte, was sich überall ereignet und selbst das, was geschehen ist oder geschehen wird, indem er in der Gegenwart bemerkt, was hinsichtlich der Zeiten ebenso entfernt ist, wie hinsichtlich der Orte *σὺμπνοια πάντα*, sagte Hippokrates.“¹⁹

In diesen Paragraphen wird der Zusammenhang von Physik und Metaphysik, wie er sich beim Stoß von Körpern im Kontext der Physik darstellte, auf ein metaphysisches Niveau gehoben. Denn die Abläufe im Reich der Natur werden als übereinstimmend mit dem Geschehen im Reich der Monaden festgestellt. Und diese Übereinstimmung ist nun für den Fall des Stoßes zu explizieren.

Ich konzentriere mich dafür auf die in Abb. 1 dargestellte Situation. Physikalisch handelt es sich um den Moment der Berührung der Stoßpartner, in dem die Bewegung (gemessen in Werten der Größe *mv*) von dem einen auf den anderen Körper übertragen wird. Metaphysisch freilich stellt sich derselbe Sachverhalt völlig anders dar, denn Monaden haben ja weder Ausdehnung noch Teile. Das fragliche Ereignis muss sich daher auf eine Weise vollziehen, die sich im Innern der Monaden selbst

¹⁸ Ebd., § 60.

¹⁹ Ebd., § 61.

abspielt, denn „Monaden haben keine Fenster, durch die irgend etwas ein- oder austreten könnte. Die Akzidentien können sich weder, wie seinerzeit die Spezies der Wahrnehmung der Scholastiker, von den Substanzen absondern noch außerhalb derselben umherwandern. Also können weder Substanz noch Akzidenz von außen in die Monade hineingelangen.“²⁰

Der Schlüssel liegt in der Autarkie und damit in dem selbstbestimmten Tätigsein der Monaden, d.h. in ihrem Übergang von Perzeption zu Perzeption. Dadurch wird eine raum-zeitliche Ordnung generiert (§ 22), in der die physikalischen Bewegungen ablaufen. Die Monaden selbst existieren nicht in Raum und Zeit, und alle ihre Beziehungen zu anderen Monaden sind unmittelbare Beziehungen. Durch die Ordnung des Raumes und der Zeit wird daher das Unmittelbare mit dem Vermittelten zusammengeschlossen, und der Austausch der Bewegungsgrößen kann als ein physikalischer Vorgang angesehen werden, der sukzessive in der Zeit abläuft. Der Übergang von einem Zeitpunkt zum nächsten wird somit möglich, weil ihm die unmittelbare Tätigkeit der Monaden zugrunde liegt.

Für die zu Beginn des Dialogs *Pacidius Philalethi* geforderte Eindeutigkeit der Zustandsbeschreibung, die angrenzende Bewegungszustände zur *conditio sine qua non* einer wissenschaftlichen Bewegungsanalyse erklärte, folgt daraus, dass die Monade in jedem Moment die Welt perspektivisch als ein raum-zeitlich geordnetes Ganzes vorstellt oder repräsentiert. Dass also der Moment vor dem Stoß und der Moment nach dem Stoß für sie nur zwei aufeinander folgende Perzeptionen sind, die jede für sich kraft ihres inneren Prinzips der Tätigkeit, von der Monade selbst hervorgebracht werden. Die zum Körper A von Abb. 1 gehörige Monade generiert also durch ihre innere Tätigkeit jene Bedingungen, die physikalisch als Bewegungszustand erscheinen, und sie sorgt im Wechsel zur nächsten Perzeption dafür, dass sich der Bewegungszustand des Körpers A ändern kann.

Streng metaphysisch gesprochen, d.h. im Rahmen der monadologischen Argumentation, gibt es daher überhaupt keine Übertragung von Bewegungsgrößen. Es handelt sich vielmehr um eine physikalisch in Erscheinung tretende Bewegung. Und dass man in der Physik mit einer Erklärung wie der Übertragung von Bewegungsgrößen so erfolgreich ist, liegt für Leibniz daran, dass die Monaden mit der Erzeugung der Raumordnung eine solche Beschreibungsform überhaupt erst ermöglichen. Ohne Metaphysik also keine Physik.

Damit aber ist die physikalische Beschreibung keinesfalls hinfällig. Im Gegenteil, das Leibnizsche System ist nicht reduktionistisch, und schon im Artikel 10 des *Discours de métaphysique* hielt Leibniz fest, dass die substantiellen Formen nicht zur Erklärung der Phänomene verwendet werden dürfen.²¹ Deshalb können wir in der Physik so reden als ob es keine Monaden gäbe und in der Metaphysik so, als ob es keine Körper gäbe (§ 81). Tatsächlich aber gibt es keine Monaden ohne Körper (§ 72). Grundsätzlich freilich gilt die Formel von den *phaenomena bene fundata*²², und das bedeutet, dass die in der Physik vermessene Bewegung nicht die Realität, wie sie an und für sich ist, zum Gegenstand hat.

Das ist schon deshalb nicht der Fall, weil der experimentierende Physiker sich in einer Erkenntnis-situation befindet, die auf einer Subjekt-Objekt-Opposition beruht. Der Sachverhalt drückte sich in der Diskussion der Gleichung (1) so aus, dass zum Zwecke der Identifikation der Stoßpartner eine Markierung an ihnen angebracht werden musste. Es ist folglich ein äußerer Eingriff nötig, um einen Stoßprozess so zu beschreiben, dass er dem beobachteten Zusammenhang entspricht, denn im Experiment ist immer klar, welcher Körper sich bewegt und welcher nicht. Und bei diesem Eingriff tritt das erkennende Subjekt dem Objekt als einem zu vermessenden Gegenstand gegenüber, der für es als real gegeben erscheint.

Indem sich aber Leibniz genötigt sah, diese Betrachtungsweise durch die Einführung einer Substanz zu transzendieren, die nicht nur als Gesamt ihrer möglichen Zustände bestimmt ist, sondern als Monade die ganze Welt repräsentiert, unterstellt er, dass diese Monade sämtliche Zustände der Welt

²⁰ Ebd., § 7.

²¹ G.W. Leibniz, *Metaphysische Abhandlung*, in: Ders., *Monadologie und andere metaphysische Schriften*, hg. von U. J. Schneider, Hamburg 2002, S. 23.

²² G.W. Leibniz, *Brief an De Volder*, in: Ders., *Die philosophischen Schriften*, hg. von C.I. Gerhardt, Berlin 1879, S. 276.

für sich aktiv und perspektivisch hervorbringt. Leibniz geht folglich von einem Subjekt-Objekt-Verhältnis aus, das nicht, wie im Falle der Messung auf einer Opposition beruht, sondern auf einer Einheit. Der logische Ausdruck dafür lautet *praedicatum inest subjecto*. Und da beide, d.h. die Subjekt-Objekt-Opposition ebenso wie deren Einheit, gleichermaßen erforderlich sind, um Physik als Erfahrungswissenschaft zu begründen, kann für Leibniz die bloße Messung nicht das im philosophischen Sinne Reale der Welt liefern.

Aus dieser Sicht ist es interessant, dass auch heute wieder eine Diskussion die philosophischen Gemüter bewegt, die das Realitätsproblem im messtheoretischen Kontext thematisiert. Der Unterschied in der wissenschaftlichen Problemlage ist dabei offensichtlich, doch inhaltlich läuft auch diese Debatte auf die Frage hinaus, was als real in der Welt anzusehen ist, und welcher Stellenwert in diesem Zusammenhang der Naturerkenntnis zukommt.

Physik und Realität – die Aktualitätsform einer historischen Fragestellung

Zum dreißigjährigen Jubiläum des Erscheinens ihrer ersten Ausgabe hat die Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* im Jahre 2008 sechs Forscher gebeten, über die großen Fragen ihres Fachgebiets Auskunft zu geben, und sie hat deren Beiträge unter dem gemeinsamen Titel *Die neuen Welträtsel* veröffentlicht. Wie der Chefredakteur Reinhard Breuer schreibt, hat sich die Redaktion dafür von dem Leibniz-Vortrag Emil du Bois-Reymonds inspirieren lassen, der im Jahre 1880 sieben Welträtsel²³ als die wissenschaftlichen Herausforderungen seiner Zeit ausmachte.

Auf den ersten Blick überraschend an der Neubelebung des Gedankens der Welträtsel ist, dass die Probleme in Vergangenheit und Gegenwart oft gar nicht so weit auseinander liegen. War nämlich für du Bois-Reymond der Aufbau der Materie noch ein vermeintlich unlösbares Rätsel, so ist die Elementarteilchentheorie heute ein etabliertes Forschungsgebiet, dessen Ergebnisse freilich in Debatten münden, die, wie der österreichische Physiker Anton Zeilinger zeigt, die Frage nach dem, was überhaupt unter Realität zu verstehen ist, neu zur Disposition stellen. Die mithilfe der Quantenmechanik möglich gewordene Beschreibung der Materiestruktur reproduziert so gesehen du Bois-Reymonds Fragestellung auf einem neuen Problemhorizont, und Zeilinger hat dafür durch seine Experimente zur Quantenteleportation grundlegende Voraussetzungen geschaffen.

Die Experimente berühren Diskussionen, wie sie in der Frühgeschichte der Quantenmechanik unter dem Gesichtspunkt der Vollständigkeit der Theorie geführt wurden. Insbesondere Einstein konnte sich mit der statistischen Interpretation der Wellenfunktion Ψ in der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik nicht abfinden, und sein Diktum: Der Alte würfelt nicht, wurde sprichwörtlich. Gemeint war, dass die Wellenfunktion in der Schrödingergleichung

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi(\vec{r}, t) + V(\vec{r}) \Psi(\vec{r}, t)$$

keine unmittelbare physikalische Bedeutung besitzt. Denn im Unterschied zu den klassischen physikalischen Gleichungen, in denen stets Messgrößen den Zustand eines Systems beschreiben, gilt dies für die Zustandsfunktion Ψ nicht. Zwar enthält auch die Ψ -Funktion alle nur möglichen Informationen über ein physikalisches System, sie besitzt aber nicht wie eine physikalische Messgröße die Eigenschaft, im Experiment verifizierbar zu sein. Denn eine quantitative Bedeutung kommt in der Quantenmechanik nicht der Zustandsfunktion Ψ selbst, sondern deren Betragsquadrat zu, und zwar in dem Sinne, dass es z.B. eine Aussage über die Aufenthaltswahrscheinlichkeit eines Teilchens macht. Das genau ist der Punkt, an dem Einstein seinen Widerspruch festmachte. Eine Theorie, die nur Wahrscheinlichkeitsaussagen liefert, meinte er, kann nicht vollständig sein.

Um die Unvollständigkeit der Quantenmechanik zu demonstrieren, hat Albert Einstein zusammen mit Boris Podolsky und Nathan Rosen im Jahre 1935 eine Arbeit publiziert, in der ein Gedankenexpe-

²³ E. du Bois-Reymond, Die sieben Welträtsel, in: Ders. Vorträge über Philosophie und Gesellschaft, hg. von S. Wollgast, Berlin 1974.

riment beschrieben wird, das Konsequenzen der Theorie namhaft macht, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts nur schwer hinnehmbar waren.²⁴ Den inhaltlichen Kern der Argumentation bildet das von Erwin Schrödinger später so genannte Konzept verschränkter Zustände, die man in der klassischen Physik nicht kennt. Anton Zeilinger erklärt sie in seinem Beitrag über die neuen Welträtsel mit Hilfe des folgenden Experiments: „Eine Quelle entsendet Teilchenpaare, in diesem Fall Photonenpaare, zu zwei verschiedenen Messstationen A (Alice) und B (Bob). Man beobachtet die Korrelation der Polarisierungen zwischen beiden Photonen [...]. Beide Polarisatoren können um die Strahlachse gedreht werden, so dass man die Linearpolarisation entlang einer beliebigen Richtung messen kann. Das Experiment zeigt: Wenn beide Polarisatoren gleich orientiert sind, erhält man auf beiden Seiten immer das gleiche Resultat. Wird ein Polarisator festgehalten und der zweite gedreht, so variieren die Koinzidenzen mit dem doppelten des Drehwinkels. Diese Beobachtungen sind, wie der irische Physiker John Bell (1928-1990) gezeigt hat, auf Grund einer lokal realistischen Theorie nicht verstehbar.

Eine 'lokal realistische' Theorie wäre eine Naturbeschreibung, die zwei einfache Annahmen trifft. Die Lokalitätsannahme besagt, dass das Messergebnis auf einer Seite, sagen wir bei A, nicht davon abhängt, was Bob mit seiner Messstation B misst – welche Polarisatorstellung er wählt, ja sogar, ob er überhaupt eine Messung an seinem Photon durchführt. Die Realitätsannahme bedeutet: Das Messergebnis spiegelt vor der Messung existierende Eigenschaften der Teilchen – eventuell unter Einschluss von Eigenschaften des Messapparats – wider.“²⁵ Das genau, d.h. die hier lokal realistisch genannte Annahme, ist die Position von Einstein, der sie verteidigt, indem er die Aussagen der Quantenmechanik ins Absurde steigert, wie im Falle des EPR-Paradoxons.

Dessen Grundidee lässt sich folgendermaßen beschreiben: Die beiden bereits genannten Experimentatoren Alice und Bob wollen das Phänomen der Quantenverschränkung studieren. Zu diesem Zweck messen sie die Orientierung von Elektronenspins. Die Spins können horizontal oder vertikal orientiert sein. Wir nehmen an, dass die Teilchen so verschränkt wurden, dass ihre Spins entgegengesetzt orientiert sind. Die Teilchen mögen im Anschluss daran getrennt und dann beliebig weit von einander entfernt werden. Wird an diesem System nun einseitig eine Veränderung vorgenommen, indem Alice z.B. an ihrem Teilchen Spin up misst, so wirkt sich diese Änderung instantan auf Bobs Teilchen aus. Bob wird dann nämlich immer Spin down messen. Das Entscheidende ist hierbei, dass Alices Manipulation an dem System zu einer genau bestimmten und stets eintretenden Wirkung an Bobs Teilchen führt, einer Veränderung, die nicht nur messbar ist, sondern ohne physikalische Vermittlung im Sinne einer Wirkungsübertragung erfolgt. Solche in der Quantenmechanik auftretende Zusammenhänge nannte Einstein spukhafte Fernwirkung.

Was freilich für Einstein und seine Mitautoren noch als absurd galt und seinerzeit gänzlich außerhalb des Denkhorizonts der Physiker lag, ist heute unter dem Namen nichtlokaler Effekte akzeptiert. Zu Einsteins Zeiten, schreibt Anton Zeilinger, wurde deren Arbeit nur etwa einmal pro Jahr zitiert, während es heute mehr als 200-mal geschieht. Gewichtigen Anteil daran hat Zeilinger selbst, der in den neunziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts diese Effekte an Photonen nachweisen konnte, und damit Wirklichkeit werden ließ, was im Jahre 1935 nur bloßes Gedankenexperiment war.

Die Nichtlokalität als Eigenschaft von Teilchen ist indessen nur die eine Seite des Problems der Verschränkung und seiner Bedeutung für die Formulierung eines auf dem Niveau der Wissenschaften heute stehenden Realitätsbegriffs. Die zweite, damit eng im Zusammenhang stehende Herausforderung besteht darin, dass quantenmechanische Teilchen nicht durch Merkmale charakterisiert werden, die sie zu allen Zeiten und unter allen Bedingungen besitzen, wie es die lokalrealistische Theorie verlangt. Denn Zeilingers Experimente zeigen, dass die von Bob gemessenen Größen dem Teilchen nicht schon vor der Messung durch Alice zukommen. Der Begriff des Teilchens, will man ihn als das der Physik zugrunde liegende Reale beibehalten, muss folglich mit der doppelten Schwierigkeit aus Nichtlokalität und messungsunabhängiger Merkmalsbestimmung zurande kommen.

²⁴ A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen, Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?, in: Physical Review, Volume 47, May 15, 1935.

²⁵ A. Zeilinger, Die Wirklichkeit der Quanten, in: Spektrum der Wissenschaft, November 2008, S. 58.

Zeilingers Beitrag für die Zeitschrift *Spektrum der Wissenschaft* im Jahre 2008 widmet sich diesem Problem, und seine Schlussfolgerung lautet: Abschied vom lokalen Realismus. In einem Interview für dieselbe Zeitschrift begründet er an anderer Stelle seine Ansicht genauer, indem er das Hauptproblem des Realismus darin sieht, nicht erklären zu können, weshalb im Quantenexperiment genau das Messresultat auftritt, das man beobachtet und kein anderes; und er erläutert: „Wenn ich den Spin in der z-Richtung messe, warum weist er in einem Fall nach oben und im anderen Fall nach unten? Dafür gibt es auch kein klassisches Bild – außer den trivialen Fall, wo der Spin schon vor der Messung in z-Richtung orientiert war.“

Das ist für mich eine der wichtigsten Erkenntnisse der modernen Physik überhaupt. Da ist etwas, wofür es keine kausale Erklärung gibt. Ich kann nur für statistische Gesamtheiten etwas kausal erklären, aber nicht für das Einzelergebnis. Im Festsaal der Österreichischen Akademie der Wissenschaften steht unter der Allegorie der Philosophie: *causarum investigatio*. Aber für das Einzelergebnis gibt es keine *causa*, keine kausale Erklärbarkeit. Nur auf Grund des Messresultats gibt es nachher eine Wirklichkeit.“²⁶

Wenn aber die Annahme des lokalen Realismus, wonach die Eigenschaften den Dingen schon vor der Messung zukommen, und ein Kausalnexus jedes Einzelereignis bestimmt, für die Quantenmechanik nicht trägt, was dann? Von dem Interviewer geschickt auf das Verhältnis von Materiellem und Geistigem angesprochen, skizziert Zeilinger seine Alternative, für die der Begriff der Information zentral ist. „Ich bin überzeugt,“ sagt er, „dass Information das zentrale Konzept unserer Welt ist. Sie bestimmt, was gesagt werden kann, aber auch, was Wirklichkeit sein kann.“²⁷ Durch ihre Berücksichtigung ändert sich das Realitätskonzept.

War es in der klassischen Physik wie im täglichen Leben üblich, die Welt als eine Art Bühne zu betrachten, auf der sich das reale Geschehen abspielt, wobei die Information darüber sekundäre Bedeutung hat, so kehrt sich dieses Verhältnis nach Zeilinger in der Quantenmechanik um. Da nämlich erweist sich die Information als das Primäre. Die Information über ein System kann nun nicht mehr außer Acht gelassen werden, wenn das System physikalisch verstanden werden soll, und Zeilinger fordert, die tradierte Trennung von Information und Wirklichkeit aufzugeben, sie also als zwei Seiten eines Zusammenhangs zu begreifen; und er schließt: „Ich kann über Wirklichkeit keine Aussage machen, ohne über Information zu reden. Beide sind ineinander verwoben. Was das letztlich bedeutet, wissen wir noch nicht.“²⁸

Ein Blick zurück auf Leibniz

Wissen wir es wirklich nicht, oder nehmen wir es nur nicht zur Kenntnis? Ich möchte, um meine Frage genauer zu erläutern, ein Experiment skizzieren, das von Zeilinger und seiner Gruppe als das „Experiment des dritten Mannes“ in Wien ausgeführt wurde. Darin wird die Möglichkeit demonstriert, verschränkte Zustände zur Informationsübertragung zu nutzen. Übertragen wurde der Quantenzustand eines Photons auf ein anderes, wobei sich die beiden Photonen in einer Entfernung von 600 m von einander befanden. Wie Abb. 2 zeigt, wurden dafür zunächst zwei Photonen verschränkt und zu Alice bzw. Bob geschickt. Alice möchte nun den ihr unbekanntem Zustand eines Photons (links unten) zu Bob übertragen. Sie verschränkt dieses Photon dafür mit ihrem Photon des vorher verschränkten Photonenpaares. Auf diese Weise wird Bobs Photon in einen Zustand versetzt, der eindeutig durch den Originalzustand von Alices Photon bestimmt ist. Diese Übertragung, bei der Alices Photon den Zustand verliert, indem dieser an Bobs Photon übertragen wird, heißt Quantenteleportation.

Die erkenntnistheoretische Herausforderung des Experiments besteht darin, zu verstehen, dass ganz offensichtlich eine Information übertragen wurde, die Übertragung selbst aber instantan erfolgte, d.h. ohne eine gegenständliche Vermittlung im klassischen Sinne. Und wie es scheint, ist es dieser

²⁶ M. Springer, Ein Physiker mit Fernwirkung. Interview mit Anton Zeilinger, in: *Spektrum der Wissenschaft*, März 2008, S. 41.

²⁷ Ebd., S. 42.

²⁸ Ebd.

Sachverhalt, den Zeilinger mit dem Verweis auf den Informationsbegriff beschreiben will. Mit diesem Begriff sucht er daher nach einer Erklärung für ein physikalisch konstatierbares Phänomen, das sich den tradierten Deutungsmustern in der Physik entzieht.

Ich behaupte nun, dass die grundlegende Idee für die Lösung des Problems bereits in den Grundlegenden Diskussionen des 17. Jahrhunderts formuliert wurde, und dass sie in der Rekonstruktion der Analyse des elastischen Stoßes durch Leibniz in dieser Arbeit eine Darstellung gefunden hat. Denn auch für Leibniz war das Problem der Zustandsübertragung von zentraler Bedeutung. Und wie aus den im ersten Abschnitt diskutierten Paradoxien hervorgeht, lässt sich bereits für den klassischen Fall eine Zustandsübertragung von einem Körper auf einen anderen nicht logisch widerspruchsfrei denken, es sei denn, man akzeptiert eine Substanz, durch deren Vermittlung das Bild der Übertragung als eine Sprechweise legitimiert wird, und zwar aufgrund der unmittelbaren Beziehungen der Substanzen untereinander.

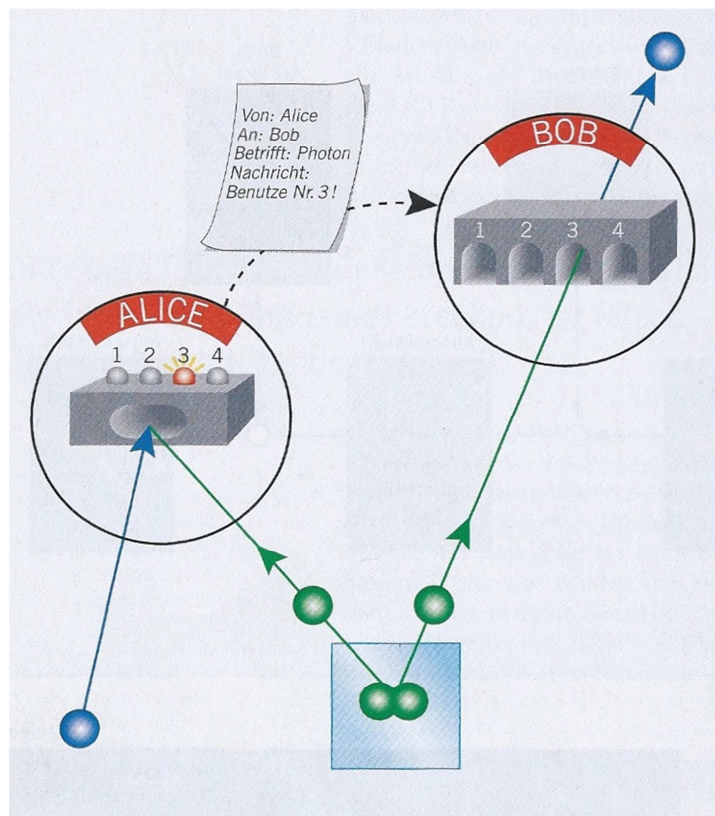


Abb. 2: Quantenteleportation. Ausschnitt aus *Spektrum der Wissenschaft*, November 2008, S. 62.

Eine solche Substanz, das konnte Leibniz zeigen, ist das einzig Reale in der Welt, und die messbaren Eigenschaften der Körper erweisen sich als deren Phänomene. Obgleich real, ist diese Substanz nichts Materielles im stofflichen Sinne, sie erweist sich vielmehr als die Gesamtheit der möglichen Zustände der Dinge, die folglich nicht durch messbare Eigenschaften, sondern durch ihre möglichen Zustände real sind. Das, was wir messen, ist eine Auswahl aus dem Gesamt des Möglichen. Es ist, wie sich Leibniz ausdrückt, eine Modifikation, die das Quantitative hervorhebt.

An dieser Stelle ist die Analogie zur Quantenmechanik mit Händen zu greifen, wenn man das, was eben nicht unmittelbar physikalisch interpretierbar ist, als das eigentlich Reale ansieht, dem gegenüber sich das Gemessene als etwas Abgeleitetes erweist. Der so plausible lokale Realismus wäre dann von vornherein eine problematische Hypothese, die bereits am Beginn der Entstehung der modernen Wissenschaften nicht ungeteilt akzeptiert wurde. Und es wird klar, worauf der von Anton Zeilinger ins Feld geführte Informationsbegriff zielt. Er repräsentiert die von Leibniz stets betonte Subjekt-

Objekt-Identität als Bedingung jeder Erfahrungserkenntnis und drückt sich in der berühmten Formel aus: „Nihil est in intellectu quod non fuerit in sensu, excipe: nisi ipse intellectus.“²⁹

Ich gestehe, dass diese Sicht der Dinge dem etablierten Denken der Gegenwart nicht eben selbstverständlich ist, und ich sehe auch den berechtigten Einwand, dass sich eine schematische Übertragung der Situation des 17. Jahrhunderts auf den Fall der Teleportation verbietet. Doch darum geht es ja gar nicht. Es geht um den viel grundsätzlicheren Zusammenhang von Messung und Realität, und für diesen hat Leibniz bereits vor 300 Jahren ein Angebot gemacht, das sich der Problematik des heute so genannten lokalen Realismus bewusst war. Indem er diese Hypothese als logisch widersprüchlich abgewiesen hat, konnte er Probleme vermeiden, mit denen zurande zu kommen, heute offenbar nicht ganz einfach ist.

Die Analogie ist deshalb vielleicht doch mehr als eine bloße Analogie, denn vom Leibnizschen Standpunkt aus gibt es die scheinbar so offensichtliche Diskrepanz zwischen der klassischen Physik und der Quantenmechanik in Bezug auf den Realitätsbegriff gar nicht. Die Geschichte der Wissenschaften und ihr philosophisches Verständnis hat, um sich zu realisieren, einen Verlauf genommen, der eine Gesamtheit möglicher Entwicklungen auf das zu einer bestimmten Zeit machbare restringierte. Die Quantenmechanik zwingt uns, an die Ursprünge neu anzuknüpfen.

Leibniz zu erkennen heißt in diesem Kontext nicht nur, ihn aufgrund neu erschlossener Texte besser zu verstehen. Leibniz erkennen heißt, das Interpretationspotential seiner Einsichten zu verstehen und zwar aufgrund der Tatsache, dass er das Wesen der modernen Wissenschaften in einzigartiger und bis heute fruchtbar zu machender Weise durchschaut hat. Als Schelling den Satz formulierte, dem ich den Titel meines Beitrags entlehnt habe, hat er das Verständnis Leibniz' an die Entwicklungsfähigkeit seines Systems gebunden. Das System, „das zum Mittelpunkt einer Geschichte der Philosophie dienen soll, muß selbst einer Entwicklung fähig seyn“³⁰, schreibt er. Denn darin erweist es sein Interpretationspotential über den Zeithorizont seiner Entstehung hinaus. Ein Projekt, das auch heute noch die Mühe lohnt.

Adresse des Verfassers: esox_21@gmx.de

²⁹ Gottfried Wilhelm Leibniz, *Nouveaux Essais*, in: Ders., *Sämtliche Schriften und Briefe*, Reihe VI, Bd. 6, Berlin 1962, § 2.

³⁰ F.W.J. Schelling, *Allgemeine Übersicht der neuesten philosophischen Literatur*, a.a.O., S. 99.