

## Samuel Clarke: Der Briefwechsel mit G.W. Leibniz von 1715/1716

A collection of papers which passed between the late learned Mr. Leibniz and Dr. Clarke in the years 1715/1716 relating to the principles of natural philosophy and religion.

Vorwort des Herausgebers.

Der Schriftwechsel zwischen Gottfried Wilhelm Leibniz und Samuel Clarke von 1715/1716 spiegelt die geistige Auseinandersetzung zwischen dem englischen Realismus Newtonischer Prägung (der *experimentellen Naturphilosophie*) und der deutschen, von Leibniz in der Tradition des Cartesianismus weiterentwickelten *rationalistischen Systemphilosophie wider*. In Newtons ganzheitlicher, Erfahrung und Vernunft harmonisch verbindender Naturphilosophie erreicht der ungeheure Aufbruch des Denkens, der mit der Wiederentdeckung Platons um die Mitte des 15. Jahrhunderts die italienische Renaissance und überhaupt die Neuzeit einleitete, dank der Perfektion der mathematischen Methode einen Höhepunkt. Mit Leibniz dagegen fällt Naturforschung, wie schon bei Aristoteles gegen Platon, wieder in erfahrungsunabhängige spekulative *Metaphysik* als eigentliche Philosophie auf der einen Seite, und in rationale *Physik* oder eigentliche Naturwissenschaft auf der anderen Seite auseinander, deren Paradigma die Leibnizsche analytische Mechanik wird. Hier also endet gewissermaßen die Renaissance und beginnt die neuerliche Trennung von Wissenschaft und Philosophie, die manche als *Emanzipation der Naturwissenschaft* feiern, obwohl sie eigentlich eine Restauration von Aristotelismus und Scholastik bedeutete; der Zustand des heutigen Wissenschaftsbetriebes und das, eingestanden oder uneingestanden, realitätsferne, rationalistisch-nominalistische Denken der allermeisten Wissenschaftler beweisen es.

Da es in dem Schriftwechsel um Leibniz' Angriffe gegen die realistische Newtonische Philosophie geht, so werden hier die Standpunkte von Newton und Leibniz in ihrer vollen Gegensätzlichkeit und Unvereinbarkeit sichtbar. Man beginnt im einzelnen zu verstehen, in welchem Maße die Grundlagen der neuzeitlichen Naturwissenschaften tatsächlich und gegen alle Expertenmeinungen nicht von der Newtonischen Naturphilosophie, sondern von Leibnizschem Rationalismus, Subjektivismus und Relativismus geprägt sind. So liefert der Schriftwechsel brisantes Material für die gegenwärtige kritische Auseinandersetzung über diese Wissenschaften. Hier werden ihre geistigen Defizite aufgedeckt; hier beginnt man zu begreifen, in

welche Richtung die heutigen Bemühungen um ein neues, ganzheitliches Naturverständnis werden gehen müssen, wenn sie Erfolg haben sollen.

Dies ist die erste deutschsprachige Ausgabe des Schriftwechsels, die ihn nicht Leibniz zuordnet, sondern dem Newtonianer Samuel Clarke und Isaac Newton selbst, dessen geistige Miturheberschaft an den Clarkeschen Schriften außer Zweifel steht. Die Ausgabe enthält zum ersten Mal Clarkes umfangreiche Anmerkungen, die er seiner eigenen Ausgabe der Schriften 1717 als Erläuterungen des Newtonischen Standpunkts hinzugefügt hat. Newtonisch ist aber auch die Auswahl des im Anhang mitgeteilten Materials orientiert. Die Auszüge aus der Portsmouth Collection von Newtons Nachlass und der Brief Clarkes an Benjamin Hoadly werden erstmals in deutscher Übersetzung vorgestellt.

Übersee/Chiemsee, im November 1989.

---

## EINFÜHRUNG

### I. Isaac Newton und der Schriftwechsel Leibniz-Clarke.

#### 1. Das Thema: Leibnizsche versus Newtonische Philosophie.

Im November des Jahres 1715 erhielt Caroline, Prinzessin von Wales, in London einen Brief aus Hannover. Gottfried Wilhelm Leibniz äußerte darin unter anderem heftige Kritik an der Naturphilosophie Isaac Newtons. Die Prinzessin bat den Hofprediger Samuel Clarke um eine Stellungnahme, die sie an Leibniz weitergab. Der schickte alsbald eine Erwiderung, welche die Prinzessin wiederum Clarke zuleitete. Clarke verfasste eine Entgegnung, Caroline schickte auch diese an Leibniz, und so kam auf diesem Weg im Lauf eines Jahres ein Austausch von neun Streitschriften zwischen Leibniz und Clarke zustande. Das Material ist als "Leibniz-Clarke-Korrespondenz" bekannt, obwohl es eine eigentliche Korrespondenz unmittelbar zwischen diesen beiden nie gegeben hat. Auch weiß man heute, dass Clarke seine Schriften mit Newton selbst abgestimmt hat, so dass diese in Wahrheit Newtons Auffassungen wiedergeben. Der Schriftwechsel markiert damit den Höhepunkt der philosophischen Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Newton.

#### 2. Die Personen: eine Prinzessin und drei Philosophen.

Caroline, Prinzessin von Wales, geborene Prinzessin Wilhelmine Charlotte von Anspach, war seit 1705 die Gemahlin des Erbprinzen Georg von Hannover. Dessen Mutter, Sophie von der Pfalz, Gemahlin des Kurfürsten Ernst August von Hannover, hatte als Enkelin des englischen Königs Jakob I. dem Haus Hannover die Anwartschaft auf den englischen Thron eingebracht. Als 1714 Königin Anna von Großbritannien und Irland starb, ohne Nachkommen zu hinterlassen, wurde deshalb Sophies Sohn Georg Ludwig als König Georg I. ihr Nachfolger. Automatisch errang damit dessen Sohn Georg als nächster Thronfolger für sich und seine Gemahlin Caroline den Rang eines Prinzen und einer Prinzessin von Wales; 1727 sollte er als König Georg II. die Krone übernehmen.

Caroline kannte Leibniz aus ihrer Jugendzeit am Hof zu Berlin. Leibniz hatte dort zusammen mit seiner hannoverschen Schülerin Sophie Charlotte, Tochter der Sophie von der Pfalz, seit 1701 an der Seite Friedrichs I. Königin von Preußen, im Jahre 1700 die spätere Preußische

Akademie der Wissenschaften errichtet. Wie Sophie Charlotte, so war auch Caroline eine Schülerin und Vertraute von Leibniz geworden. Seit 1706 in London, korrespondierte sie mit dem Gelehrten bis zu dessen Tod.

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), promovierter Jurist (Altdorf 1667), hatte eine akademische Karriere zugunsten politischer Tätigkeiten ausgeschlagen. Seit 1676 stand er als Hofrat und Bibliothekar in den Diensten des Hauses Hannover. Er war politischer Rat und Sekretär des Erbprinzen Georg, bis dieser 1706 nach London ging. Leibniz, seit 1691 auch Leiter der Wolfenbütteler Bibliothek, seit 1696 geheimer Justizrat und seit einem Aufenthalt in Wien ab 1713 Reichshofrat, blieb bis zu seinem Tod in Hannoverschen Diensten. Mitglied der Londoner *Royal Society* seit 1673, galt Leibniz, der sich um eine Wiederbelebung der scholastischen Philosophie bemühte, als führender deutscher Philosoph und Universalgelehrter von europäischem Rang. Sein wissenschaftlicher Einfluss auf die Gelehrten seiner Zeit dokumentiert sich in ausgedehnten Briefwechseln.

Samuel Clarke (1675-1729) war englischer anglikanischer Theologe und Philosoph, seit 1707 Hofprediger in London. 1706 übersetzte er Isaac Newtons Werk über die Optik (*Opticks*, London 1704) aus dem Englischen ins Lateinische. Clarke wohnte in London in Newtons Nachbarschaft und pflegte engen Verkehr mit ihm. Er galt als der bedeutendste Schüler und Anhänger Newtons. Auf der Grundlage der Newtonischen Naturphilosophie, die er als einzige mit der christlichen Religion im Einklang sah, lehrte Clarke die wissenschaftliche Beweisbarkeit der Existenz Gottes in seinen *Boyle-Lectures* von 1704/1705. Deren weite Verbreitung machte ihn in der gelehrten Welt über England hinaus bekannt. Noch 1764 rühmte Voltaire im *Dictionnaire philosophique* Samuel Clarke als einen Newton ebenbürtigen Philosophen.

Isaac Newton (1642/3-1726/7), *Sir Isaac*, seit ihn Königin Anna 1705 zum Ritter geschlagen hatte, war von 1669 bis 1701 Professor der Mathematik in Cambridge. 1687 veröffentlichte er sein Hauptwerk über die mathematischen Grundlagen der Naturphilosophie, die *Principia*, und gewann damit ein internationales wissenschaftliches Ansehen, für das er schon zuvor mit mathematischen Schriften den Grund gelegt hatte. Newton war seit 1669 auswärtiges Mitglied der Pariser *Académie des Sciences* und seit 1703 (bis zu seinem Tod) Präsident der *Royal Society* in London. Er galt zumindest in England als der größte Geist seiner Zeit und war jedenfalls der berühmteste Repräsentant des englischen Geisteslebens. Aufgrund seiner Stel-

lung als Direktor der königlichen Münze in London ab 1699 und als zeitweiliges Mitglied des Unterhauses hatte Newton auch eine politische Position inne.

### 3. Die Entstehungsgeschichte der Streitschriften.

In seinem Brief vom November 1715 an die Prinzessin von Wales bezichtigte Leibniz englische Philosophen atheistischer Lehren und der Untergrabung der Religion, und er nannte zwei von ihnen mit Namen: John Locke und Isaac Newton. Eine solche Beschuldigung gegenüber einer Standesperson bei Hof kam praktisch einer Anklage gleich. Diese war umso gefährlicher, als der Ankläger Leibniz nicht nur das Vertrauen seiner Schülerin Caroline besaß, sondern das des ganzen Hauses Hannover einschließlich des Kurfürsten Georg Ludwig, seit 1714 König Georg I., der damit zugleich institutionelles Oberhaupt der Kirche von England war und über Glaubensangelegenheiten zu wachen hatte.

Der Angeklagte John Locke war seit 1704 tot. Sir Isaac aber lebte dreiundsiebzigjährig in London. Was bewog Leibniz, diesen Mann bei Hof zu denunzieren?

Leibniz und Newton waren keine Freunde. Zwar hatten sie schon rund vierzig Jahre zuvor, als beide an der Entwicklung der Infinitesimalrechnung arbeiteten, miteinander korrespondiert, und in seinen *Principia* von 1687 hatte Newton Leibniz als "außerordentlich kundigen Geometer" und als "hochberühmten Mann" namentlich genannt, der im wesentlichen dieselbe mathematische Methode wie er selbst, Newton, herausgefunden habe. Aber später hatte sich das Verhältnis getrübt, nachdem der Mathematiker Nicolas Fatio de Duillier in einer Publikation von 1699 die Priorität der Entdeckung des neuen Kalküls für Newton reklamiert und zwischen den Zeilen angedeutet hatte, dass Leibniz für seine Methode Anleihen bei Newton genommen habe. 1704 veröffentlichte Newton seine neue Methode in Form zweier mathematischer Anhänge zu den *Opticks*. Diese wurden in der von Leibniz begründeten Leipziger wissenschaftlichen Zeitschrift *Acta Eruditorum* 1705 anonym besprochen, wobei als Erfinder der neuen Methode Leibniz genannt wurde. Newton hielt Leibniz selbst für den Verfasser dieser Besprechung und glaubte, dass Leibniz ihn des Plagiats beschuldigen wollte. Drei Jahre danach veröffentlichte der Newtonianer John Keill eine Arbeit, in der es nun hieß, Leibniz habe Newtons Entdeckung in den *Acta Eruditorum* unter Veränderung der Bezeichnung und der Notation sozusagen als eigene veröffentlicht. Hierüber beschwerte sich Leibniz bei der *Royal Society*. Keill schwächte daraufhin seine Äußerung mit einem Brief

vom 24. Mai 1711 an Leibniz ab, ohne sie aber ganz zurückzunehmen. Deshalb wandte sich Leibniz am 29.11.1711 erneut an die *Royal Society*, um Genugtuung zu erlangen. Die Gesellschaft setzte nun ein Untersuchungskomitee ein, das am 24. April 1712 einen Bericht vorlegte, an dem Newton selbst maßgeblich mitgewirkt hatte. Der Bericht, der 1713 veröffentlicht wurde, sah keinen Anlass, die Keill'sche Äußerung dem Wunsch Leibniz' entsprechend zu kritisieren. Damit war nun faktisch Leibniz als Plagiator gebrandmarkt.

1710 hatte Leibniz seine *Theodizee* veröffentlicht, und er hatte darin die Newtonische Gravitationstheorie angegriffen. 1713 erschien in London die zweite Ausgabe von Newtons *Principia* von 1687, mit einem Vorwort des neuen Herausgebers Roger Cotes, worin die Newtonische Lehre verteidigt und die Leibnizsche Kritik, ohne freilich Leibniz' Namen zu nennen, attackiert und zurückgewiesen wurde. Leibniz fühlte sich zu Recht angesprochen. Sein Brief vom November 1715 an die Prinzessin von Wales war eine Reaktion auf den Cotes'schen Angriff; so jedenfalls stellt Leibniz selbst die Sache dar, in einem Brief vom Juni 1716 an Johann Bernoulli<sup>1</sup>.

Die Prinzessin von Wales behandelte die delikate Angelegenheit in generöser und angemessener Weise: Sie beschloss, die andere Seite, Newton also, zu der Leibnizschen Anschuldigung zu hören, und sie wandte sich deswegen an den Hofprediger Clarke, von dem sie wusste, dass er oft mit Newton zusammentraf. Ihm händigte sie einen Auszug aus Leibniz' Brief aus, der die Anklage enthielt, und bat um eine Erklärung dazu, die sie von Clarke in Form einer unsignierten Schrift alsbald erhielt. Noch im selben November 1715 übermittelte sie dieses Schriftstück an Leibniz. Der vermutete in seinem Antwortbrief, dem er eine Stellungnahme zu der erhaltenen Schrift beifügte, dass Clarke die Schrift verfasst habe. Das bestätigte ihm die Prinzessin im weiteren auch, fügte aber hinzu, dass allerdings Clarkes Schrift nicht ohne Beratung mit Newton selbst verfasst worden war<sup>2</sup>.

Der Austausch der Streitschriften zwischen Clarke und Leibniz auf dem Weg über die Prinzessin von Wales dauerte bis zum Herbst 1716, wobei die Schriften von Mal zu Mal länger wurden. Die neunte, nämlich Clarkes fünfte Erwiderung, die Caroline mit Brief vom 29. Oktober 1716 an Leibniz schickte, blieb unbeantwortet. Leibniz starb am 14. November 1716.

#### 4. Die Beteiligung Isaac Newtons.

Samuel Clarke hat in seinen Streitschriften eine so zusammenfassende und ausführliche Darstellung der Newtonischen Naturphilosophie einschließlich ihrer erkenntnistheoretischen, mathematischen, physikalischen und theologischen Grundlagen und Implikationen gegeben, wie man sie seinerzeit in Newtons eigenen veröffentlichten Werken nirgends fand. Das macht die besondere Bedeutung dieses Schriftwechsels als eines Dokuments des Newtonianismus aus. Die Leibnizsche Philosophie war ja an anderer Stelle hinreichend publiziert, etwa in der schon erwähnten *Theodizee* von 1710, auf die Leibniz sich in seinen Beiträgen zu dem Schriftwechsel auch immer wieder bezieht. Bezeichnet man den Schriftwechsel als Dokument des Newtonianismus, so stellt sich allerdings die Frage, inwieweit Clarkes Schriften tatsächlich mit Newtons eigenen Ansichten übereinstimmen oder, anders gesagt, in welchem Maße und in welcher Weise Clarke sich vor deren Abfassung mit Newton beraten hat (wie Caroline es gegenüber Leibniz äußerte) und, ob Clarke sich darauf beschränkte, Newtons Standpunkt wiederzugeben, oder ob er Eigenes, abweichend von Newton, hinzugefügt hat. Die Antwort kann dank einer Arbeit der Wissenschaftshistoriker Alexandre Koyré und I. Bernard Cohen<sup>3</sup> eindeutig gegeben werden: Clarkes Schriften sind ohne jede Einschränkung als von Newton autorisierte Erläuterungen der Newtonischen Naturphilosophie anzusehen, ganz unabhängig davon, ob und inwieweit Newton auf ihren Inhalt und die Formulierungen im einzelnen Einfluss genommen hat; denn die Standpunkte von Clarke und von Newton decken sich in allen behandelten Fragen. Was Clarke geschrieben hat, hat Newton, wenn schon nicht eigenhändig entworfen, so doch mit Sicherheit gedacht und mit Clarke abgesprochen. In diesen Streitschriften spricht der Geist Newtons.

Der philosophische Rang Samuel Clarkes wird durch diese Feststellung um nichts gemindert. Clarke war eben nicht ein Sekretär, der nach Newtons Diktat schrieb, sondern ein gleichrangiger Partner, der als noch junger Mann von gerade vierzig Jahren dem alten Magier Sir Isaac das entlockte, was zur vollständigen Erhellung der Newtonischen Philosophie bis dahin vielleicht noch gefehlt hatte. Selbst wenn dies die einzige Lebensleistung des Samuel Clarke gewesen wäre, so würde es hinreichen, um seinen Namen in eine Reihe zu stellen mit Edmond Halley, dem Geburtshelfer der *Principia* von 1687, und mit Roger Cotes, dem Motor der zweiten *Principia*-Ausgabe von 1713. In jedem Fall aber hat Clarke durch seine eigenständige Herausgabe des Schriftwechsels im Jahr 1717 verdient, dass dieser denkwürdige Streit um die Richtigkeit der Newtonischen oder der Leibnizschen Philosophie

als Schriftwechsel zwischen Leibniz und Clarke bezeichnet und unter Clarkes Namen publiziert wird.

#### 5. Zur Publikationsgeschichte.

Samuel Clarke veröffentlichte den Schriftwechsel 1717 in London unter dem Titel *A Collection of Papers which passed between the late Learned Mr. Leibnitz and Dr. Clarke in the Years 1715 and 1716, relating to the Principles of Natural Philosophy and Religion*. Als Material benützte er Manuskripte der Leibnizschen Beiträge, die ihm Pierre Des Maizeaux, ein in England lebender Vertrauter von Leibniz, zur Verfügung stellte. Leibniz hatte nämlich die Schriften nach Absendung an Caroline nochmals überarbeitet und die Neufassung in Abschriften an Des Maizeaux geschickt. Diesen Leibnizschen Schriften, die in Französisch abgefasst waren, fügte Clarke eine eigene englische Übersetzung bei; seine eigenen englischsprachigen Schriften ließ er von La Roche ins Französische übersetzen, so dass das Buch schließlich den gesamten Schriftwechsel zweisprachig in Englisch und Französisch enthielt. Clarke leitete die Ausgabe mit einer Widmung an die Prinzessin Caroline ein, ergänzte seine Schriften durch Anmerkungen und fügte einen Anhang mit Auszügen aus damals verfügbaren gedruckten Schriften von Leibniz bei, die sich auf Gegenstände des Schriftwechsels bezogen, insbesondere Auszüge aus der *Theodizee* von 1710.

Eine erste deutschsprachige Ausgabe erschien 1720 in Frankfurt und Leipzig (Jena) unter dem Titel *Merckwürdige Schriften welche ... zwischen dem Herrn Baron von Leibniz und dem Herrn D. Clarke über besondere Materien der natürlichen Religion in Französ. und Englischer Sprache gewechselt und ... in teutscher Sprache herausgegeben worden von Heinrich Köhler*, mit einem Vorwort von Christian Wolff und einer von L. P. Thümming verfassten Antwort auf Clarkes fünfte Schrift.

1720 veröffentlichte auch Des Maizeaux den Schriftwechsel, und zwar ausschließlich in französischer Sprache, unter dem Titel *Receuil de divers Pièces sur la Philosophie, la Religion Naturelle, l'Histoire, les Mathematiques, etc., par Mrs. Leibniz, Clarke, Newton & autres célèbres*, wobei die ausdrückliche Erwähnung der Beteiligung Newtons bemerkenswert ist.

1738 erschienen die Schriften in Englisch und Französisch als Bestandteil der *Works of Samuel Clarke, D.D.* in London.

1740 gab Caspar M. Huth in Jena die Köhlersche Edition von 1720 neu heraus, jetzt als *Des Freiherrn von Leibniz Kleinere Philosophische Schriften*, ohne Erwähnung von Clarke und Newton.

Ebenfalls 1740 erschien eine zweite Ausgabe der französischen Edition von Des Maizeaux von 1720. Im selben Jahr veröffentlichte Nicolaus Engelhard in Groningen eine lateinische Übersetzung des Schriftwechsels als *Viri illustris G. G. Leibnitii Epistolarum Pentas una cum totidem responsionibus D. Samuelis Clarkii*, die Thümmings Antwort auf Clarkes fünfte Schrift und umfangreiche Anmerkungen des Übersetzers enthält.

1759 erschien in Lausanne die dritte Ausgabe der Edition von Des Maizeaux von 1720.

1768 nahm L. Dutens den Schriftwechsel in Französisch in seine in Genf erschienene Ausgabe von *G. G. Leibnitii Opera Omnia* auf.

1789 erschien in Genf und Berlin die zweite Ausgabe von Dutens.

1840 veröffentlichte J. E. Erdmann die Schriften ebenfalls in französischer Sprache im Rahmen seiner Ausgabe von *G. G. Leibnitii Opera Philosophica*.

1842 erschien der Schriftwechsel in Paris als Teil der von A. Jacques herausgegebenen *Oeuvres de Leibniz* in Französisch (weitere Ausgaben hiervon 1844 und 1847).

1866 publizierte P. Janet die Schriften wiederum in Französisch, in seinen *Oeuvres Philosophiques de Leibniz* (Paris).

1864-84 gab O. Klopp in Hannover *Die Werke von Leibniz* heraus, deren Band XI den Schriftwechsel in französischer Sprache enthält, zusammen mit dem größten Teil der allgemeinen Korrespondenz zwischen Leibniz und der Prinzessin von Wales, die den Schriftwechsel begleitet hatte.

Die 1890 in Berlin erschienen *Philosophischen Schriften von G. W. Leibniz*, herausgegeben von C. J. Gerhardt, enthielten neben den französischen Schriften von Leibniz erstmals seit 1738 wieder auch diejenigen Clarkes im englischen Original.

1904 gab E. Cassirer in Leipzig *G. W. Leibniz, Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie* heraus. Die Ausgabe enthält den Schriftwechsel in der neuen deutschen Übersetzung von A. Buchenau, sowie eine Einleitung und Anmerkungen von Cassirer.

1924 erschien eine zweite Auflage dieser Ausgabe.

1956 gab H. G. Alexander in Manchester den Schriftwechsel unter dem Titel *The Leibniz-Clarke Correspondence* in englischer Sprache neu heraus, basierend auf der Clarkeschen Ausgabe von 1717, mit Clarkes Anmerkungen und Anhang. Alexander fügte eine umfangreiche Einführung sowie Auszüge aus Werken Newtons (*Principia* und *Opticks*) und aus Briefen von Leibniz, von Newton (an Conti) und von Caroline hinzu, die sich auf den Schriftwechsel beziehen.

1957 veröffentlichte André Robinet in Paris die *Correspondance Leibniz-Clarke présentée d'après les manuscrits originaux des bibliothèques de Hanovre et de Londres*.

1960 erschien in Leningrad eine russischsprachige Ausgabe von V. L. Sviderski und G. Kreber, *Polemika G. Leibnitsa i. S. Klarka po voprosam filosofii estestvoznaniia, 1715-1716*.

1966 erschien in Hamburg bei Felix Meiner eine dritte Auflage der Cassirerschen Leibniz-Ausgabe von 1904 (Philosophische Bibliothek Bd. 107).

1980 veröffentlichte Eloy Rada in Madrid eine Übersetzung des Schriftwechsels ins Spanische: *La polémica Leibniz-Clarke*.

## 6. Der Wirkungsgeschichte erster Teil: Newtons Triumph ?

Überfliegt man die Publikationsgeschichte, so scheint es, als habe durch rund zweieinhalb Jahrhunderte anhaltendes Interesse an dem Schriftwechsel bestanden. Bei näherem Hinsehen zeigt sich aber, dass zwischen 1748 und 1956 keine einzige englischsprachige Ausgabe

erschien, und dass den deutschen und französischen Ausgaben von 1720 erst runde 200 Jahre später 1904 eine weitere deutsche folgte. Dazwischen wurden die Schriften, wenn man von der Ausgabe der Clarkeschen Werke von 1738 absieht, nur in Leibniz-Sammelwerke aufgenommen, wohl eher der Vollständigkeit halber, und der Name Clarkes oder derjenige Newtons erscheint in keinem dieser Werktitel. Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts allersings lassen sich Spuren der Kontroverse in den Schriften vieler Gelehrter ausmachen, zumal dort, wo Newtons Begriffe des absoluten Raumes, der absoluten Zeit und der absoluten Bewegung diskutiert wurden, um die es in dem Schriftwechsel weithin geht.

Leibniz hatte gegen Newton die subjektivistisch-relativistische Auffassung vertreten, dass Raum, Zeit und Bewegung keine Realität "an sich" hätten. Der Raum und die Zeit seien nichts als ideale, gedankliche Begriffe für die Ordnung von Dingen "nebeneinander" (der Raum) oder "nacheinander" (die Zeit), so dass sie unabhängig von diesen Dingen keine eigene Existenz hätten. Auch der Begriff der Bewegung materieller Körper bezeichne als reines Gedankending nur die Veränderungen der relativen Lagen von Körpern zueinander; die Bewegung eines Körpers sei immer nur relativ zu anderen *Körpern* wahrnehmbar und habe unabhängig von solchen anderen Körpern keine eigene oder absolute Realität: "Es gibt keinerlei Bewegung, wenn es keinerlei beobachtbare Veränderung gibt", sagt Leibniz in seinem fünften Brief (zu 13).

Dieser relativistischen Bewegungstheorie (die ihre Wurzeln bei Descartes und bei Aristoteles hat) folgte 1721 George Berkeley mit seiner Schrift *De Motu*. Berkeley setzte sich darin mit Newton und Leibniz auseinander, ohne aber den Schriftwechsel von 1715/1716 ausdrücklich zu erwähnen.

Berkeleys Schrift blieb vorerst unbeachtet. Die Waage schien sich zugunsten der Lehre Newtons von der absoluten oder wirklichen Bewegung der Körper zu neigen. 1741 erschien in Paris Voltaires Buch *Eléments de la Philosophie de Newton*, das entscheidend zur Verbreitung des Newtonianismus auf dem Kontinent beitrug. Voltaire zitiert darin ausgiebig aus dem Leibniz-Clarke-Schriftwechsel und ergreift in allen Punkten gegen Leibniz die Newtonische Position.

1748 veröffentlichte Leonhard Euler in Berlin eine Schrift *Reflexions sur l'espace et le temps*, worin er die Auffassung der Newtonianer, die er "die Mathematiker" nannte, der der

sogenannten "Metaphysiker" (Leibniz und Wolff) gegenüberstellt und sich zu Newton bekennt.

1750 erschien in London aus der Feder des Newtonianers Colin Maclaurin ein *Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries*, worin wiederum der Leibniz-Clarke-Schriftwechsel zitiert und Newtons Standpunkt verteidigt wird.

Auch Immanuel Kant war mit diesem Material vertraut, obwohl er es nirgends ausdrücklich erwähnt hat. Immerhin existiert ein Papier, worin Kant Clarke und Leibniz im Zusammenhang mit dem Thema der Realität von Raum und Zeit erwähnt und auf Newtons Raumbegriff kurz eingeht. Angesichts der Bedeutung, die die Begriffe Raum, Zeit und Bewegung in Kants Philosophie haben, und wenn man bedenkt, dass Kant sich gerade um die Grundlagen der Newtonischen Bewegungslehre bemühte, steht wohl außer Frage, dass Kant alles gelesen haben wird, was zu seiner Zeit über diese Lehre verfügbar war.

Freilich war Kant gleichwohl kein Newtonianer. Zwar erkannte er, dass ohne die Begriffe von Raum und Zeit wissenschaftliche Erfahrung oder Erfahrungswissenschaft überhaupt unmöglich ist. Jedoch beschränkte er den Status von Raum und Zeit darauf, "Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung" zu sein, womit der Leibnizsche Subjektivismus und Relativismus keineswegs überwunden war; denn die Wirklichkeit von Raum und Zeit (und Bewegung) bleibt Kant ganz ebenso wie Leibniz an deren subjektive Wahrnehmung gebunden, so dass auch Kant als Erfahrungswissenschaftler nur von *relativen* Räumen, Zeiten und Bewegungen weiß. Newton meinte den wirklichen oder absoluten Raum, die wirkliche oder absolute Zeit, und die wirkliche oder absolute Bewegung, die unabhängig von der subjektiven oder relativen Anschauung objektiv so sind, wie sie sind, und deren Realität folglich die sinnliche Wahrnehmung übersteigt oder *transzendiert*, so wie die wahre Bewegung der Erde um die Sonne die sinnliche Wahrnehmung übersteigt oder transzendiert: die transzendente Wirklichkeit von Raum, Zeit und Bewegung, die Newton lehrte, blieb Kant verborgen, und ihre bloßen, aller Realität entkleideten *Begriffe* machten sie ihm zu bloßen "idealen" Gedankendingen oder Geistesprodukten. Hier wurzelt der realitätsferne deutsche Idealismus.

Der Wirkungsgeschichte des Schriftwechsels zwischen Leibniz und Clarke nachzugehen heißt, wie man sieht, der Wirkungsgeschichte der Newtonischen Lehre in Auseinandersetzung mit der Leibnizschen Philosophie nachzugehen. Beschränkt man sich auf eine unkritische

Wiedergabe des Zeitgeistes, so schien sich gewiss bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts der wissenschaftliche Newtonianismus allenthalben durchgesetzt zu haben, als Pierre Simon Delaplace seinen *Traité de mécanique céleste unter Berufung auf Newtons Gravitationstheorie* veröffentlichte, und als Joseph Louis Lagrange, ebenfalls unter Berufung auf Newton, die *analytische Mechanik* vollendet hatte. Das Interesse an den Details jener philosophischen Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Clarke schwand dahin, und so könnte man das Kapitel Wirkungsgeschichte hier abschließen und hätte damit das Bild vom Sieg des Newtonianismus nachgezeichnet, das der allgemeinen Vorstellung entspricht.

Die Wahrheit sieht anders aus. Denn was da als angeblich Newtonische Mechanik zur Geltung kam, war in Wirklichkeit die auf *Leibnizsche* Prinzipien gegründete, im 18. Jahrhundert von Jean d'Alembert und anderen entwickelte und eben von Lagrange zu formaler Vollendung gebrachte rationale *analytische Mechanik*. Diese mathematische Theorie, in deren Mittelpunkt der ganz unrealistische, überhaupt nur eine mathematische Idee repräsentierende Begriff einer stetigen Beschleunigungskraft stand (Leibniz' "tote Kraft"), transportierte damit zwangsläufig auch die Leibnizsche Philosophie, wengleich dies den Philosophen, die die neue Wissenschaft sich selbst überließen und stattdessen wieder spekulative Metaphysik betrieben, und den Wissenschaftlern, die mit Philosophie eben deshalb nichts mehr zu tun haben wollten, gleichermaßen verborgen blieb. Die Wirkungsgeschichte des Leibniz-Clarke-Schriftwechsels ist also, wenn man nicht einfach die landläufige oberflächliche Meinung vom Sieg des Newtonianismus übernimmt, als Geschichte der heimlichen Machtergreifung der Leibnizschen Philosophie in der Wissenschaft zu schreiben, die auch die Geschichte der Re-Aristotelisierung oder die Wiederkehr der Scholastik genannt werden könnte.

#### 7. Der Wirkungsgeschichte zweiter Teil: Leibniz' Sieg.

Die These, dass die analytische oder klassische Mechanik nicht von Newton, sondern von Leibniz herrührt und Leibnizsche Philosophie transportiert, steht in krassem Gegensatz zur allgemeinen Meinung, obwohl die Experten seit langem wissen, dass zwischen dem positivistisch-operationalistischen Erscheinungsbild dieser Mechanik und dem Newtonischen, von realen schöpferischen Naturkräften erfüllten Kosmos eine rätselhafte Lücke klafft. Sieht man anhand des Leibniz-Clarke-Schriftwechsels näher zu, so lässt sich die These leicht durch Beispiele belegen.

So ist unstreitig und richtig, dass der analytischen Mechanik - die von hier ab die *Schulmechanik* heißen soll - eine materialistisch-deterministische Bewegungstheorie zugrunde liegt, in der kein Raum ist für autonome immaterielle Bewegungsursachen oder "aktive Prinzipien", wie Newton sie lehrte, und also auch kein Raum für einen freien Willen, der irgendwelche Veränderungen in der Welt ursächlich hervorbringen könnte. Man charakterisiert das Weltbild, das dieser Bewegungslehre korrespondiert, durch die *Uhrenmetapher*: die Welt läuft zwanghaft und unveränderlich ab wie eine vollkommene Uhr. Der Schriftwechsel zeigt, dass es Leibniz ist, der, gemäß seiner Lehre von der *prästabilierten Harmonie* (wonach Gott den Weltenlauf am Anfang aller Dinge für alle Zeit unabänderlich und aufs Beste eingerichtet habe), die Uhrenmetapher benützt und - das erste große Thema des Schriftwechsels - gegen die Newtonische Kosmologie verteidigt. Clarke nämlich argumentiert mit Newton für ein offenes Universum, in dem Raum ist für das schöpferische, kausale Entstehen neuer Bewegungserscheinungen aus wirklichen Ursachen und also auch für die freie Entfaltung eines autonomen menschlichen Willens. Leibniz argwöhnt, eine solche Weltsicht lasse Gott sozusagen als schlechten Uhrmacher erscheinen, dessen Werk nicht in sich unabänderlich vollkommen ist, und tangiere deshalb das Prinzip der Vollkommenheit Gottes. Also verteidigt er Mechanizismus und Determinismus. Das Bild von der Welt als Uhr, als einem mechanischen, nach ehernem Gesetz ablaufenden Werk, in dem keine schöpferischen Kräfte Neues bewirken, ist das Weltbild von Leibniz. In der Schulmechanik entspricht ihm der wiederum Leibnizsche Satz von der universellen Erhaltung der Energie.

Besonders deutlich wird der Leibnizsche Geist der Schulmechanik, wenn man beachtet, dass dieser unstreitig eine Theorie von der *relativen* Bewegung zugrunde liegt. Das kommt in der zentralen Stellung des Begriffs der stetigen Beschleunigung zum Ausdruck, der eine mathematische Invariante repräsentiert, die in keiner Weise auf bestimmte reale Bewegungsvorgänge bezogen ist, und es kommt in der Behauptung zum Ausdruck, dass Bewegung nur als relatives Phänomen sinnlich wahrnehmbar sei. Eine wirkliche oder absolute Bewegung "an sich" eines Körpers *in Raum und Zeit* wird, da sinnlich nicht erfahrbar, von der Schulmechanik für nicht existent erklärt, und dasselbe Schicksal erfahren der wirkliche oder absolute Raum und die wirkliche oder absolute Zeit als das *Bezugssystem* einer solchen absoluten oder wirklichen Bewegung: da sie nicht sinnlich wahrnehmbar seien, so erklärt man sie für nicht existent; und folglich kommen der absolute Raum und die absolute Zeit in dieser Bewegungstheorie nicht vor. Ihre Bewegungsgesetze sind nicht auf ein bestimmtes absolutes raumzeitliches System bezogen, sondern beschreiben *relative*

Bewegungen von Körpern in Bezug auf andere beliebig als ruhend oder als bewegt angesehene Körper ("Bezugssysteme") in gleicher Weise.

Diese relativistische Bewegungslehre ist zweifellos diejenige von Leibniz. Clarke und Newton dagegen treten für die absolute oder wirkliche Bewegung ein und für die Wirklichkeit von Raum und Zeit. Newton erklärt in den *Principia* (am Ende des Scholiums nach Definition VIII) ausdrücklich, dass er dieses Buch eben zu dem Zweck geschrieben habe, um zu zeigen, wie man die wahren oder absoluten Bewegungen der Körper von den scheinbaren oder relativen unterscheiden kann: "Hunc enim in finem tractatum sequentem composui"<sup>4</sup>, heißt es da. Die Lehre von der relativen Bewegung, der Kernbestand der Schulmechanik, ist nicht Newtons, sondern Leibniz' Kind.

Determinismus und Relativismus sind nur zwei der Prinzipien des Leibnizschen Rationalismus, die im Lauf dieser Untersuchung in der Schulmechanik aufzuspüren sein werden. Sie sind jedoch deren tragende Prinzipien, und alles andere hängt mit ihnen zusammen; die These, dass die Schulmechanik von Leibniz herrührt, ist also wohl begründet.

Wie konnte es aber geschehen, dass bei jenem Vorgang, den Philosophen und Historiker bislang als Durchsetzung des Newtonianismus beschrieben haben, unter der Hand die Leibnizsche Philosophie Macht über die Wissenschaft gewann? Die Gründe sind vielfältig. Es konnte geschehen, weil die Mathematiker im Geist des Rationalismus der Aufklärung die Wissenschaft methodisch auf den Leibnizschen Infinitesimalkalkül gründeten, ohne zu sehen, dass dieser keineswegs mit Newtons Fluxionsrechnung identisch war (Newton nannte Leibniz' Methode die "analysis of the bunglers in mathematics", die Analysis der mathematischen Pfuscher<sup>5</sup>). Es konnte geschehen, weil Astronomen nur *eine einzelne* Newtonische Errungenschaft, nämlich das Gravitationsgesetz, ohne Beachtung ihres Zusammenhangs mit anderen Newtonischen Prinzipien und in die mathematischen Formen der Leibnizschen Analysis gepresst, weiterhin Newton zuschrieben, so dass diese Theorie, da sie sich praktisch zu bewähren schien, nachgerade als Paradigma der Wissenschaft gelehrt und gepriesen wurde, während man die eigentlichen Grundlagen der Newtonischen Naturphilosophie verdrängte. Insofern es dabei um die Verdrängung der Newtonischen Einsicht in die Realität immaterieller Naturkräfte und in die Transzendenz der Natur überhaupt ging, kam dies der materialistischen Strömung der französischen Aufklärung sehr entgegen. Und schließlich konnte sich die Leibnizsche Philosophie deshalb so unerkant

verbreiten, weil alle Philosophen und Naturwissenschaftler ab dem Ende des 18. Jahrhunderts die bis dahin entstandene analytische Mechanik (unsere Schulmechanik) ohne weiteres als "Newtonisch" bezeichneten, worin ihnen eine Wissenschaftsgeschichte gefolgt ist, die sich auf oberflächliches, unkritisches Beschreiben historischer Entwicklungen beschränkte. Die Wissenschaftler mögen nun vielleicht sagen, dass es nicht ihre Aufgabe war und ist, etwa durch das Studium der Originalschriften nachzuprüfen, ob die Grundlagen ihrer täglichen Arbeit von Newton oder von Leibniz herrühren oder von wem sonst (freilich liegen die Nachteile einer solchen philosophischen Abstinenz der Wissenschaft auf der Hand). Die Historiker aber und die Philosophen würden es ungleich schwerer haben zu erklären, warum ihnen die Machtergreifung des leibnizschen Rationalismus - oder sagen wir besser: die Restauration der Scholastik unter der falschen Flagge Newtons verborgen oder gleichgültig hätte bleiben dürfen.

Der Gegensatz Newton - Leibniz soll im Folgenden anhand der Themen des Leibniz-Clarke-Schriftwechsels weiter erhellt werden. Es geht, wie schon bemerkt, um die Grundlagen der Schulmechanik und ihres inhärenten Weltbildes. Sieht der Leser, inwiefern diese Leibniz und nicht Newton zuzuordnen sind, so wird er beim Studium der Schriften selbst umso besser verstehen, dass, wo und wie darin über eben diese Grundlagen disputiert wird. Er wird dann sehen, dass dieser Disput keineswegs etwa ein obsolet gewordener Streit um theologische Spitzfindigkeiten ist, sondern eine brandaktuelle Auseinandersetzung zwischen Rationalismus und Realismus, die das gegenwärtig heiß diskutierte Selbstverständnis der Naturwissenschaft betrifft und die Suche nach einem ganzheitlichen Weltbild. Im übrigen vermittelt eine solche Einführung hoffentlich auch Einsichten in die philosophischen Wurzeln physikalischer Grundbegriffe, die die Physiker so gerne in betont antiphilosophischer Attitüde ignorieren, obwohl doch schon Lichtenberg gesagt hat, dass, wer nur Physik und Chemie kennt, auch diese nicht kennt. Die Philosophie ist in der Arbeit des unphilosophischen Wissenschaftlers ebenso gegenwärtig, wie es die Politik in der Arbeit seines sich unpolitisch gebärdenden Kollegen ist. Sieht man das ein, so wird vielleicht sogar ein Ansatzpunkt für eine substantielle Kritik der theoretischen Physik unserer Zeit gewonnen, die deren z. B. von Max Jammer zu Recht beklagten erkenntnistheoretischen Defizite auffüllt und ihre heute so heterogenen Erscheinungsformen - Schulmechanik, Quantenmechanik, Relativitätstheorien - einheitlich zu begreifen erlaubt.

## II. Leibnizscher Rationalismus versus Newtonischen Realismus.

Die philosophische Kontroverse zwischen Leibniz und Newton entwickelte sich vor dem Hintergrund der das 17. Jahrhundert beherrschenden cartesischen Philosophie. René Descartes (1596-1650) gilt als Vertreter des erkenntnistheoretischen Subjektivismus, d.h. jener Philosophie, die das Denken des Subjekts zur Grundlage der Existenz des Subjekts macht (*cogito ergo sum*) und im weiteren zur Grundlage alles Seienden überhaupt. Alles, was ist, soll danach nur ein Produkt des subjektiven Denkens sein, so dass es letztlich keinerlei objektive Realität "an sich" gäbe. Die cartesische Philosophie lässt sich insoweit durchaus als Fortsetzung der aristotelischen Scholastik begreifen, die ihrerseits in ihren subjektivistischen Strömungen über Aristoteles hinaus auf die griechischen Sophisten zurückgeht (Protagoras). Ihnen waren Sokrates und Platon entgegengetreten. In neuerer Zeit hat wohl zuletzt W.I. Lenin die subjektivistische Philosophie treffend kritisiert, weil sie "die Ableitung der Ordnung und Notwendigkeit in der Natur nicht aus der objektiven Außenwelt, sondern aus dem Bewusstsein, dem Verstand, der Logik u.a.m." lehrt und damit "nicht nur den menschlichen Verstand von der Natur losreißt, nicht nur jenen dieser entgegengesetzt, sondern die Natur zu einem *Teil* des Verstands macht, statt den Verstand als einen Teil der Natur zu betrachten" <sup>6</sup>. Der Subjektivist Descartes musste notwendigerweise mit der neuen realistischen Wissenschaft kollidieren, die Galileo Galilei (1564-1642) methodisch als eine empirische, d.h. von den sinnlich wahrnehmbaren Naturerscheinungen ausgehende Naturforschung entwickelt hatte, die sich freilich nicht in der Beschreibung der Erscheinungen erschöpfen sollte. Vielmehr wollte Galilei aus den Erscheinungen die ihnen zugrundeliegenden wahren Gesetze der Natur ermitteln (die durchaus dem Schein widersprechen konnten, wie die wahren Bewegungsgesetze von z. B. Erde und Sonne dem Anschein der Bewegung der Sonne um die Erde widersprechen). Newton, der Galilei methodisch folgte, fasste das Ziel später in die Worte: "Zwei oder drei allgemeine Bewegungsprinzipien aus den Erscheinungen abzuleiten und dann zu sagen, wie die Eigenschaften und Wirkungen aller Dinge aus diesen augenscheinlichen Prinzipien folgen, wäre ein sehr großer Fortschritt in der Naturphilosophie" <sup>7</sup>.

Wenn es aber, gemäß der cartesischen subjektivistischen Philosophie, keine solchen objektiven, den Erscheinungen zugrundeliegenden Prinzipien gab, dann war das Galilei-Newtonische Programm der Erforschung einer objektiven Wirklichkeit der Natur zum Scheitern verurteilt. Naturforschung konnte dann nichts anders zum Gegenstand haben, als die

bloße *Beschreibung* der unmittelbar sinnlich wahrnehmbaren Dinge und Erscheinungen, nämlich der materiellen Körper und ihrer Relativbewegungen. *Naturgesetze* als Manifestationen einer objektiven Wahrheit in den Erscheinungen aufzusuchen, war dann ein sinnloses Unterfangen. Es gab dann ja keine solchen *Gesetze der Natur*, sondern etwaige Gesetzmäßigkeiten waren ebenso subjektiven Ursprungs wie die Erscheinungen selbst, die sie beschrieben. *Der Geist schreibt der Natur die Gesetze vor*; so sah es Immanuel Kant rund einhundert Jahre später. Wenn das aber so war, dann lagen Subjektivismus und Materialismus, nämlich die Leugnung der Realität transzendenter und immaterieller Gegenstände (als Objekte der Wissenschaft) in der Konsequenz dieser Philosophie, und Determinismus, d. h. die Leugnung einer Wechselwirkung zwischen aktiven Prinzipien und den sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen, also auch die Leugnung des freien Willens des Menschen als einer autonomen Ursache von Vorgängen in der Welt, war eine andere Konsequenz. Beides formulierte Thomas Hobbes (1588-1679) als Hauptvertreter des wissenschaftlichen Materialismus seiner Zeit, und folgerichtig entwickelte er auch eine rein deskriptive Bewegungslehre, in der Bewegung ausschließlich aus Bewegung hervorging und ausschließlich relativ begriffen wurde, nämlich bezogen auf die Lagen anderer Körper.

Waren also Materialismus, Determinismus und Relativismus philosophische Grundlagen der Wissenschaft, so musste der Kampf, den Galilei um die Anerkennung der absoluten Erdbewegung gegen die Kirche geführt hat, wohl nur ein "Kampf gegen Schatten" gewesen sein, wie Ernst Cassirer es in seiner Apologie des Relativismus zu Anfang des 20. Jahrhunderts formulierte<sup>8</sup>. Wenn es keine absolute Bewegung gab, dann gab es in der Tat überhaupt keine objektive Wirklichkeit als solche; dann war alles, was der Mensch außerhalb seiner selbst zu erkennen glaubt, nur Schein, nur subjektivistische Projektion des Denkens; dann war es wohl so, dass "wir die Welt durch unsere Wahrnehmung selbst erschaffen", wie es im Untertitel eines heute aktuellen Buches zur Systemtheorie (über die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens<sup>9</sup>) heißt; dann gab es keine objektive Realität, sondern nur eine "erfundene Wirklichkeit"- mit dem Titel eines aktuellen Buches zum Konstruktivismus<sup>10</sup>. Beide seien erwähnt, um die Aktualität der philosophischen Differenz zwischen Cartesischem Subjektivismus (Rationalismus) und Newtonischem Realismus zu belegen.

Leibniz dachte völlig in der Tradition des Cartesianismus, und er steuerte Wesentliches bei, um das cartesische System zu vervollständigen. Da er sah, dass die von Descartes selbst noch vertretene Auffassung einer Wechselwirkung zwischen der materiellen und der geistigen Welt

(sie sollte als Einfluss des menschlichen Willens auf die menschlichen Handlungen durch die Zirbeldrüse vermittelt werden) dem System eigentlich fremd und in ihm auch nicht zu beweisen war, trennte er entschieden die physikalische Welt der materiellen Körper und ihrer Relativbewegungen, deren Wissenschaft er wie Aristoteles *Physik* nannte, vom Reich des Geistes oder der reinen Ideen, welches, wiederum aristotelisch, die *Metaphysik* zum Gegenstand hatte. Eine Wechselwirkung zwischen beiden Bereichen sollte nicht stattfinden, und so brachte Leibniz jene Dichotomie zwischen der materiellen Welt als dem Gegenstand der Wissenschaft Physik und der geistigen Welt als dem Gegenstand der Metaphysik oder der Philosophie wieder zum Vorschein, die schon Aristoteles vertreten hatte, und deren Überwindung Descartes nicht gelungen war. Wenn Leibniz hierfür von manchen als Urheber der Emanzipation der neuzeitlichen Wissenschaft von Theologie und Philosophie gefeiert wird, so sollte man doch sehen, dass damit nichts eigentlich Neues auftrat, sondern dass vielmehr eine scholastische Tradition restauriert wurde, die seinerzeit schon in der Lehre von den zwei verschiedenen Wahrheiten aufgetreten war, welche einerseits die Wissenschaft, andererseits die Philosophie und die Theologie vermitteln sollten. Und wenn Naturwissenschaftler nach Leibniz bestrebt waren (und bis heute bestrebt sind), Philosophie, insbesondere alle jene Dinge, die seit Leibniz wieder der spekulativen Metaphysik als eigentlicher Philosophie zugeordnet werden, und also auch die Rede von Gott aus ihrer Wissenschaft fernzuhalten, so spiegelt gerade diese Haltung den Sieg der Leibnizschen Wissenschaftstheorie über die Galilei-Newtonische Vorstellung von einer einheitlichen realistischen Naturphilosophie, deren Aufgabe es sein sollte, im *Buch der Natur* als der (neben der Heiligen Schrift) zweiten göttlichen Offenbarung Gott zu erkennen, deutlich wider.

Indem nun die Leibnizsche Philosophie die Wissenschaft von der Welt und den weltlichen Erscheinungen vollständig vom metaphysischen Reich, in dem Gott wirkt, trennte und folgerichtig in der Welt der Physik keinerlei aktives schöpferisches Wirken Gottes (und auch nicht des Menschen, und auch nicht irgendwelcher sonstiger aktiver Prinzipien) anerkannte, indem sie also *die Welt als tote mechanische Uhr* begriff, musste die neu entstehende Wissenschaft notwendigerweise eine *atheistische* Wissenschaft sein, wie es die Wissenschaft eigentlich schon in der Scholastik unter der Geltung der Lehre von den zwei Wahrheiten gewesen war. Und wie damals, so kann auch nach Leibniz wieder der Wissenschaftler ein Atheist und doch zugleich ein gläubiger Mann sein; denn sein Gott liegt sozusagen außerhalb der Wissenschaft und ist ein Gegenstand nicht des Wissens, sondern des Glaubens, ganz im Gegensatz zur Haltung von Newton und Clarke (und Galilei), denen die wissenschaftlich

erkannte objektive Weltordnung als strikter Beweis für die Wirklichkeit und Gegenwärtigkeit Gottes galt.

Die Diskussion zwischen Leibniz und Clarke zeigt, wie sehr Leibniz sich darum bemühte, seiner eingestandenermaßen materialistisch-deterministischen Physik eine metaphysische Gotteslehre zur Seite zu stellen, die zeigen soll, dass Gott, obgleich er in der physikalischen Welt nicht aktiv wirkt, doch darin anwesend ist; und es gelang ihm nicht, die Widersprüchlichkeit dieser Konzeptionen zu überwinden. Anders liegt die Sache für Clarke und für Newton. In ihrer Welt ist Gott als aktives Prinzip gegenwärtig und wirksam, und die Rede von Gott erklärt Newton, dessen Wissenschaft nicht Physik heißt, sondern Naturphilosophie, zum unverzichtbaren Bestandteil dieser Philosophie<sup>11</sup>.

Isaac Newton war in seine Jugendzeit selbst ein Anhänger der cartesischen Philosophie gewesen. Jedoch hatte ihn ein Schlüsselerlebnis gegen Ende des Jahres 1680 auf andere Wege gebracht. Es war die Erscheinung eines Kometen, den er in Cambridge selbst beobachtete<sup>12</sup>. Newton sah mit eigenen Augen, dass der Komet, entgegen allen Behauptungen der damaligen Wissenschaft, nicht etwa aus einer Himmelsgegend kam und in die entgegengesetzte Himmelsgegend verschwand; vielmehr umrundete der Komet die Sonne und kehrte wieder dahin zurück, woher er gekommen war. Es dauerte Monate, bis Newton sich dieser Beobachtung wirklich sicher war und ihre ganze Tragweite begriff: Die beobachtete Erscheinung widerlegte die cartesische Theorie von der Bewegung der Himmelskörper und mit ihr die ganze relativistische Bewegungslehre. Denn: dass der Komet in Sonnennähe seine ursprüngliche Bahn verließ und auf zunehmend gekrümmter Bahn schließlich in engem Bogen um die Sonne lief, musste eine Ursache haben. Descartes hatte gelehrt, dass der Weltraum von einer äußerst feinen und durchsichtigen Materie wie von einer Art Flüssigkeit erfüllt sei, die in Wirbeln ganz wie eine Flüssigkeit die Himmelskörper mit sich führe. Newton indessen erkannte nun, dass die Erklärung der Kometenbahn mittels dieser Wirbeltheorie allen bekannten Gesetzen der Hydromechanik widersprach; es war schlechterdings unmöglich, die beobachtete Kometenbahn mit der Wirbelhypothese zu erklären. Descartes hatte Unrecht. Genau bedacht war es überhaupt ganz ausgeschlossen, dass dort im Weltraum Materiewirbel existieren und die Himmelskörper auf den beobachtbaren Bahnen mit sich führen könnten. Newton sah, dass der Weltraum in Wahrheit leer war, was freilich Johannes Kepler (1571-1630) schon lange vor ihm und vor Descartes geahnt hatte.

War aber der Weltraum leer, so musste die Ursache der Bahnveränderung des Kometen in Sonnennähe immaterieller Art sein. Gab es aber demnach tatsächlich immaterielle Bewegungsursachen, die durch ihre Wirkungen beobachtet und womöglich auch gemessen werden konnten, so gab es eine Möglichkeit, *wirkliche oder absolute Bewegungen aus ihren Ursachen zu erkennen und zu erklären und von bloß relativen Lageveränderungen von Körpern zu unterscheiden*. Das war das Ende des Relativismus und die Überwindung des Materialismus und des inhärenten Atheismus der cartesischen Wissenschaft: denn die Anerkennung und der Nachweis transzendenter immaterieller aktiver Prinzipien oder *Kräfte* als Ursachen mechanischer Bewegungserscheinungen etablierte *das Geistige* als realen, physikalisch wirksamen Wechselwirkungspartner in der Bewegungslehre; immaterielle Prinzipien wurden zu einem möglichen Gegenstand der mathematischen exakten Wissenschaft von der Bewegung. Gott, als die eigentliche Quelle dieser Kräfte, wurde wissenschaftlich beweisbar. Eben das betont Newton z. B. in *Query 28* seiner *Opticks* von 1704<sup>13</sup>, und eben das unternahm Samuel Clarke in seinen *Boyle-Lectures* von 1704/05.

Nun ließ sich auch der menschliche Geist wieder als eine immaterielle Wesenheit eigener Art neben dem materiellen Körper und in diesem begreifen, dessen Schicksal er keineswegs notwendigerweise zu teilen hatte. Und so fand die Überzeugung von der Unsterblichkeit des substantiellen Geistes (der Seele) ebenso neuen Grund, wie die Idee der menschlichen Handlungsfreiheit, die Hobbes und andere Materialisten bestritten hatten. Es war wiederum Clarke, der später wohl mit Recht hervorhob, dass allein eine auf dieser indeterministischen Newtonischen Bewegungstheorie aufbauende Wissenschaft mit der christlichen Lehre von der Freiheit des Menschen zu vereinen war.

Isaac Newton fand sich nach seinem Schlüsselerlebnis mit dem Kometen von 1680 (der nicht der Halleysche Komet war) in der Nachfolge jener Wahrheit- und Gottsucher Johannes Kepler und Galileo Galilei wieder, die die neue Lehre des Copernicus von der wahren Bewegung der Erde um die Sonne so begriffen hatten, dass in der Natur tatsächlich objektive Erkenntnis zu gewinnen, objektive Wahrheit zu finden war. Diese Wahrheit lag freilich nicht unmittelbar in den sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen (wie das Beispiel von der Bewegung der Erde um die Sonne zeigt, bei dem der wahre Sachverhalt dem sinnlichen Anschein gerade entgegengesetzt ist), sondern gewissermaßen dahinter: die Realität *überschreitet* die Grenzen der sinnlichen Wahrnehmung: sie ist transzendent in dem Sinne, in dem Platon zweitausend Jahre zuvor begriffen hatte, dass die Wirklichkeit etwa anderes ist

als ihr bloßer Schatten, den die Sinne wahrnehmen. Tatsächlich hatte die Wiederentdeckung Platons, dessen originale Schriften Flüchtlinge aus dem untergehenden oströmischen Konstantinopel um die Mitte des 15. Jahrhunderts nach Italien brachten, in der Renaissance die geistige Strömung ausgelöst, die von der 1459 von Cosimo de' Medici in Florenz gegründeten Platonischen Akademie und ihrem Repräsentanten Marsilio Ficino (1433-1499) ausgehend die Menschen bewegte; die den Genueser Christoph Columbus (1451-1506) ermutigte, im Vertrauen auf die transzendente Realität, dass die Erde rund ist, das im Osten liegende Land Indien anzusteuern, indem er westwärts segelte (1492); die den Frauenburger Domherrn Nicolaus Copernicus (1473-1543) nach langen Studienjahren in Italien (1496 bis 1503) jenes Buch *De revolutionibus orbium coelestium* (Nürnberg 1543) über die der Sinneswahrnehmung entgegengesetzte wirkliche Bewegung der Erde um die Sonne schreiben ließ, mit dem die platonische Revolution der Naturwissenschaft einsetzte. Dieselbe von Ficino konzipierte Verbindung der realistischen platonischen Transzendenzlehre mit dem Christentum ließ Johannes Kepler und Galileo Galilei wenige Jahrzehnte später das nach platonischer Lehre in mathematischer Schrift verfasste *Buch der Natur* als eine gleichwertig neben der Bibel stehende Quelle der Offenbarung des wahren Gottes begreifen (wobei der Konflikt mit einer Kirche vorprogrammiert war, die spätestens seit der Aristoteles-Rezeption im 13. Jahrhundert der Wissenschaft jeden Zugang zur objektiven göttlichen Wahrheit absprach und damit die Wahrheits- bzw. Realitätsferne der scholastischen Wissenschaft befördert hatte); und denselben christlichen Neuplatonismus setzten in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts in Cambridge die *Cambridge Platonists* Ralph Cudworth (1617-1688) und Henry More (1614-1687) dem aus der cartesischen subjektivistischen Philosophie erwachsenen Atheismus und Materialismus des Thomas Hobbes entgegen.

Newton, der Mathematikprofessor in Cambridge, fand zu diesen Männern. Er gab dem platonischen Gedanken von der Transzendenz der wahren Wirklichkeit und von der im wirklichen absoluten Raum und in der wirklichen absoluten Zeit aus Materie und Geist als zwei gleich ursprünglichen Bausteinen göttlich erschaffenen wirklichen Welt in seiner dualistischen Bewegungslehre von den immateriellen bewegungverursachenden Kräften und den durch sie bewirkten Bewegungen der materiellen Körper neuen Ausdruck und dank der mathematischen Fundierung dieser Naturphilosophie neue Durchschlagskraft: die mathematische Methode der Beweisführung zeigte, dass diese Philosophie nicht irgendein Gedankensystem neben anderen, sondern dass sie die *allein richtige*, d.h. die *wahre* Philosophie war, wenn denn Philosophie, wie es der ursprüngliche Wortsinn wohl nahe legt,

mit der objektiven Wahrheit etwas zu tun hat. Newton also setzte dem Hauptwerk des Descartes, den *Principia philosophiae* (Amsterdam 1644), seine *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* von 1687 betont als *mathematisches* Werk entgegen, um den Wahrheitsanspruch zu dokumentieren, den diese Philosophie erhob.

Wenn also die Grundlagen der Newtonischen Philosophie gewiss zu Platon zurückführen, so wird man Newton selbst doch nicht gerecht, wenn man ihn als Platoniker neben anderen bezeichnen wollte. Überhaupt ist ja die Frage, ob man von Platonismus eigentlich als von einem geschlossenen philosophischen System sprechen kann, in dem einer des Meisters Schüler werden konnte, so wie es Aristoteliker als Schüler des Stagiriten durch die Jahrtausende stets gegeben hat. Vielleicht ist Platonismus gar nichts anderes, als jene von Sokrates übernommene *Methode* der Wahrheitsuche, der eben die Wahrheit und nicht die Autorität alles gilt. "Amicus Plato, amicus Aristoteles, magis amica veritas"; dieses geflügelte Wort der Renaissance hatte Newton schon 1664 als Student in Cambridge zum Leitspruch seiner philosophischen Forschung erhoben: *Platon ist mein Freund und Aristoteles auch; meine liebste Freundin aber ist die Wahrheit*<sup>15</sup>.

Die Wahrheit der Natur also stand seit Newtons Kometenbeobachtung von 1680 gegen cartesischen Subjektivismus und Relativismus, der auch die (nichtmetaphysische) Wissenschaftsphilosophie des Gottfried Wilhelm Leibniz bestimmte. Die Kontroverse zwischen ihm und Clarke zeigt, dass aus diesem philosophischen Gegensatz vollkommen konträre Auffassungen über die elementarsten Prinzipien der Physik und der Naturphilosophie folgen mussten und folgten.

### 1. Zur Methode der Naturphilosophie.

In der aristotelisch orientierten Scholastik pflegten die Philosophen die Methode der "Rettung der Phänomene". Das bedeutet, dass man zur Erklärung von Naturerscheinungen beliebige Hypothesen aufstellen konnte, wenn diese nur den Phänomenen selbst und den Schriften der Autorität Aristoteles nicht widersprachen. Ein Wahrheitsanspruch wurde mit diesen Hypothesen also nicht verbunden; die Wahrheit war Sache der Kirche und des Glaubens. Die neue Philosophie dagegen suchte die objektive Wahrheit der Natur hinter den Phänomenen zu begreifen, die freilich der alleinige *Ausgangspunkt* aller naturforschung sein sollten. Francis Bacon (1561-1626) begründete ihr Methode und gab dem ganzen den Namen *experimentelle*

*Philosophie*, weil sie sich allein auf Erfahrung und Experiment gründen sollte. Isaac Newton hat diese Methode in vier *Leitsätzen des Philosophierens* den *Principia* angefügt, und er hat sie in den *Opticks* weiter erläutert<sup>16</sup>.

Nun ist aber, wie Goethe gesagt hat, Erfahrung nur die Hälfte der Erfahrung. Wirkliche Erkenntnis lässt sich erst durch kritische Untersuchung des Erfahrungsmaterials mit den Mitteln des analytischen Verstandes gewinnen. Es braucht eine geistige Anstrengung zu begreifen, dass entgegen dem Anschein nicht die Sonne um die Erde, sondern die Erde um die Sonne kreist. Diesen methodischen Schritt nennt Newton deshalb die *Analyse* oder die *Deduktion*. Ihr Ziel ist keineswegs bloße Beschreibung des Erfahrungsmaterials, sondern *Ursachenforschung*. Soweit es um die Bewegungslehre als Hauptthema der Naturphilosophie geht, ist das methodische Ziel Newtons folglich primär auf die analytische Ermittlung der für eine bestimmte beobachtete Bewegungserscheinung *ursächlichen Kräfte* gerichtet. So schreibt er in der Einleitung zu den *Principia*: "Alle Schwierigkeit der Philosophie besteht wohl darin, dass wir aus den Bewegungserscheinungen die Kräfte der Natur erschließen" - das ist der *deduktive* Schritt - "und alsdann von diesen Kräften ausgehend die übrigen Erscheinungen genau bestimmen"<sup>17</sup>. Erst dieser zweite Schritt bezeichnet das, was man *Induktion* nennt und wovon noch zu reden sein wird. Hier sei betont, dass das Zitat die gelegentliche Behauptung, die empirische Forschung Galileis und Newtons habe sich auf die bloße Beschreibung von Bewegungserscheinungen unter Verzicht auf Ursachenforschung beschränkt, klar widerlegt; man verallgemeinert bei dieser Behauptung unzulässig die Weigerung Galileis und Newtons, über die Ursache des speziellen Problems der Gravitation *Spekulationen anzustellen*. Zweifellos haben beide nach den Naturkräften *gesucht*, die die Bewegungserscheinungen (auch der gravitierenden Körper) verursachen, und schon Galilei hat einige davon gefunden. Der Umstand, dass in den Übersetzungen seiner Werke vielfach z. B. anstelle jener Ursache der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, die Galilei den *Impetus* nennt, fälsch ein diese Bewegung nur *beschreibender* Ausdruck *Impuls* gesetzt wurde, sollte darüber nicht hinwegtäuschen.

Dass Galilei selbstverständlich Ursachenforschung betrieb, wusste z. B. sein Zeitgenosse Descartes sehr wohl. Er schreibt in einem Brief an Marin Mersenne über Galilei: "Sein Fehler ist, dass er beständig abschweift und niemals seinen Stoff erschöpft, woraus man erkennt, dass er, ohne die ersten Gründe der Natur zu betrachten, lediglich die Ursachen einiger besonderer Vorgänge gesucht, so dass er ohne Fundament gebaut hat"<sup>18</sup>. Hier wird allerdings

die Geringschätzung des Systemphilosophen Descartes für den Empiriker Galilei deutlich, und in ihr offenbart sich zugleich der Gegensatz zwischen der experimentellen Philosophie und der Methode der herkömmlichen rationalistischen Philosophierens von neuem: Descartes will die Welt aus dem Begriff, aus dem reinen Denken, aus dem prinzipiell Unerfahrbaren hervorgehen lassen. Also legt er ein erdachtes, hypothetisches Fundament, das er die "ersten Gründe der Natur" nennt, und sucht von hierher die Erklärungen der Phänomene abzuleiten. Diese Cartesische Deduktion führt also vom Begriff zur Erscheinung, nicht, wie die experimentelle Methode, von der Erscheinung zu den Ursachen. Und deshalb ist es ganz falsch und irreführend, wenn man die cartesianisch-aristotelische erkenntnistheoretische Terminologie, zumal den Begriff der Deduktion, dort zugrundelegt, wo Newton seine Methode als deduktiv (oder analytisch) bezeichnet: Newton nämlich deduziert nicht aus Begriffen, sondern aus der Erfahrung. Was er auf diese Weise gewinnt, sind *wahre Einzelsätze* über die wirklichen Ursachen bestimmter einzelner Erscheinungen. Und erst die Verwendung dieser Einzelsätze zur Erklärung *weiterer* Erscheinungen, also sozusagen ihre Verallgemeinerung, nennt er *Induktion*, wiederum ganz im Gegensatz zur cartesianisch-aristotelischen Terminologie; denn dort bedeutet Induktion gerade die Verallgemeinerung einer konkreten Einzelerfahrung zum *Allsatz* ("alle Schwäne sind weiß"). Somit unterscheidet sich die Galilei-Newtonische Methode hinsichtlich *Deduktion* oder *Analyse* und hinsichtlich *Induktion* oder *Synthese* in einer Weise von herkömmlicher Systemphilosophie, die zumal von den Kritikern des Induktionsprinzips, von David Hume bis Karl R. Popper, übersehen wurde: Insbesondere bedeutet eben *Induktion* in dieser Methode nicht, dass da ein Einzelfall oder eine Einzelbeobachtung kurzerhand verallgemeinert würde, sondern es wird die analytisch/deduktiv ermittelte *Ursache* eines Einzelphänomens als Ursache *aller* Phänomene *dieser Art* angenommen, solange nicht zusätzliche Erfahrungen zu einer Einschränkung dieser Verallgemeinerung nötigen.

Festzuhalten bleibt, dass die experimentelle Naturphilosophie Newtons und Galileis das gerade Gegenteil rationalistischen Philosophierens sein wollte und war, so dass Descartes' Kritik an Galilei, so aufschlussreich sie für die Sache ist, doch fehlgeht. Galilei und ihm folgend Newton will eben *gerade nicht* ein erstes Prinzip *ersinnen* und eine spekulativ erdachte *Hypothese* zum Fundament der Philosophie machen, von der her sich alles Weitere deduktiv erklären lässt. Sie wololen vielmehr die Natur sozusagen von unten her erkennen, indem sie von deren sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen ausgehend einzelne kleine Wahrheiten herausfinden, die aber immerhin doch *Wahrheiten* sind, absolute, zeitlose

Wahrheiten, auf denen aufbauend sich nach und nach ein immer vollständigeres Bild von der wirklichen, objektiven Natur und ihren Gesetzen im dialektischen Prozess des Erkennens der transzendenten Realität oder der Realität des Transzendenten ergibt.

Eine methodisch solchermaßen begründete Naturphilosophie musste nun allerdings den Widerspruch eines Mannes wie Leibniz finden. Denn wie Descartes, so gründet auch Leibniz seine Philosophie nicht auf die Erfahrung der Sinne. Sein oberstes Prinzip und erstes Fundament ist die reine Vernunft. Irgendeine objektive Realität "da draußen", als Ursprung und Ziel wahrer Erkenntnis, existiert für Leibniz nicht. Wie Descartes, so lehrt auch er eine rationalistische, auf prinzipiell nicht erkennbaren, sondern nur erdenkbaren Grundsätzen ruhende Systemphilosophie, und seine oberste Hypothese ist das Prinzip des *hinreichenden Grundes*, nämlich der Gedanke, dass nichts existieren oder geschehen könne, ohne dass es dafür einen hinreichenden, der menschlichen Vernunft einsichtigen Grund gibt. Leibniz stellt damit die menschliche Ratio höher als Gott und übertrifft so Descartes, für den der allmächtige Gott das erste Prinzip gewesen war: Wir werden sehen, dass Leibniz etwa den Atomismus deshalb verwirft, weil er meint, dass Gott für die Erschaffung einer Mehrzahl einander vollkommen gleichartiger elementarer Bausteine der Materie keinen einleuchtenden Grund hätte haben können.

Natürlich liegt dieser Fall so, dass eben *Leibniz* (stellvertretend für alle Menschen) keinen solchen Grund zu sehen vermochte; und deshalb erwidert ihm Clarke mit Recht, dass Gott wohl viele Gründe haben kann, dies und jenes zu tun und eben auch mehrere einander gleiche Elementarteilchen zu schaffen, unabhängig davon, ob wir Menschen hierfür Gründe sehen. Die reine Vernunft hat damit lange vor Kant durch Clarke-Newton eine Kritik erfahren, die, wie wir sehen werden, konsequenter und letztlich richtiger war, als der von Immanuel Kant unternommene Versuch, aus dem überkommenen erkenntnistheoretischen Subjektivismus auszubrechen. Von Clarke und Newton lernen wir, dass Raum, Zeit und Kausalität eben nicht *nur*, wie Kant gemeint hatte, subjektive *Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung* bezeichnen, sondern *transzendente Realitäten; sie sind die objektiven Bedingungen der Wirklichkeit der Welt*.

## 2. Kausalität und Determinismus.

Mit einer Philosophie, die alle Erscheinungen der Welt aus gedanklich konstruierten ersten Prinzipien deduzierend erklären will, verbindet sich wohl zwangsläufig die Vorstellung, dass diese Erklärungen *notwendig* aus den ersten Prinzipien hervorgehen müssen oder durch diese *determiniert* sind. Die ersten Prinzipien, jene "ersten Gründe der Natur", welche Descartes bei Galilei vermisste, müssen auch die *alleinigen* Gründe allen Geschehens sein, so dass in ihnen sozusagen zu allem schon der Keim liegt und alle möglichen Geschehensabläufe und Geschehnisse durch sie vorherbestimmt sind; denn andernfalls könnte man aus ihnen nichts herleiten. In solcher Perspektive erscheint die Welt allerdings als bloßer Mechanismus oder Automat oder als Maschine, als zwanghaft ablaufendes Uhrwerk, in dem nichts Neues geschehen kann. Es ist unübersehbar, dass dieser Determinismus dem Leibnizschen Denken inhärent ist, und das bestätigt sich gerade dort, wo Leibniz die resultierende Unfreiheit des hoffnungslos diesem Mechanismus ausgelieferten Menschen dadurch zu mildern versucht, dass er diese Weltordnung als von Gott eingerichtete *prästabilierte Harmonie* bezeichnet und gegen das blinde Fatum des Islam wie auch gegen den Schicksalsbegriff der Stoiker abgrenzen möchte. Da Gott nur Gutes tun kann, so muss die von ihm prästabilierte, d.h. im voraus eingerichtete "Harmonie" des Weltenlaufs, d. h. seine Zwanghaftigkeit und Unabänderlichkeit, zugleich die beste aller möglichen Einrichtungen sein. Wie man sich freilich mit solchem Trost versehen in der wirklichen Welt zurechtfindet oder auch nicht, hat Voltaire unübertroffen gezeigt, in seinem satirischen Prosatext *Candide ou l'optimisme* (Genf 1759). Voltaire unternahm es darin, die Leibnizsche (deutsche) idealistische Systemphilosophie empirisch zu widerlegen, und man kann sagen, dass seine Beweisführung ebenso überzeugt wie Lenins Kritik des deutschen Idealismus (oder der bürgerlichen subjektivistischen Philosophie, wie er sie nannte) 150 Jahre später.

Für die exakte Naturwissenschaft seiner Zeit, und das heißt in erster Linie für die dieser zugrundeliegende Lehre von der Bewegung, bedeutete nun das Leibnizsche deterministische Weltkonzept, dass alles, was in der Welt an Bewegung vorhanden ist, von allem Anfang an vorhanden gewesen sein muss und sich in alle Ewigkeit nicht vermehrt oder vermindert, sondern sich lediglich verschieden und wechselnd auf die diversen materiellen Objekte der Welt verteilt. Bewegung entsteht nur aus Bewegung, hatten Descartes und Aristoteles gelehrt, denen Leibniz folgte. Es gibt also keine Neuentstehung von Bewegung und folglich auch keine aktiven Prinzipien, keine Bewegungsursachen eigener Art, die also solche Bewegung

schöpferisch hervorbringen könnten, wo vorher keine war. Also gäbe es hiernach keinerlei schöpferische Vorgänge in der Natur, in der letztlich ja alles Bewegung ist, und so gäbe es in der Natur keine Erschaffung von irgend etwas Neuem, nicht durch Gott, dessen Schöpfungswerk längst vollbracht ist (es sei denn durch übernatürliche Eingriffe oder Wunder), und nicht durch den Menschen; denn der Mensch hat natürlich in diesem Weltbild keinen freien Willen. Die Leibnizsche Welt ist eine vollkommene Uhr, und es ist *Leibnizsche* Philosophie, die dem deterministischen Weltbild der neuzeitlichen Naturwissenschaft, wie sie in den vergangenen drei Jahrhunderten entstanden ist, zugrunde liegt. Das muss heute besonders betont werden, da dieses Weltbild zunehmend kritisiert, von den Kritikern aber meist ganz zu Unrecht Newton zugeschrieben wird<sup>19</sup>. Immerhin findet man bei Ilya Prigogine, der das Werden zu einem Thema der Naturwissenschaft gemacht hat, den Satz, dass "Clarke, ein Anhänger Newtons, gegen Leibniz die Notwendigkeit verfocht, sich eine Welt zu denken, in der Neues geschieht, in der die Spontaneität der Lebewesen und die menschliche Freiheit ihren Sinn haben"<sup>20</sup>.

Tatsächlich liefert die realistische Newtonische Naturphilosophie die Alternative zum Determinismus, um dies es hier geht, und den heutigen Kritikern des naturwissenschaftlichen Weltbildes kann das Studium des Leibniz-Clarke-Schriftwechsels nur ans Herz gelegt werden: Denn schon das erste große Thema dieser Kontroverse, nämlich die Frage, ob Gott die Welt als perfektes Uhrwerk erschaffen hat, oder ob im Kosmos auch Neues entstehen kann und Gott gegebenenfalls auch in den Lauf der Welt eingreift - wie Newton es lehrt - , betrifft genau dieses Problem, von dem auch die Frage der menschlichen Willensfreiheit oder Handlungsfreiheit abhängt. Die Anerkennung autonomer *wirkender Ursachen* neuer Bewegungserscheinungen in der Welt, auf deren Erkenntnis die Galilei-Newtonische Philosophie ja abzielt, bedeutet ein Universum, das für neue Entwicklungen offen ist, das lebt, und in dem eben nicht nur Gott, sondern auch der Mensch nach seinem Vermögen frei und verantwortlich so oder anders handeln und schicksalhaft Neues schaffen kann. Wenn Leibniz demgegenüber meint, dass Gott in diesem Fall als schlechter Uhrmacher erscheine, der ein mangelhaftes, im Lauf der Zeit reparaturbedürftig werdendes Werk geschaffen habe, so steckt in dieser Überlegung ein Irrtum, auf den schon Augustinus aufmerksam gemacht hat - nämlich die Vorstellung, dass Gott der Zeit unterworfen sei, so dass er, wenn er "später" korrigierend in den Weltlauf eingreife, einen Mangel behebe, den er selbst "früher" geschaffen habe. Gott steht aber *über* der Zeit, die wie alles andere seine Schöpfung ist, und

das Bild vom schlechten Uhrmacher taugt deshalb nicht, um etwa in Newtons Kosmologie, wie Leibniz meinte, einen Abstrich von der Vollkommenheit Gottes zu vermuten.

Diese spezifisch theologische Fassung des Determinismusproblems, wie Leibniz und Clarke es diskutieren, mag Wurzeln haben, die auf die Kontroverse zwischen Luther und Melanchthon über die Willensfreiheit zurückgehen. Leibniz war Protestant, und seine deterministische Philosophie lässt sich wohl nur aus einem ganz bestimmten protestantischen Blickwinkel mit dem Christentum vereinbaren. Jedoch erschöpft sich die Argumentation der Kontrahenten nicht in theologischen Problemen, sondern ihr liegt als ein heute unverändert wichtiger Aspekt die Newtonische Alternative zum Determinismus zugrunde, die mit dem Begriff *Kausalität* zu verbinden ist. Kausalität und Determinismus werden häufig durcheinandergeworfen, verwechselt oder auch gleichsinnig gebraucht. Zumal Physiker sprechen häufig von ihrem "kausal-deterministischen Weltbild" und gebrauchen insbesondere den Begriff *Kausalität*, um die Gesetzmäßigkeit allen Geschehens zu bezeichnen, die sie freilich als Determiniertheit begreifen, was sofort zu dem Schluss nötigt, dass es kein Wesen geben kann, das in den Gang des Weltgeschehens eingreifen könnte<sup>21</sup>. Das Missverständnis rührt aus der Unkenntnis des Unterschieds zwischen rationalistischem subjektivistischem Systemdenken in der Tradition von Aristoteles, Descartes und Leibniz einerseits, und der auf Platon zurückgehenden realistischen Philosophie Galileis und Newtons andererseits. Eine Systemphilosophie, die alle Erklärungen aus ersten Gründen oder *Hypothesen* deduzieren will, muss notwendigerweise deterministisch sein in dem Sinne, dass die Hypothesen die aus ihnen zu deduzierenden Erklärungen sozusagen bereits vollständig enthalten und eindeutig bestimmen. Die Deduktionskette darf also nicht von irgendwelchen späteren zeitlichen Ereignissen unterbrochen werden können, d.h. sie muss *zeitunabhängig* sein, und Bewegungsgesetze müssen in einem solchen System so gefasst sein, dass z. B. aus einem bestimmten Bewegungszustand eines Körpers zu einem bestimmten Zeitpunkt jeder Bewegungszustand desselben Körpers zu jedem beliebigen späteren Zeitpunkt ermittelt werden kann. Kausale, nämlich spontan auftretend autonome Ursachen, die der Bewegung eine nicht in den Anfangsbedingungen vorprogrammierte Änderung aufdrücken würden, haben in diesem System keinen Platz.

Ein solcher Formalismus stellt nun ganz gewiss keine Gesetzmäßigkeit dar, nach welcher die schöpferische "Mutter Natur" tatsächlich vorgeht und wirkt, sondern er erweist sich als ein Werkzeug des menschlichen Geistes, als eine Vorschreibung der reinen Vernunft an die Natur

(im Sinne des Kantischen Begriffes vom Naturgesetz), als ein Mittel, Bewegungsabläufe gerade unter *Ausschluss* natürlicher Veränderungs-Ursachen zu determinieren, vorauszubestimmen.

Ganz anders liegt die Sache für die Realisten Galilei und Newton. Sie wollten der Natur keine Vorschreibungen machen, sondern sie wollten in d tat die verborgenen wahren Wirkgesetze der lebendigen, schöpferischen Natur entdecken, indem sie die wahren Ursachen bestimmter Wirkungen ermittelten. Der gesetzmäßige Zusammenhang oder Nexus zwischen Ursache und Wirkung, den sie hierbei erkannten und in der Formel von der *Proportionalität von Ursache und Wirkung* zum Ausdruck brachten, wird richtigerweise als *kausal* bezeichnet, und er hat mit Determinismus ganz und gar nichts zu tun. Das Kausalgesetz erlaubt lediglich, zu einer bestimmten Wirkung die wahre zugehörige (proportionale!) Ursache zu finden und umgekehrt. Es sagt aber nicht voraus, *ob und wann* eine Ursache tatsächlich aktiv und wirksam wird, und es sagt insbesondere nicht, dass eine wirkende Ursache den weiteren Verlauf der Dinge in alle Zukunft voraussehbar determinieren würde. Die Ursache determiniert allenfalls ihre unmittelbare eigene Wirkung insofern, als die Wirkung quantitativ durch die Ursache gesetzmäßig vermittelt wird und daraus hervorgeht. So sind die Galilei-Newtonischen, auf empirischer Grundlage ermittelten Naturgesetze von der Bewegung und den bewegungsursächlichen Naturkräften also *Kausalgesetze* der Bewegung, d.h. von der wirklichen Entstehung wahrer (absoluter), beobachtbarer Bewegungen aus ihren transzendenten Ursachen *in Raum und Zeit*: denn Bewegung geschieht im Raum, und ihre Entstehung braucht Zeit, weil jede Schöpfung Zeit braucht (selbst die Erschaffung der Welt, wie die Bibel lehrt), so dass sich das Verhältnis von Ursache und Wirkung insbesondere dadurch auszeichnet, dass Wirkungen ihren Ursachen stets *zeitlich nachfolgen* - ein Verhältnis, das unumkehrbar ist. AOs müssen kausale Naturgesetze auch eine *Richtung in der Zeit* aufweisen oder einschließen, die stets von der Vergangenheit in die Zukunft verläuft, niemals umgekehrt, wie es bei zeitinvarianten deterministischen Regelungsprinzipien automatischer, insbesondere zirkulärer mechanischer Abläufe sehr wohl denkbar und auch berechenbar sein kann.

Wir wissen heute, dass die deterministischen Bewegungsgesetze der Schulmechanik, insofern und weil sie zeitinvariant konzipiert sind, einen fundamentalen Mangel aufweisen, der zu vielen neueren Erkenntnissen, sei es der Thermodynamik, sei es der Biologie, in Widerspruch steht. Der Physiker Hans-Peter Dürr schreibt 1988: "Die moderne Physik und die neueren

Untersuchungen und Überlegungen von Ilya Prigogine, Humberto Maturana, Francesco Varela, Hermann Haken, Manfred Eigen und vielen anderen über die zeitliche Entwicklung von offenen Systemen haben die Kluft zwischen Physik und Biologie, dem Materiellen und dem Lebendigen gewaltig verringert. Durch die Wiederentdeckung der *Wirklichkeit der Zeit* und die Erkenntnis, dass für ein durch klassische Gesetze beschriebenes System, das aber nicht abgeschlossen und von seinem thermodynamischen Gleichgewicht weit entfernt ist, der theoretische Determinismus faktisch unwirksam wird, wurden Möglichkeiten sichtbar, die vielfach beklagte Spaltung unserer Kultur in eine naturwissenschaftliche und eine humanistische Kultur und deren fortschreitende Entfremdung zu überwinden" <sup>22</sup>.

Die Wirklichkeit der Zeit - was könnte sie anderes meinen als eben jene reale Zeit, die Newton die *absolute* Zeit nannte, die Leibniz leugnete, und die der Subjektivist Ernst Mach als "Begriffsungetüm" aus der Physik verbannen wollte? Was also gilt es zu überwinden, wenn nicht die subjektivistische Philosophie Leibnizscher Herkunft? Und liegt nicht auf der Hand, dass Newtons wahre Prinzipien in die Wissenschaft zurückkehren und zurückkehren müssen, insofern und damit die subjektivistische Verirrung überwunden wird? *Der Newtonische Kosmos ist ein offenes System im zitierten Sinn der modernen Physik*. In ihm herrschen kausale Bewegungsgesetze, die ihn als einen lebendigen Organismus erweisen, der erfüllt ist von Geist, nämlich von immateriellen, aktiv wirkenden Prinzipien, Ursachen oder Kräften. "Of course I agree with you in the most wholehearted way about Newton's *living universe* - he *never* intended to be producing a dead, mechanistic system such as the 18<sup>th</sup> century thought it found in his work", schreibt die US-amerikanische Newton-Expertin Betty J. T. Dobbs<sup>23</sup>. Im Blick auf die von H.-P. Dürr umrissene Reichweite der Überwindung des Determinismus ist die Aktualität der richtig verstandenen Newtonischen Kosmologie unübersehbar. Es wird zu zeigen sein, dass schon ein bescheidener Versuch der Aufdeckung des wahren Newtonianismus, nämlich die Enträtselung der authentischen *kausalen* Bewegungslehre und ihrer *natürlichen* Gesetzmäßigkeiten dramatische Folgen für das Verständnis der Physik zeitigt, auch und gerade der modernen Physik, die sich dem Nichteingeweihten vorerst so spröde und unzugänglich zeigt, wie wohl selten zuvor eine Geheimlehre.

### 3. Relativität, Materialismus und Bewegungslehre.

Die Leibnizsche Bewegungslehre, wie sie in dem vorliegenden Schriftwechsel diskutiert wird, basiert auf dem Prinzip der Relativität aller Bewegung. Was ist das? Es geht dabei zunächst um das Problem, wie man erkennen kann, ob ein Körper ruht oder sich bewegt. Üblicherweise entscheidet man dies durch die sinnliche Wahrnehmung, indem man die Lage des Körpers relativ zu einem anderen Körper betrachtet, von dem man annimmt, dass er in Ruhe sei. Verändert nun der beobachtete Körper seine Lage relativ zu diesem anderen "Bezugskörper", so sagt man, dass er sich bewegt. So betrachtet, bewegt sich allerdings die Sonne um die Erde, und an diesem Beispiel zeigt sich das Hauptproblem: es betrifft den Ruhezustand des Bezugskörpers, im Beispielfall also der Erde. Woher denn wissen wir, ob der Bezugskörper wirklich ruht, oder ob er sich nicht seinerseits bewegt? Dann könnte es, wie das Beispiel zeigt, womöglich sein, dass jener Körper "Sonne", der uns relativ zum Bezugskörper "Erde" in Bewegung erscheint, in Wirklichkeit ruht, während es der Bezugskörper Erde ist, der sich wirklich bewegt. Wir können also, wenn wir Bewegung als die Veränderung der gegenseitigen Lage materieller Körper auffassen, niemals entscheiden, welcher von zwei oder mehreren Körpern, die ihre gegenseitige Lage verändern, sich "wirklich" bewegt, während der andere ruht, und vice versa: sinnlich wahrnehmbar ist eben allein die Lageveränderung der Körper als solche oder ihre *Relativbewegung*. Leibniz nun verschärft diese Feststellung dahin, dass es dort, wo nur ein einziger Körper vorhanden ist, wo also ein Bezugskörper fehlt, nicht nur keine erkennbare, sondern überhaupt keine Bewegung des Körpers gibt. "Es gibt keinerlei Bewegung, wenn es keinerlei beobachtbare Veränderung gibt", schreibt er in seinem fünften Brief (zu 13). Tatsächlich zieht Leibniz hier den bekannten positivistischen Fehlschluss von der Nicht-Erkennbarkeit auf die Nicht-Existenz der Bewegung. Der Begriff "positivistisch" steht für jene Ideologie, die nur dem sinnlich Wahrnehmbaren Existenz bzw. die Möglichkeit zubilligt, Gegenstand der exakten Wissenschaft zu sein.

Insofern nun die Bewegungslehre von materiellen Körpern handelt, und insofern sie nur relative Lageveränderungen von solchen Körpern zum Gegenstand haben will, erweist sich die positivistische Lehre von der relativen Bewegung zugleich als eine *materialistische* Lehre, wenn Materialismus diejenige Weltanschauung bezeichnet, nach der es keine andere Wirklichkeit gibt als die Materie, oder, wie Lenin sagt, dass alles, was wirklich ist, als Materie anzusehen ist. Also treten Relativismus, Materialismus und Positivismus als drei Kennzeichnungen ein und desselben Wissenschaftsbegriffs auf, der sich durch die

Beschränkung der Wissenschaft auf Gegenstände der sinnlichen Wahrnehmung definiert und alles, was nicht unmittelbar sinnlich wahrzunehmen ist, also insbesondere alle immateriellen und transzendenten Realitäten, alles Spirituelle oder Geistige (wie die Newtonischen aktiven Prinzipien oder *Naturkräfte*) als unwissenschaftlich verwirft.

Es muss betont werden, dass dieser Positivismus als Philosophie der Wissenschaft allersings mit dem Galilei-Newtonischen Realismus den Ansatzpunkt bei der sinnlichen Wahrnehmung gemeinsam hat, aber eben nur diesen Ansatzpunkt. Denn der Realist weiß, dass die sinnliche Erfahrung oft genug trägt, so dass der Naturforscher zwar von der sinnlichen Erfahrung *ausgehen*, aber oft genug "von den Sinnen abstrahieren" muss, wie Newton es formuliert 24: es gilt eben, die hinter der trügerischen Oberfläche der Erscheinungen verborgene, die sinnliche Erfahrung überschreitende und insofern *transzendente Realität* aufzuspüren, die natürlich auch eine Realität immaterieller oder spiritueller Wesenheiten sein kann (was etwa Lenin, der durchaus ein Realist war, und der auch die Realität des Raumes und der Zeit erkannte, verdrängte, indem er den Materiebegriff willkürlich auf alle, also auch auf die transzendenten und eigentlich immateriellen Realitäten ausdehnte<sup>25</sup>. Vielleicht liegt an dieser Stelle der philosophische Hauptmangel des dialektischen Materialismus, so dass auch dessen Überwindung hier anzusetzen hätte).

Der Positivist lehnt diese Abstraktionsmethode, die man als platonische oder sokratische Dialektik bezeichnen kann, und die z. B. zu der Erkenntnis führt, dass nicht, wie es scheint, die Sonne um die Erde, sondern die Erde um die Sonne kreist, gerade ab und beschränkt sich auf die unmittelbare Botschaft seiner Sinne, und leugnet jede transzendente, die unmittelbare Sinneserfahrung überschreitende Realität. In diesem Geist verweigerten die scholastischen Kollegen des Galilei sogar den Blick durch das Fernrohr auf die transzendente Realität der Jupitermonde; auch sie waren Positivisten von der extremsten Art, die nur ihren Sinnen trauten und nicht glaubten, dass ein künstliches Gerät ihnen irgendeine den Sinnen verborgene Realität enthüllen könnte. In eben diesem Sinn argumentiert Leibniz gegenüber Clarke, und es gehört mit zum Erhellendsten, was dieser Schriftwechsel zu bieten hat, dass er Leibniz als Positivisten, als Verfechter einer materialistischen Philosophie der exakten Naturwissenschaft vor Augen führt, die, natürlich, genau die mechanistische Weltanschauung einschließt und vorwegnimmt, welche jener Wissenschaft der letzten 200 Jahre zugrunde liegt, deren verhängnisvolle Folgen heute immer deutlicher werden.

Sicher werden nun Leibnizianer die Etikettierung des Meisters als Materialist (und also Atheist) entschieden zurückweisen, hat er doch zur Rechtfertigung Gottes die *Theodizee* geschrieben, und streitet er doch gerade mit Clarke aufs heftigste darum, wer von ihnen Gott die gebührende Ehre erweise. Indessen hat schon Voltaire (mit Bezug auf Descartes und den inhärenten Materialismus/Atheismus der Cartesischen Philosophie) von der Unendlichkeit d alle Räume erfüllenden Materie) bemerkt, dass die Philosophen häufig inkonsequent denken, weil eben nur, so wiederum Voltaire, die Anerkennung der Endlichkeit der Materie und des unendlichen leeren Raumes (als Newtons Lehre) Gott in der Natur zulässt bzw. "einen schlagenden Beweis für das Dasein Gottes erbringt" <sup>26</sup>. Es geht also nicht um die persönliche Glaubenshaltung von Leibniz, sondern um die logisch folgerichtigen Konsequenzen seine Philosophie, und diese Philosophie mündet eben, wie Clarke zeigt, in Materialismus und Atheismus, ob der Philosoph das will oder nicht. Dass Leibniz daneben eine metaphysische Gotteslehre voller Gedankentiefe begründete, spricht nicht gegen den Befund, sondern bestätigt ihn. Indem nämlich Leibniz alle immateriellen Prinzipien ausschließlich dem metaphysischen Bereich zuordnet, der mit den von mechanischen Gesetzen beherrschten Welt *nicht wechselwirken sollte* (hier liegt der springende Punkt), reduziert er unvermeidlich den Gegenstand der exakten Wissenschaft Physik auf blinde Mechanik, auf die Materie und ihre Bewegung, ganz wie Descartes. Und die Leibnizsche materialistische Bewegungslehre, die zugleich eine relativistische Bewegungslehre ist und die Leugnung der Realität des Raumes und der Zeit, nicht Newtons realistische Lehre von der absoluten oder wirklichen Bewegung und ihren wahren natürlichen Ursachen, wurde zum Paradigma der exakten Wissenschaft des 18. und 19. Jahrhunderts.

Der Gegensatz zwischen der Leibnizschen relativistischen und der Newtonischen absoluten Bewegungstheorie bildet das zweite Hauptthema des Schriftwechsels. In dieser Diskussion wird sichtbar, welche überragende Bedeutung die Wirklichkeit oder die objektive oder absolute Realität von Raum, Zeit und Bewegung in der Lehre Newtons hat. Dieser Raum und diese Zeit nämlich liefern Newton das (immaterielle!) *Bezugssystem* der wirklichen Bewegung "an sich", die er als *Ortsveränderung im Raum* begreift, als Bewegung von einem Ort des absoluten Raumes zu einem anderen Ort dieses Raumes; und da diese Orte und also die Ortsveränderungen für sich sinnlich nicht wahrzunehmen sind, so bedient sich Newton eines besonderen Schlüssels zur Erkenntnis der transzendenten Wirklichkeit der Bewegung: diesen Schlüssel liefern ihm die *bewegenden Kräfte der Natur* als die wirklichen, immateriellen und transzendenten Ursachen der wahren Bewegung. "Wie man aber die

wahren Bewegungen aus ihren Ursachen, ihren Wirkungen und ihren scheinbaren Unterschieden, und umgekehrt, wie man aus den wahren oder scheinbaren Bewegungen deren Ursachen und Wirkungen ermitteln kann, wird im Folgenden ausführlicher gezeigt werden", schreibt Newton in den *Principia* am Ende des Scholiums nach Definition VIII; "denn zu diesem Zweck habe ich die folgende Abhandlung verfasst" <sup>27</sup>. Wiederum erweist sich die Newtonische Naturlehre als *Ursachenforschung* und als *Wahrheitsuche* in der Tradition Keplers und Galileis, nämlich als Suche nach der wahren Wirklichkeit oder nach dem Wesen der Dinge und der Erscheinungen. Der hier zugrundeliegende Wahrheitsbegriff ist kein logischer, der die Gültigkeit rationaler Schlüsse aus beliebigen Hypothesen meint, sondern ein ontologischer: die Wahrheit, die Newton meint, ist die hinter den Phänomenen liegende unveränderliche eigentliche Realität der Dinge und der Phänomene, die von den Sinnen nur als Schattenbilder trügerisch wahrgenommen werden, ganz wie im Höhlengleichnis Platons. Es geht um das So-und-nicht-anders-Sein z. B. der Erdbewegung um die Sonne, es geht um die transzendente wahre Wirklichkeit. So gesehen, war übrigens auch Platon gewiss ein Realist, genauer ein kritischer Realist, der die Transzendenz der Realität erkannt hatte.

Um zu Newton und seiner Bewegungslehre zurückzukommen, so war es niemals richtig, Newton zum Ahnherrn des wissenschaftlichen Rationalismus zu machen oder zum Urheber jener positivistischen Mechanik, die die Bewegungslehre unter Beschränkung auf die (relativen) *Erscheinungen* der Bewegung *ohne* Suche nach den wahren Bewegungsursachen ausschließlich "kinematisch" - wie das Fachwort heißt - oder "phoronomisch" - ein Begriff von Kant - auffasste. Kant, der diese Lehre vertrat, hat damit viel zu der "positivistic interpretation" <sup>28</sup> beigetragen, welche die Lehre Newtons auch nach Auffassung heutiger namhafter Wissenschaftshistoriker im Verlauf des 19. Jahrhunderts erfuhr. Freilich blieb bisher unerforscht und unentdeckt, *worin konkret und substantiell* diese Umformulierung bestand - nämlich im Austausch der Newtonischen Gesetze von der absoluten Bewegung gegen ein relativistisches mathematisches Konstrukt. Allerdings ist unvermeidbar, dass sich das Verständnis der Newtonischen Bewegungslehre dem enorm erschwert, der, anstatt die substantiellen Unterschiede zwischen dieser und der Schulmechanik wahrzunehmen, darauf beharrt, beides unter einen Hut zu bringen. So haben viele und namhafte Gelehrte zu zeigen versucht, dass schon Galilei, und dass auch Newton, entgegen seiner erklärten Absicht, tatsächlich ein Relativitätsprinzip der Bewegung verwendet habe <sup>29</sup>. Manche nennen es "Newtons Galileisches Prinzip der Relativität" <sup>30</sup> und versuchen damit eine Kontinuität der relativistischen Schulmechanik von Galilei her zu begründen. Einen Anhaltspunkt glaubt man

hierfür in Newtons *Corollar V* zu den Bewegungsgesetzen<sup>31</sup> zu finden, welches schon Ernst Mach zur Stützung des Relativitätsprinzips heranzog. Jedoch erläutert Newton dort nichts anderes als jene (wie er sagt) experimentell bestätigte Erscheinung, dass sich die Bewegungen z. B. auf einem Schiff in gleicher Weise (relativ zum Schiff und zueinander) verhalten, ob dieses nun stillsteht, oder ob es sich gleichförmig geradeaus bewegt. Newton erklärt das, wie vor ihm schon Galilei, mit dem Satz von der Erhaltung der Bewegungen aller gemeinsam bewegten Körper gegeneinander. Die geradlinig-gleichförmige Bewegung, die mehreren Körpern gemeinsam zukommt, hat auf deren Relativbewegungen keinen Einfluss. Das bedeutet aber nicht, dass sie nicht physikalisch wirksam, oder gar, dass sie nicht existent wäre, wie der Positivist schließt. Vielmehr ist gerade ihre Realität, ihr *Impetus* die Ursache für die Erhaltung der Relativbewegungen, was man natürlich nur verstehen kann, wenn man den Begriff des Impetus, als einer Ursache der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, versteht und so verwendet, wie Newton das in den *Principia* tut (Definitionen III und IV). Das *Corollar V* enthält eine *kausale Erklärung* der wirklichen Bewegungssituation gemeinsam bewegter Körper durch die Erhaltung der gemeinsamen Bewegungsursache, also das ganze Gegenteil eines Relativitätsprinzips der Bewegung.

Erinnern wir uns, dass die Möglichkeit, wirkliche Bewegung von der nur scheinbaren oder relativen Bewegung zu unterscheiden, erste Voraussetzung dafür ist, dass in den Erscheinungen der bewegten Natur überhaupt objektive Wahrheit erkannt werden kann. Erinnern wir uns, dass diese Möglichkeit, die Copernicus wohl geahnt hatte, als er entgegen dem Anschein die Erde um die Sonne kreisen sah, den Grund für das Wahrheitspathos Keplers und Galileis gelegt hatte. "Tanta est vis veritatis", hatte Kepler 1597 an Galilei geschrieben, indem er ihn aufforderte, öffentlich für das Copernicanische System einzutreten: "So groß ist die Macht der Wahrheit, dass sich nur wenige der berühmten Mathematiker Europas gegen uns wenden werden"<sup>32</sup>. Doch Galilei schwieg vorerst noch, in einer Zeit, in der drei Jahre später der Wahrheitsucher und Verkünder der neuen Wissenschaft Giordano Bruno in Rom als Ketzer verbrannt werden sollte. Erst dreißig Jahre später schrieb Galilei seinen *Dialog über die zwei hauptsächlichsten Weltsysteme, das Copernicanische und das Ptolemäische*, der ihm, was nicht verwundert, zu einer Gegenüberstellung des aristotelischen realitätsfernen (und also wahrheitsfernen) Rationalismus und der neuen kritisch-realistischen experimentellen Philosophie geriet. Meisterhaft die platonisch-sokratische Dialektik benutzend, demonstrierte Galilei, wie der Scholastiker den Trugbildern der unmittelbaren Sinneswahrnehmung verhaftet bleibt, während der kritische Realist die transzendente

Wahrheit sei es über die Bewegung von Erde und Sonne, sei es über das Aussehen der Mondoberfläche, sei es über den Jupiter, seine Monde und ihre Bewegungen durch gedankliche Analyse aus den Erscheinungen deduktiv gewinnt; Galilei nennt diesen Schritt *methodo risolutivo*, und was er damit gewinnt, ist *Wahrheit*. Dass er den Wahrheitsanspruch seiner Wissenschaft unter dem Druck der päpstlichen Inquisition widerrief, wiegt nichts gegen all das, was Galilei im *Dialogo* und in den *Discorsi* von 1638 der Nachwelt als zeitloses Ergebnis seiner Wahrheitsuche vermacht hat.

*Magis amica veritas*; mit diesem Wahlspruch stellte sich ein Vierteljahrhundert nach Galilei Isaac Newton in den Dienst der Wahrheit, indem er 1687 seine *Principia*, die Bibel d exakten Naturforschung, erklärtermaßen zu dem Zweck schrieb, zu zeigen, wie man wahre oder absolute Bewegungen von den nur relativen, wie man die Wahrheit vom bloßen Schein unterscheiden könne. Gewiss gab es auch danach weiterhin Gegner dieser Lehre von der Erkennbarkeit objektiver Wahrheit in der Natur, und berühmte dazu: Nennen wir den Descartes-Schüler Christiaan Huygens (1629-1695), und nennen wir wiederum den Cartesianer Leibniz. Gewiss wirkte der Relativismus über Newton hinaus und kam, nachdem schon 1710 George Berkeley mit seinem Prinzip *esse est percipi* (wonach nur das sinnlich Wahrnehmbare wahre Existenz haben sollte) den aristotelischen Subjektivismus unter Berufung auf Leibniz wiederbelebt hatte, im Positivismus und Materialismus der französischen Aufklärung - in der rationalen analytischen Mechanik von d'Alembert und Lagrange - zum neuen Durchbruch. Gewiss war diese mechanische Naturlehre eine *rationale*, d.h. eine *ausschließlich* auf die Ratio, auf die reine Vernunft gegründete *nicht-empirische* Lehre von der *relativen* Bewegung. Ebenso gewiss war sie nicht das Vermächtnis der Wahrheitsucher Galilei und Newton. Unterstellt man ihnen, ein Relativitätsprinzip der Bewegung vertreten zu haben, so verfälscht man nicht nur ihr erklärten Absichten, sondern auch die Geschichte der exakten Naturwissenschaft, und so bleibt man blind gegenüber den wahren Ursachen jener folgenschweren historischen Entscheidung der Wissenschaft für den Cartesianisch-Leibnizschen Rationalismus und gegen die realistische Galilei-Newtonische Naturforschung, welches tatsächlich eine Entscheidung gegen die Natur, gegen die erschaffene wirkliche Welt, und gegen die in dieser Welt wirkenden wahren Gesetze der Natur sein sollte. Die Folgen dieser Selbstüberhebung des Menschen, der der Natur die Gesetze seiner Vernunft aufzwingen wollte, um sie zu beherrschen, anstatt ihre eigenen Gesetze im Geist der schon von Francis Bacon beschworenen *humiliatio*, d.h. der Bescheidenheit und Demut des Intellekts gegenüber der Natur zu erforschen, um sie zu befolgen, werden heute allgemein

beklagt. Man wird sie aber nicht überwinden, wenn man nicht ihre Ursache erkennt und überwindet, wenn man also nicht zu einer realistischen Naturforschung im Geist von Platon, von Copernicus und Bruno, von Kepler, Galilei und Newton zurückfindet.

#### 4. Die Wirklichkeit des Raumes und der Zeit.

Wenn Newton Recht damit hat, dass es Bewegung *an sich* "wirklich" gibt, so konstituiert er zugleich den Raum und die Zeit als objektive Wirklichkeiten "an sich". Denn diese objektive Bewegung findet in Raum und Zeit statt. Bewegt sich ein Körper wirklich in der Zeit durch den Raum von einem Ort im Raum zu einem anderen solchen Ort, so muss es diese Orte im Raum und damit den Raum "an sich" als Summe aller dieser Orte wirklich geben, wenngleich die Orte selbst nicht sinnlich wahrnehmbar sind.

Wiederum schließt hier der Positivist von der Nichtwahrnehmbarkeit der Orte im Raum auf ihre Nichtexistenz und weiter auf die Nichtexistenz des Raumes selbst. Er gleicht einem Seemann, der aus der Unmöglichkeit, auf hoher See feste Orte im Meer zu erkennen, darauf schließen wollte, dass sein Schiff sich nicht bewegt, und gar, dass das Meer nicht wirklich existiert. Leibniz kommt in der Diskussion mit Clarke zu eben diesem Ergebnis. Da er die Welt aus dem reinen Denken erzeugen will, so muss er auch den Raum und die Zeit aus einem bloßen Begriff hervorgehen lassen. Unter Voraussetzung einer relativistischen Bewegungslehre, die sich an den *relativen Lagen* orientiert, welche Körper gegeneinander einnehmen, gehen Raum und Zeit aus dem Begriff der Relativität hervor: der Raum als die Ordnung der materiellen Dinge "nebeneinander", die Zeit als Kategorie der Ordnung der Dinge "nacheinander" (was freilich ein Zirkelschluss ist, da die Begriffe "nebeneinander" und "nacheinander" wiederum Raum und Zeit *voraussetzen*). Also leugnet Leibniz die objektive Realität des Raumes und der Zeit, und die idealistische Philosophie ist ihm darin bis in die neueste Zeit gefolgt. Andererseits aber erkennt Leibniz doch *eine* Realität an, nämlich die der Materie (der materiellen Körper, die die relativen Lagen zueinander einnehmen), und so trifft sich seine Bewegungslehre mit der positivistischen Beschränkung der Wissenschaft auf das sinnlich Gegebene darin, die Realität *jeglicher* nicht-materiellen, transzendenten Wirklichkeit als Gegenstand der Wissenschaft zu leugnen; das aber ist die Ideologie des Materialismus.

Clarke hingegen argumentiert (wie Newton) für die Anerkennung der objektiven Wirklichkeit transzendenter Gegenstände ganz allgemein, und es ist überaus aufschlussreich für den Newtonischen Realismus wie für die Philosophie der Naturforschung überhaupt, dass gerade die so vernünftige Entscheidung, bei dieser Tätigkeit von den sinnlich wahrnehmbaren Gegenständen *auszugehen*, sogleich die Anerkennung von Realitäten transzendenter Art nach sich zieht, welche die scheinbar ebenso vernünftige positivistische Maxime, sich auf das sinnlich Gegebene *zu beschränken*, gerade aus der Wissenschaft ausschließt. Es tritt das bemerkenswerte Ergebnis ein, dass eine realistische, empirisch begründete Naturforschung ohne transzendente Realitäten (der Raum, die Zeit, die Bewegung, die Atome, das Vakuum, das elektrische Feld) gar nicht auskommt, während die rationale oder subjektivistische, nur scheinbar an der Realität orientierte, tatsächlich aber ideologische materialistische Beschränkung auf die unmittelbaren Gegenstände der sinnlichen Erfahrung die Entfernung der Wissenschaft von der objektiven Realität zur Folge hat. Die dank der subjektivistischen Weltanschauung bis heute so verbreitete Geringschätzung der Suche nach objektiver Wahrheit<sup>33</sup>, die so sympathisch-bescheiden, so nüchtern und vernünftig daherkommt und so pragmatisch, d. h. am Machbaren orientiert, so weltmännisch-charmant wie skeptisch-gelehrt Wahrheitsuche für vermessen und alles für relativ erklärt (was freilich auch für diese Erkenntnis selbst gelten müsste?), ist offenbar gerade *keine* Garantie für eine vorurteilslose vernünftige Naturforschung. In Wahrheit ist sie auch keineswegs bescheiden; denn wer die Erkennbarkeit einer objektiven Wirklichkeit leugnet, macht im Ergebnis ebenso wie Protagoras den Menschen zum Maß aller Dinge und wie Leibniz den eigenen Geist zur obersten Instanz; und allzu leicht gerät diesem Pragmatiker die Wissenschaft - nach einem Wort von Hans-Peter Dürr - zur Machenschaft.

Newton hat die Realität von Raum, Zeit und Bewegung im *Scholium* nach Definition VIII der *Principia* zum Fundament seiner Naturlehre gemacht. In der Schulmechanik dagegen spielen solche absoluten Entitäten gar keine Rolle, eben weil die Bewegungslehre hier eine relative ist, zu deren Formulierung keine absoluten Terme erforderlich sind. Anders gesagt: der absolute Raum und die absolute Zeit Newtons kommen in der Schulmechanik gar nicht vor. Hieraus haben manche Forscher, da sie die Schulmechanik mit Newtons Lehre gleichsetzen - allen voran der Newton-Kritiker Ernst Mach - den Schluss gezogen, als sei das erwähnte Newtonische *Scholium* über Raum, Zeit und Bewegung eine Art Glaubensbekenntnis Newtons und eine Zutat, die man aus der Bewegungslehre getrost weglassen könnte. Dass darin ein fataler Irrtum stecken muss, sollte jeder sehen können, der die Bedeutung der

Newtonischen Lehre von Raum, zeit und Bewegung im Rahmen der Clarkeschen Argumentation gegen Leibniz zur Kenntnis nimmt. Es geht hier um den *Kernbestand* des Newtonischen Realismus in Auseinandersetzung mit Leibnizscher Subjektivität und Relativität. Der Irrtum rührt eben daher, dass man die Schulmechanik für Newtons Erbe hält, während sie doch Leibniz' ureigenes Kind ist. Und *Leibnizsches* Denken ist es auch, dass Gottgläubigkeit und exakte Naturforschung voneinander zu trennen seien, dass der Naturforscher persönlich ein gläubiger Mann, als Forscher aber ein Atheist sein könne. Für Newton nämlich gilt, was er im *Scholium generale* am Ende der *Principia* sagt, wo er von Gott spricht. Iden Newton sich auf jene Stelle aus der Apostelgeschichte des Paulus bezieht, die Martin Luther so unvergleichlich übersetzt hat, wo es um die wirkliche Gegenwart Gottes in der Welt geht: "denn in ihm leben, weben und sind wir", schreibt Newton von der Gegenwart Gottes: "Er ist allgegenwärtig nicht allein kraft seiner Wirkfähigkeit, sondern auch durch seine Substanz, denn Wirkfähigkeit kann ohne Substanz nicht bestehen. In ihm nur wird die ganze Welt zusammengehalten und in ihm wird sie bewegt." Und Newton schließt: "Soviel über Gott; über ihn auf der Grundlage von Naturerscheinungen Aussagen zu machen, gehört unbedingt zur Naturphilosophie." <sup>34</sup>

Die Galilei-Newtonische realistische Naturphilosophie liest in dem in mathematischen Lettern geschriebenen Buch der Natur als Gottes zweiter Offenbarung. Sie sucht, indem sie die Wahrheit sucht, Gott, der die Wahrheit ist, und sie erkennt ihn als den Schöpfer aller Dinge einschließlich des Raumes und der Zeit. Wir werden sehen, dass eine Lehre von der absoluten Bewegung in Raum und Zeit, wie Newton sie erklärtermaßen begründet hat, auch in ihrer korrekten mathematischen Formulierung den absoluten Raum und die absolute Zeit tatsächlich und notwendig *als Naturkonstanten enthält*.

## 5. Kraft und Materie.

Was ist Materie, was ist Kraft?

Bleiben wir zunächst bei der Materie, von der Newton, Clarke und Leibniz gleichermaßen reden, obwohl sie nicht dasselbe meinen. Newton nämlich erkennt aus der Analyse der Bewegung im leeren Raum die den Sinnen verborgene *atomistische Struktur* aller materiellen Körper, d.h. die Richtigkeit der auf den antiken Philosophen Demokrit zurückgehenden

Vorstellung, wonach das Materielle aus kleinsten gleichartigen elementaren Bausteinen zusammengesetzt ist. Der Franzose Pierre Gassend (1592-1655) hatte diese Lehre wiederbelebt, und schon Galilei hatte sich ihr zugewandt, im Gegensatz zu Descartes. Diesem folgt Leibniz, indem er die Materie als *Kontinuum* begreift, d.h. als das in mehr oder weniger großer Dichte überall Vorhandene und (grenzenlos) Ausgedehnte. Diese Vorstellung nötigt zur *Plenumshypothese* der Welt, d.h. zu der Annahme, dass es nur das Volle (plenum) oder nur materieerfüllte Räume, dass es also nichts Leeres (vacuum) oder eben keinen leeren Raum geben könne. Die Leibnizsche Philosophie identifiziert sich mit der Cartesischen Lehre von den Materiewirbeln, welche alle himmlischen Räume erfüllen und die Bewegungen der Himmelskörper (durch Mitführung in diesen Wirbeln) erklären sollen; hier wie dort handelt es sich wieder um Erscheinungsformen der materialistischen Ideologie.

Nun hatte freilich, was Leibniz sehr wohl wusste, schon 1643 Galileis Schüler Evangelista Torricelli (1608-1647) Räume experimentell dargestellt, die luftentleert waren und somit ein wirkliches Vakuum enthalten sollten. Das gleiche hatte 1650 Otto von Guericke (1602-1686) in Magdeburg vorgeführt. Aber Experiment und Erfahrung bieten der Ratio des spekulativen Philosophen Leibniz keinen Widerstand. Ganz in der scholastischen Tradition, dass jede Hypothese zulässig ist, die den Erscheinungen nicht direkt widerspricht, behilft sich Leibniz, indem er eine äußerst feine Materie ersinnt, welche durch unsichtbare Poren der die luftentleerten Räume umschließenden Körper (Glaskolben, oder Guericke's bronzene Halbkugeln) auch in diese Räume eindringen und sie erfüllen soll. Höchst merkwürdig ist dabei, dass Leibniz sich auf einmal gar nicht mehr scheut, die Existenz von Dingen zu behaupten, die sich der sinnlichen Wahrnehmung ebenso entziehen wie die Atome, deren Realität er gerade wegen ihrer Unsinnlichkeit bestreitet. Offenbar verteidigt Leibniz in scholastischer Manier eine Hypothese, nämlich die von der Welt als Plenum, mit allen verfügbaren intellektuellen Mitteln ohne Rücksicht darauf, ob dabei andere Maximen seines Philosophierens verletzt werden. Gerade diese Art von hypothetisch-deduktiver spekulativer Begriffsphilosophie ist es, welcher Newton seinen bekannten Satz *hypotheses non fingo* entgegenstellt: Hypothesen denkt er sich nicht aus<sup>35</sup>. Und wenn dieser Satz sich auch unmittelbar nur auf die Frage nach der Ursache der Gravitation bezieht, so steht er dennoch für die ganze Newtonische empirische Methode; man vergleiche dazu nur Newtons *Leitsatz IV des Philosophierens*<sup>36</sup>.

Merken wir hier an, dass Leibniz' Leugnung der Atome und des leeren Raumes, den diese bedingen, mit der Haltung zusammentrifft, die noch zweihundert Jahre später der radikale positivistische Subjektivist, Relativist und Sensualist Ernst Mach (1838-1916) zum Atomismus einnehmen sollte. Mach weigerte sich bis zu seinem Tod, die inzwischen überwältigende Fülle experimenteller Beweise für die Realität der Atome zur Kenntnis zu nehmen, weil sich die Wissenschaft auf das unmittelbar sinnlich Wahrnehmbare beschränken solle, wie er meinte. Die Folge dieser Haltung ist unvermeidlich der oberflächliche oder naive Materialismus, der insbesondere die Transzendenz der Realität und die Realität des Transzendenten (des Raumes, der Zeit, der Atome, der Bewegung) leugnet. Das hat der Mach-Kritiker Lenin übersehen, dessen Werk *Materialismus und Empiriokritizismus* von 1909 im übrigen eine brillante, vernichtende Kritik des Subjektivismus (den Lenin "Machismus" nannte) enthält.

Ernst Mach war natürlich auch in der Frage der Relativität der Bewegung (unwissentlich) ein Gefolgsmann von Leibniz, genauer: er war der entschiedenste Verfechter des Relativitätsprinzips der Bewegung, den es je gegeben hat; und diese Haltung war als Folge seiner positivistisch-sensualistischen Ideologie konsequent. Wenn Mach zu Albert Einstein (1879-1955), dem Begründer der modernen Relativitätstheorien der Bewegung, dennoch immer Distanz hielt /zu Einsteins großem Leidwesen), so hatte das sachliche Gründe. Sie betreffen das *absolute* Element, da die Einsteinschen Theorien enthalten und das sie vom klaren Relativismus unterscheidet. Wir werden darauf zurückkommen.

Newton also hatte die Lehre von der atomistischen Struktur der Körper für richtig erkannt und seiner Bewegungslehre mit zugrundegelegt. Was setzt Leibniz dieser empirisch begründeten Erkenntnis entgegen? Er setzt ein Philosophem dagegen, nämlich eine Denkfrucht, die den scholastischen spekulativen Charakter des Leibnizschen Philosophierens offenbart: Es gibt danach keine Atome, weil kein hinreichender Grund zu sehen ist, weshalb Gott von einem Ding zwei oder mehrere Exemplare hätte schaffen sollen, die sich in nichts voneinander unterscheiden. Genau bedacht (mit Leibniz) kann es überhaupt keine zwei Dinge geben, die sich in nichts voneinander unterscheiden, sondern solche zwei Dinge sind dann *ein* Ding. Diese Überlegung bildet einen weiteren Hauptstreitpunkt des Schriftwechsels: es geht um die *indiscernibilitas indiscernibilium*, um die Ununterscheidbarkeit absolut gleicher Dinge, wie es sie Leibniz zufolge in der Wirklichkeit nicht geben soll; und Leibniz schmückt das Argument auf seine Art "empirisch" aus, mit dem schönen Bild von jenem Edelmann, der sich im Park

von Herrenhausen auf die vergebliche Suche nach zwei Blättern Herbstlaubes macht, die einander vollkommen gleichen sollen. Gibt es also keine zwei Dinge, die einander vollkommen gleich sind? Halten wir fest, dass dieser spitzfindige scholastische Disput die Realität der Atome bzw. der Elementarteilchen betrifft, die in der modernen Physik so selbstverständlich ist. Wir sehen dann sowohl die Aktualität des Themas, als auch die Mangelhaftigkeit der Leibnizschen Argumentation.

Newtons atomistische Theorie der materiellen Körper liefert uns, was die Leibnizsche Kontinuumstheorie nicht leistet, auch Einsicht in den wahren Gehalt des physikalischen Begriffs *Masse*. Wir gewinnen damit etwas, was den heutigen Physikern, wie sie einräumen, völlig fehlt <sup>37</sup>. Newton nennt jenes Produkt aus Dichte und Volumen eines Körpers, für das die Schulmechanik den Begriff "Masse" verwendet, die *quantitas materiae* dieses Körpers, also die in ihm enthaltene *Materiemenge*. Newton wusste, was wir heute vielfach experimentell bestätigt finden, dass nämlich materielle Körper aus Mengen materieller Elementarteilchen bestehen, die die eigentliche *Materie* der Körper ausmachen und z.B. ihr Gewicht bestimmen, *und aus Vakuum*, aus leerem Raum. Die Dichte makroskopischer Körper ist folglich durch die Anzahl der in einem bestimmten Einheitsvolumen enthaltenen materiellen Elementarteilchen gegeben, und das Produkt aus dieser Dichte und dem Gesamtvolumen des Körpers ergibt die Gesamtzahl oder eben die *Menge* der (gleichartigen) in diesem Körper enthaltenen materiellen Teilchen; diese Menge ist Newtons Begriff "Masse".

Leibniz als Antiatomist kann einen solchen Massebegriff nicht nachvollziehen, und das gilt für die Kontinuumsmechanik insgesamt: diese macht aus der Masse eine *Eigenschaft* materieller Körper. Ein Körper, so sagt man hier, "hat Masse", und diese Körpereigenschaft ist etwas äußerst Merkwürdiges: Sie soll dafür verantwortlich sein, dass "ein Körper gleichförmig-geradlinige Bewegungen anstrebt, sich gegen jede Geschwindigkeitsänderung wehrt, gerade von krummen Bahnen, gleiche von ungleichen Strecken und Zeiten unterscheiden kann; sie ist das *Fühlorgan* des Körpers für das metrische Feld in Raum und Zeit" <sup>38</sup>, in welchem Feld sich der Körper kraft der "Trägheit" der Masse (als kraft der Eigenschaft einer Eigenschaft!) geradlinig-gleichförmig zu bewegen sucht, und insofern nennt man sie denn die "träge Masse". Sie ist aber auch "Ausgangs- und Angriffspunkt der gegenseitigen Massenanziehung nach dem Gravitationsgesetz, (des Körpers) *Fühlorgan* für das Gravitationsfeld" <sup>39</sup>, und insoweit nennt man sie die "schwere Masse", wobei man, um

ganz genau zu sein, die "aktive" schwere Masse und die "passive" schwere Masse unterscheidet: Die erstere soll die Massenanziehung erzeugen, die letztere soll das Angezogen-Werden bewirken; und der Umstand, dass die solcherart säuberlich voneinander unterschiedenen *dreierlei* Massen ein und desselben Körpers *quantitativ völlig gleichwertig sind*, weil man sie allemal nur durch das *Gewicht* des Körpers bestimmen kann, ist eine weitere Merkwürdigkeit.

Mit Isaac Newtons Lehre hat das alles nichts zu tun. Was die Schulmechanik den makroskopischen Körpern als okkulte, irgendwie kontinuierlich über sie verteilte Eigenschaften zuschreibt, sind Begriffsbildungen, die man bei Newton vergeblich sucht, und die die Lücke, welche die Verdrängung der Newtonischen *realen Kräfte der Natur* in die Bewegungslehre geschlagen hat, nur unvollkommen ausfüllen. Wer Erscheinungen wie insbesondere die geradlinig-gleichförmige Bewegung, deren Ursache Newton in einer realen, immateriellen (inneren), den Körpern *eingepflanzten Kraft* namens "Impetus" sieht<sup>40</sup>, einfach der Materie *als Eigenschaft* zuschreibt, schließt eben diesen Impetus aus der Wissenschaft aus. Die Erklärungskraft, dass Körper sich geradlinig-gleichförmig bewegen, weil sie "träge" sind oder "träge Masse haben", ist dann ganz ebenso gleich Null, wie wenn das Fallen der Körper damit erklärt sind, dass sie eben "schwer" seien oder "schwere Masse haben". Man sieht, dass eine Vernünftige kausale Bewegungslehre, d.h. eine Lehre von der Bewegung *und ihren Ursachen*, ohne diese Kräfte gar nicht auskommt. Wer sie also aus der Bewegungslehre ausschließt, verliert die Möglichkeit der kausalen Naturerklärung insgesamt und unterwirft die Mechanik zudem der Ideologie der Materialismus.

Welchen Sinn aber hat der Begriff der *Kraft* bei Leibniz? Mit Sicherheit ist das kein ontologischer Status. Die Kraft ist für Leibniz keine immaterielle Wesenheit eigener Art, da es ja dergleichen in der materialistischen Physik nicht geben kann; Leibniz sieht vielmehr die Kraft als *Eigenschaft der Materie*, worin sich seine Lehre abermals mit der Schulmechanik deckt. Leibniz nennt die Kraft *conatus*, und er meint damit eine Neigung oder ein Bestreben der Materie, sich zu bewegen, welches der ruhenden Materie oder dem sogenannten einzelnen *Materiepunkt* eigen ist: Als Kontinuumstheoretiker kann Leibniz diese Eigenschaft ja nicht an irgendwelchen realen, also endlichen ausgedehnten Teilchen festmachen, sondern nur am Kontinuum selbst oder an den ausdehnungslosen mathematischen Punkten, deren Mannigfaltigkeit das mathematische Kontinuum bildet. Damit enthüllt sich die eigentliche Struktur der Leibnizschen Welt als reine Mathematik; denn nur die (Leibnizsche) Mathematik

vermag aus unausgedehnten Punkten ausgedehnte Kontinua zusammensetzen, indem sie z. B. aus der Aufsummierung mathematischer Punkte als deren Integrale endliche Strecken bildet. Die physikalische Realität aber fordert und beweist das endliche Atom und den unendlichen leeren Raum.

Der Leibnizsche *conatus* oder die *tote Kraft* des ruhenden Materiepunkts ebenso wie des materiellen Kontinuums wird nun (mit Leibniz) zu einer *vis viva*, d.h. zu einer lebendigen Kraft der Materie, wenn diese sich bewegt, wobei diese "lebendige" Eigenschaft der Materie *raumproportional* (als "Wegintegral") aus der toten Kraft hervorgehen soll. Hier dient dann die Strecke, durch die hindurch ein Körper seine tote Kraft anhaltend entfaltet und zur lebendigen Kraft werden lässt, als Maß dieser lebendigen Kraft, für welche die Schulmechanik den Namen "kinetische Energie" verwendet. Betrachtet man aber die zugrundeliegende Leibnizsche "tote Kraft" genauer, so sieht man, dass sie nichts anderes darstellt, als reine Mathematik - nämlich den *Grad einer gleichförmigen Geschwindigkeitsänderung* oder die invariante *Änderungsrate* einer Geschwindigkeit, die mathematisch durch die zeitliche Ableitung der Geschwindigkeitsänderung bzw. durch die zweite zeitliche Ableitung des zurückgelegten Weges nach der Zeit dargestellt wird. Dieser mathematische Ausdruck, dem so wenig objektive Realität zukommt wie etwa dem Begriff "Quadratwurzel", ist aber nichts anderes, als das bekannte sogenannte *dynamische Grundgesetz* der Schulmechanik, die dieses Grundgesetz freilich nicht Leibniz zuschreibt, sondern Newton. Man interpretiert dazu Newtons zweites Bewegungsgesetz, nämlich den Satz "*mutionem motus proportionalem esse vi motrici impressae*" (was heißt: *die Bewegungsänderung ist der eingedrückten Bewegungskraft proportional*) so, als habe Newton geschrieben: *Die Kraft ist der zweiten Ableitung des Weges nach der Zeit gleich*. Offensichtlich hat das eine mit dem anderen nichts zu tun.

Leibniz' *tote Kraft* und also das Grundgesetz der Schulmechanik repräsentiert im übrigen ein *deterministisches Prinzip*, wie es der Leibnizschen Weltansicht entspricht, und deshalb eben ist die auf dieses Prinzip gegründete Schulmechanik eine *deterministische Bewegungslehre* von genuin Leibnizschen Geist: Als mathematischer Formalismus zur quantitativen Erfassung gesuchter Messgrößen (der Bewegung oder des Impulses, und der kinetischen Energie) dient ihr kein *Gesetz der Natur*, welches die regelhafte Entstehung solcher Größen aus ihren wahren Ursachen in Raum und Zeit abbilden würde, sondern ein bloßes rationales Konstrukt, eine mathematische Idee ohne Realitätsgehalt, welche die augenblickliche oder *instantane*

Determination oder Bestimmung oder Voraussage solcher raumartig oder zeitartig verteilter gesuchter Größen (durch räumliche oder zeitliche Integration) gestattet. Dabei kommt hinzu, dass die invariante *tote Kraft* oder die *Beschleunigung* (wie sie in der Schulmechanik heißt) nicht auf einer bestimmte Bewegung bezogen ist, sondern beliebig *jeder* geradlinig-gleichförmigen Bewegung von beliebiger Geschwindigkeit zugeordnet werden kann, so dass z. B. bei zeitlicher Integration der resultierende *Impuls* keine bestimmte, sondern nur eine *relative* Größe ist, die erst durch willkürliche Zuordnung bestimmter Anfangsbedingungen ein wohldefiniertes "absolutes" Maß erhält. Hier manifestiert sich der relativistische Gehalt der Schulmechanik *exakt mathematisch*.

Insgesamt steht das mathematische Konstrukt, welches die Schulmechanik der Bewegungslehre zugrundelegt, in keiner *kausalen*, sondern in einer rein *funktionalen* Beziehung zur (relativen) Bewegung, worauf bezeichnenderweise Ernst Mach nachdrücklich hingewiesen hat. Es repräsentiert keine reale natürliche Bewegungsursache "Kraft", sondern ein Werkzeug des menschlichen Geistes, eine subjektive Vorschreibung *an* die Natur (wie Kant richtig sah), um sie zu beherrschen. Genau das schätzen die Physiker an diesem Formalismus.

## 6. Gravitation, Fernwirkung, Dynamismus und Vitalismus.

Wenngleich Leibniz die "Kräfte" nicht als reale natürliche Wirkursachen eigener Art anerkannte, so wusste er doch, dass man in der Bewegungslehre nicht damit auskommt, alle Erscheinungen allein auf die Ausgedehntheit der Materie als deren einzige Eigenschaft zurückzuführen, wie Descartes es unternommen hatte. Unbestreitbar gab es ja immerhin *Relativ*-bewegungen, relative Lageveränderungen von Körpern, so dass da wohl irgendein aktives Prinzip am Werk sein musste, welches diese hervorrief und z. B. beim Fallen schwerer Körper zur Erde hin in Erscheinung trat. Also schrieb Leibniz *der Materie* diese Aktivität zu, als eine weitere Eigenschaft neben der Ausgedehntheit. Die Aktivität des fallenden Körpers wird durch seine "schwere Masse" repräsentiert, sagen die Physiker und glauben noch heute, dass ein Körper von doppelter Masse, als doppeltem Gewicht, mit doppelter Schwerkraft zu Boden gezogen wird" <sup>41</sup>, wie schon die Scholastiker glaubten, oder dass "die Schwerkraft durch die Masse verursacht" wird <sup>42</sup>. Ein Körper fiel also, weil er schwer ist. Man könnte ebenso gut sagen: der Körper fällt, weil er fällt. Hierzu sagt Roger Cotes im Vorwort zur

zweiten Ausgabe der *Principia* Newtons (1713): Die Anhänger der Scholastischen Lehre, die von Aristoteles und den Peripatetikern herrührt, "behaupten, dass die jeweiligen Wirkungen aus dem jeweiligen Wesen der Körper erwachsen; aber woher jenes Wesen kommt, sagen sie nicht; also sagen sie überhaupt nichts." <sup>41</sup>

Newton hatte insbesondere auch die Gravitation als eine reale *äußere Ursache* verstanden, die auf die Körper einwirkt und sie gegen die Erde hin schwer sein lässt, so dass sie fallen. Folglich musste diese Kraft als ein immaterielles Phänomen, vergleichbar der Feldstärke im elektromagnetischen Feld, an allen Orten des Gravitationsfeldes real vorhanden sein, um auf die dort befindlichen materiellen Körper wirken zu können. *Nichts kann wirken, wo es nicht ist*, sagt Clarke zu Leibniz, der nicht begreifen kann, dass im leeren Raum (den er doch leugnet) etwas Immaterielles (das er als physikalischen Gegenstand nicht anerkennt) wirken könne, und der deshalb die Gravitation als Eigenschaft von anziehenden Körpern verstehen will, was sofort das Problem aufwirft, wie ein solcher Körper auf einen anderen Körper *par distance*, also dort wirken könnte, wo er nicht ist. Newton ist allerdings auch hinsichtlich der Gravitation eindeutig. Er definiert sie nämlich ausdrücklich als *lokales* Phänomen, wenn er in den *Principia*, Definition VII, von der *beschleunigenden Menge der Zentripetalkraft* schreibt, diese solle "auf den Ort des Körpers (auf den sie einwirkt) zurückgeführt werden, als eine Wirkfähigkeit, die vom Mittelpunkt (d.h. vom Gravitationszentrum) über die einzelnen Orte in der Umgebung verteilt ist, um die dort befindlichen Körper in Bewegung zu versetzen." <sup>44</sup>

Es steht hiernach außer Frage, dass diese Wirkfähigkeit *lokal im Raum vorhanden ist* und sich nicht etwa erst dann, wenn da ein Körper auftaucht, den es anzuziehen gilt, vom Mittelpunkt her gewissermaßen zu diesem Körper hin auf den Weg macht, um ihn anzuziehen.

Newtons Gravitationskraft ist also ein *lokales* Phänomen im absoluten Raum. Erst die relativistische Philosophie hat daraus jene mysteriöse *Fernkraft* gemacht, die dann Einstein wieder mit großer Mühe aus der Physik entfernte, um das Prinzip erneut zur Geltung zu bringen, dass nichts wirken kann, wo es nicht ist: in Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie leistet die durch die Massenverteilung bestimmte *Metrik des Raumes*, dass das Lokalitätsprinzip gewahrt bleibt (womit dann allerdings der Raum als solcher oder eben der *absolute* Raum in die Physik zurückkehrt).

Wenn Leibniz an Clarke die Frage richtet, "wie die Sonne die Erdkugel durch einen leeren Raum hindurch anziehen soll", so bringt er damit seine materialistische Auffassung zum

Ausdruck, wonach Aktivität nur als Materieeigenschaft begriffen wird; und wenn Clarke dagegenhält, dass die gravitierende Erde einer durch ein immaterielles Agens vermittelten *lokalen* Krafteinwirkung unterliegt, so wiederholt er die Verwahrung, die Newton selbst an anderer Stelle ausdrücklich gegen das Fernwirkungskonzept eingelegt hat<sup>45</sup>. Dass sich, wie jedermann weiß, gleichwohl in der Physik vor Einstein die Auffassung von der Gravitation als einer (übrigens instantan, d.h. augenblicklich, ohne dass dazu Zeit benötigt wird) über beliebige Entfernungen im Raum wirkenden Fähigkeit von Körpern durchsetzen konnte, beweist einmal mehr, wie wenig die Schulmechanik wirklich mit Newtons Lehre zu tun hat. Tatsächlich bedeutet die Vorstellung, dass die wirklich Körper instantan und unvermittelt "Fernkräfte" in den Raum aussenden würden, um andere Körper anzuziehen, den baren Okkultismus, also das Gegenteil exakter Wissenschaft und widerspricht im übrigen nicht nur der Newtonischen, sondern auch der Leibnizschen Philosophie; denn darüber, dass nichts wirken kann, wo es nicht ist, waren die beiden sich einig.

Es gibt noch eine weitere Widerlegung der für die Schulmechanik so selbstverständlichen Vorstellung von der Anziehungskraft als Körpereigenschaft. Tatsächlich ist ja diese Kraft auf den Mittelpunkt des "anziehenden" Körpers hin gerichtet, der ein bloßer mathematischer Punkt ist und als solcher gewiss keine physikalischen Eigenschaften haben kann. Darauf weist Newton selbst hin<sup>46</sup>. Betrachtet man im übrigen die gegenseitige "Anziehung" mehrerer Körper im Raum, so sind die entsprechenden "Anziehungskräfte" nicht einmal auf die Mittelpunkte der Körper, sondern auf deren gemeinsames Schwerezentrum hin gerichtet, das wiederum nichts anderes ist als ein mathematischer Punkt irgendwo im Raum. Es war eben niemals richtig, die Gravitationskraft als fernwirkende Materieeigenschaft zu beschreiben; sie ist vielmehr das immaterielle Agens *par excellence*, dessen Erkenntnis die Grundlage der wahren Newtonischen Lehre von der Materie und von den immateriellen bewegenden Kräften der Natur ausmacht.

Noch ein Wort zu der Leibnizschen Konzeption von der Aktivität *der Materie selbst*. Manche entnehmen daraus, dass Leibniz eine "dynamische" oder gar "vitalistische" Kosmologie gelehrt habe, die man als Bild von einer lebendigen, beseelten Welt dem Materialismus der Naturwissenschaft entgegensetzen könnte<sup>47</sup>. In Wahrheit bleibt Leibniz als Naturwissenschaftler auch und gerade damit, dass er die Materie als aktiv begreift, Materialist. Denn wer Naturerscheinungen durch Materieeigenschaften erklärt, der erkennt ja keineswegs an, dass es etwas *außer* der Materie gäbe, dass also Entitäten existierten, die an sich geistig oder

immateriell oder transzendent, doch in der Natur wirksam und in der Wissenschaft als autonome Erklärungsprinzipien zulässig wären. Der Materialist sucht alle Erklärungen in der Materie und in ihren Eigenschaften selbst, und nur die Anerkennung der Realität immaterieller Prinzipien in der Natur leistet jene dualistische, Materie und Geist gleichermaßen als Konstituenten der wirklichen Welt begreifende realistische Weltsicht, die den Materialismus überwindet.

Um diese Anerkennung der Realität des Immateriellen kämpft Clarke gegen Leibniz, und die Auseinandersetzung hierüber hat ihre Aktualität bewahrt, wenn man etwa die anhaltenden Diskussionen um die Evolutionstheorie bedenkt. Wenn hierbei heute das Geistige von vielen als Erscheinungsform der Materie auf höherer Organisationsstufe aufgefasst wird, so bleibt dabei doch, wie Clarke zeigt, der letzte Erklärungsgrund für Geist und Welt allein die Materie. Stattet man diese Materie, wie Leibniz, mit Aktivität aus und lässt man den Geist, egal auf welcher Evolutionsstufe, aus ihr hervorgehen, so lehrt man Materialismus in gesteigerter Form: man lehrt dann nämlich das, was früher *Hylozoismus* hieß und die Lebendigkeit der Materie selbst meinte und pure Ketzerei war, da es die *Identität* von Materiellem und Geistigem behauptet. Theologisch läuft das auf jenen Pantheismus hinaus, den Spinoza lehrte. Die Identität von Materie und Geist enthält die Gleichsetzung von Natur und Gott, und Gott wäre dann bestenfalls eine Art *Seele der Welt*, nicht aber ihr Schöpfer und Herr. Leibniz als Philosoph und Theologe bekämpfte wohl diese Spinozistische Gotteslehre. Das ändert aber nichts daran, dass gerade sie aus seinen eigenen naturphilosophischen Prinzipien der Bewegungslehre hervorgeht, wenn man diese zu Ende denkt. Es ist Clarks Meisterschaft, dass er den Widerspruch zwischen Leibniz' guten Absichten und dem, was sich aus seinen philosophischen Prinzipien ergibt, deutlich hervortreten lässt. Philosophieren bedeutet für Clarke nicht, ein Gedankensystem aufzustellen und zu verteidigen; philosophieren heißt hier, in der Tradition von Sokrates und Platon vorurteilslos und ohne Voraussetzung irgendwelcher "erster Prinzipien" klar und folgerichtig zu denken und hinter den trügerischen Sinneswahrnehmungen nach der objektiven Realität zu suchen: Philosophie als *Liebe zur Weisheit*.

## 7. Erkenntnistheorie: Empirik oder Spekulation?

Der Frage, wie der Mensch die Wahrheit erkennt, geht die andere voraus, wie er überhaupt etwas erkennt, d.h. auf welche Weise der Geist etwas wahrnimmt. Da das Wahrnehmen-

Können äußerer Erscheinungen wohl die einzige Voraussetzung ist, auf der Newtons experimentelle Philosophie beruht, so handelt seine Erkenntnistheorie von der Frage, wie dieses Wahrnehmen vor sich geht. *Der Mensch und sein Gehirn* interessiert nicht erst seit gestern, noch hat die moderne Neurologie und Neurophysiologie hierzu Erkenntnisse gewonnen, die die Diskussion dieses Gegenstandes zwischen Leibniz und Clarke obsolet erscheinen ließen. Immer noch geht es um das Problem der Wechselwirkung zwischen Geist und Körper und zwischen Außenwelt und Innenwelt.

Für Clarke und Newton steht außer Frage, dass der Mensch sozusagen ein *offenes System* ist, offen für die Wahrnehmung des außer ihm real Vorhandenen, und fähig zur frei bestimmten Interaktion mit der wirklichen Welt. Leibniz stellt dem das Prinzip des *psychophysischen Parallelismus* entgegen, gewissermaßen eine *Systemtheorie*, die die Fähigkeit lebender Systeme zur Wahrnehmung einer objektiven Umwelt und zur Wechselwirkung mit dieser prinzipiell leugnet. Was Verhalten eines solchen Systems, insofern es zweckmäßig und zielgerichtet erscheint, beruht dann keineswegs auf einer Abstimmung des Geistes mit der wahrgenommenen Realität, sondern auf einer im voraus eingerichteten *prästabilierten Harmonie*, und auch zwischen dem Geist, der wahrnimmt, und dem Körper, der demgemäß handelt, besteht keine Wechselwirkung: Der Körper, so meint Leibniz, folgt ausschließlich mechanischen Gesetzen, notwendigerweise und ohne alle Freiheit, "wie eine Uhr". Und wenn er doch das tut, was der Geist will, so beruht das nicht auf einer Wechselwirkung, sondern wiederum auf der von Gott im voraus eingerichteten Abstimmung zwischen beiden. Daraus folgt nun zwangsläufig eine Erkenntnistheorie, die eigentlich gar keine ist: Leibniz vermag nicht einzusehen, wie es möglich sein sollte, dass Abbilder äußerer Dinge durch die Sinnesorgane an einen inneren Ort transportiert werden könnten, wo sie der Geist oder die Seele dann wahrnehme. *Nichts* wandert, Leibniz zufolge, von außen in die Seele, sondern die Seelen "nehmen das, was außerhalb von ihnen geschieht, durch das wahr, was in ihnen geschieht, indem es mit den äußeren Dingen korrespondiert, kraft der von Gott im voraus eingerichteten Harmonie, durch die schönste und bewundernswerteste aller seiner Schöpfungen, die bewirkt, dass jede einfache Substanz (wie es die Seele ist) kraft ihrer Natur sozusagen eine Zusammenfassung und je nach ihrem Blickpunkt ein lebendiger Spiegel des ganzen Universums ist."

Im Gegensatz zu dieser spekulativen Philosophie von der Erkenntnis der objektiven Realität bzw. von ihrer Unmöglichkeit betreiben Clarke und Newton Erkenntnistheorie auf *empiri-*

*scher* Grundlage. Wie unter dem Seziersmesser des Anatomen führt Clarke vor, dass die Seele eines Blinden nichts sieht, weil "wegen irgendeiner Unterbrechung des Weges keine Bilder zu dem Ort der Sinneswahrnehmung befördert werden, an dem die Seele sich befindet." Allerdings setzt eben Wahrnehmung voraus, dass da ein durchgängiger Weg vom äußeren Gegenstand zur Netzhaut und von dieser weiterführend eine Nervenbahn zum Gehirn vorhanden sein muss; und allerdings muss dabei ein Abbild des äußeren Gegenstandes *auf immaterielle Weise*, etwa durch elektromagnetische Übertragung (wie man heute annimmt) über die Nervenbahn zum Gehirn gebracht werden. Wiederum nötigt eine vorurteilslose, auf Erfahrung gegründete Wissenschaft sogleich zur Anerkennung des Immateriellen oder Geistigen als eines in der physikalischen Welt real wirksamen, aktiven Prinzips. Newton spricht in diesem Zusammenhang an mehr als einem Ort von *spiritus* oder von (engl.) *spirits*; so etwa am Ende der *Principia*, wo er bemerkt, wie "die Glieder der Lebewesen nach Willen bewegt werden: nämlich durch die Schwingungen dieses immateriellen Prinzips, die sich durch die festen Fasern der Nerven von den äußeren Sinnesorganen zum Gehirn und vom Gehirn in die Muskeln fortgepflanzt haben." <sup>48</sup> Hier wird kein spekulatives Prinzip verteidigt, hier wird keine Hypothese zugrunde gelegt, sondern hier spricht die nüchterne Erfahrung des empirischen Naturforschers; und was er zu sagen hat, ist von dramatischer Aktualität.

Nun war oben bemerkt worden, dass empirische Naturforschung immerhin die Wahrnehmung äußerer Erscheinungen voraussetzt. Setzt sie damit aber nicht doch auch Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung, setzt sie nicht zumindest Raum und Zeit als solche notwendigen Bedingungen unbewiesen voraus, wie Kant gelehrt hat? Ich denke, dass Kant die Leistungsfähigkeit der Newtonischen Methode unterschätzte; denn diese ist in der Lage, auch die objektive Realität von Raum und Zeit auf empirischer Grundlage mathematisch streng zu beweisen, z. B. durch Analyse der Fallbewegung, wie sie schon Galilei unternommen hatte.

"Wenn ein Körper fällt", schreibt Newton, "so drückt die gleichförmige Schwere, indem sie in den einzelnen gleichen Zeiteilchen in gleicher Weise einwirkt, diesem Körper gleiche Kräfte ein und erzeugt gleiche Geschwindigkeiten; und in der ganzen Zeit drückt sie ihm die ganze Kraft ein und erzeugt sie die ganze Geschwindigkeit, die der Zeit proportional ist." <sup>49</sup> Die Bewegungsgeschwindigkeit des fallenden Körpers entsteht also *in der Zeit*, und sie entsteht offenbar *gesetzesförmig* in und mit der Zeit. Damit ist die Zeit als etwas Objektives, das im Bewegungsgesetz des fallenden Körpers real wirksam und erkennbar ist, mathematisch exakt

bewiesen. Die Wirkung dieses immateriellen Prinzips "Zeit", die der analytische Geist im Bewegungsgesetz erkennt, erweist es als eine *transzendente Realität*.

Ist aber die Zeit objektiv real, so ist es auch der Raum, den der Körper während des Fallens beschreibt: denn es kann aufgrund des gesetzmäßigen Zusammenhangs zwischen Fallgeschwindigkeit und Fallzeit aus beidem stets auch der zugehörige *Fallraum* ermittelt werden, ohne dass dazu eine Abstandsmessung zwischen dem fallenden Körper und der Erde als "Bezugskörper" notwendig wäre. Der Raum ist eben, wie die Zeit, entgegen der Leibnizschen Auffassung nicht nur ein relativer oder Verhältnisbegriff, sondern er ist wie diese eine im Bewegungsgesetz wirksame und erkennbare absolute Wirklichkeit.

Galilei schon hatte durch die gedankliche Analyse der Fallbewegung eine weitere Entdeckung gemacht: er hatte nämlich gesehen, dass eine Bewegung, die sich raumproportional entwickeln würde, zeitlos oder instantan vor sich gehen müsste, d.h. dass dann der fallende Körper zur selben Zeit an verschiedenen Orten sein müsste, was unmöglich ist. Daraus folgt aber, dass die Entwicklungsrichtung des Raumes oder die Raumachse orthogonal zur Zeitachse sein muss, womit eine bestimmte geometrische Struktur von Raum und Zeit erwiesen ist - nämlich die Struktur, die der euklidischen Geometrie zugrunde liegt. Freilich kann die menschliche Vernunft auch nicht-euklidische Geometrien entwerfen, wie Gauß und Riemann gezeigt haben, in denen Raum und Zeit gegeneinander gekrümmt erscheinen. Die Struktur der wirklichen raumzeitlichen Welt bleibt dennoch euklidisch. Die Bedeutung, welche die Riemannsche Geometrie in Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie gewonnen hat, muss vor dem Hintergrund der relativistischen Bewegungslehre gesehen werden, von der Einstein ausging. Sie setzt ja gerade die Nicht-Existenz eines so und nicht anders strukturierten Raumes und einer so und nicht anders strukturierten Zeit voraus, so dass, wenn nun Raum und Zeit in dieser Theorie gekrümmt *erscheinen*, doch damit nicht gesagt oder gar bewiesen ist, dass sie tatsächlich gekrümmt *sind*. Gerade die Einsteinschen Relativitätstheorie sind Musterbeispiele einer auf *Hypothesen* gegründeten und insofern *spekulativen* Wissenschaft, die sich wohl auf Leibniz, auf Descartes und auf Aristoteles berufen dürfte, nicht aber auf Newton. Wenn moderne Physiker Hypothesen ersinnen, die sie alsdann durch Computer zu irgendwelchen Resultaten hochrechnen, je spektakulärer, umso interessanter, und je seltsamer umso aufregender, so hat das mit empirischer Naturforschung gewiss nichts zu tun. Und wenn sie ihre Ergebnisse an der Wirklichkeit gegebenenfalls scheitern lassen (womit die Hypothese dann widerlegt ist), so verlassen sie die Scholastik überhaupt nicht; denn schon damals galt,

dass alle Hypothesen zugelassen waren, die mit den Phänomenen *übereinstimmten* - womit die Falsifikationsmethode sozusagen ins Positive gewendet wird und zugleich ihren Pferdefuß zeigt: Es sind in dieser Methode eben *alle* Hypothesen zulässig, die *nicht* falsifiziert sind, woraus, da die Anzahl der Hypothesen prinzipiell unbegrenzt ist, folgt, dass immer *mehrere* Erklärungen zur Hand sind, so dass eine Entscheidung für *eine definitive Wahrheit* prinzipiell unmöglich erscheint. Die scholastische wissenschaftliche Methode ist ihrem Wesen nach wahrheitsfern, und die Geringschätzung objektiver Wahrheit (und folglich objektiver Realität) in der neuzeitlichen Naturwissenschaft beweist deren anhaltende Orientierung an Rationalismus und Nominalismus der Scholastik<sup>50</sup>, worin sich zeigt, wie erfolgreich Leibniz' Bemühungen um die Wiederbelebung der scholastischen Philosophie tatsächlich gewesen sind. Die These von überwiegend Leibnizschen Geist der neuzeitlichen Wissenschaft bestätigt sich ein weiteres Mal. Fügen wir noch hinzu, was der Newtonianer Roger Cotes in seinem *Principia*-Vorwort von 1713 über diese Wissenschaftsmethode meint. Er schreibt: "Von denjenigen, die die Grundlage für ihre Überlegungen aus bloßen Hypothesen nehmen, wird man auch dann, wenn sie im weiteren genauestens nach mechanischen Gesetzen vorgehen, sagen müssen, dass sie ein Märchen, wohl ein geschmackvolles und reizendes, aber eben doch nur ein Märchen zusammenreimen." <sup>51</sup> Dass dies genau Newtons Standpunkt war, steht außer Frage, da Newton einer hypothetisch (also spekulativ) begründeten Wissenschaft ausdrücklich jeden Erkenntnis- oder Wahrheitswert abgesprochen hat <sup>52</sup> .

Fassen wir hier zusammen, dass Newtons Forschungsmethode im strengsten Sinn empirisch zu nennen ist. Es trifft nicht zu, was oft behauptet wird, dass nämlich auch Newton seiner Bewegungslehre spekulative Hypothesen oder, wie Kant meinte, *metaphysische Anfangsgründe* willkürlich vorausgesetzt hätte. Selbst die Wirklichkeit von Raum und Zeit ist hier, wie gezeigt werden konnte, empirisch begründet. Wohl sind Raum und Zeit unerlässliche Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung, wie Kant es richtig sah. Sie sind jedoch darüber hinaus noch mehr: sie sind die realen Bedingungen der Wirklichkeit der Welt, und die Galilei-Newtonische Methode leistet, was Kants Philosophie schuldig blieb: nämlich die Herleitung dessen, was Kant das "syntehtische Apriori" genannt hat, und sie leistet es *analytisch*, d.h. durch Deduktion *aus der Erfahrung selbst*.

## 8. Über das richtige Maß der Kraft.

Der Unterschied zwischen Leibnizischem Rationalismus und Newtonischem Realismus enthüllt sich in mathematisch-formaler Hinsicht im Streit um die richtige geometrische Messung der "Kraft". Es geht dabei um die *Bewegungskraft*, d.h. um die Kraft des gleichförmig-geradlinig bewegten Körpers. Newton, dessen Bewegungslehre ja primär eine Lehre von der widerstandsfreien *Bewegung im Vakuum* ist, versteht unter dieser Bewegungskraft *die Ursache* der gleichförmig-geradlinigen Bewegung und unter dem richtigen "Maß der Kraft" die mathematische Messvorschrift für diese Ursache. Leibniz dagegen, der das Vakuum leugnet und Bewegung nicht auf verursachende Prinzipien, sondern wiederum nur auf Bewegung zurückführt wie Descartes und die Scholastik, versteht unter "Bewegungskraft" die Fähigkeit des bewegten Körper, äußere Bewegungswiderstände wie etwa den der Luft zu überwinden - also das, was die Schulmechanik "Arbeitsfähigkeit" nennt und als "kinetische Energie" des bewegten Körpers misst.

Der Streit begann mit einer Leibnizschen Veröffentlichung von 1686 in der wissenschaftlichen Leipziger Zeitschrift *Acta eruditorum*, die Leibniz selbst 1682 mit begründet hatte. Es war Leibniz' erste naturwissenschaftliche Publikation. Unter dem anspruchsvollen Titel *Kurzer Beweis eines denkwürdigen Irrtums des Descartes und anderer in Bezug auf ein Naturgesetz, demzufolge sie meinen, dass Gott immer dieselbe Bewegungsmenge aufrechterhält, und wie sie es in der Mechanik fehlerhaft gebrauchen*, argumentierte Leibniz gegen die von den Cartesianern gelehrt Messung der Bewegungskraft durch das Produkt aus Körpermasse und Bewegungsgeschwindigkeit. Die Kraft sei vielmehr durch das Produkt aus Körpermasse und Geschwindigkeits $quadrat$  zu messen. Nun hatte Leibniz aber sein Argument auf eine Hypothese gegründet, nämlich auf die unbewiesene Voraussetzung, dass die Bewegungskraft eines Körpers der Strecke proportional sei, die der Körper vertikal fallend durchmisst, so dass sie durch diese Strecke zu messen sei. Da aber seit Galilei bekannt war, dass die Fallhöhe dem Quadrat der Fallgeschwindigkeit proportional ist, musste Leibniz bei der Messung der "Kraft" durch die Fallhöhe automatisch zu einer Beziehung zwischen dieser Kraft und dem Geschwindigkeits $quadrat$  gelangen. Sein Aufsatz beruht also auf einem Zirkelschluss, bei dem das, was bewiesen werden soll, bereits in der Voraussetzung enthalten ist, so dass im Ergebnis gar nichts bewiesen ist<sup>53</sup>; und so liegt die Sache bei allen auf Hypothesen gegründeten Beweisführungen.

Gleichwohl löste Leibniz' Veröffentlichung einen Gelehrtenstreit aus, der bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts andauerte, und das Leibnizsche Kraftmaß "Masse mal Geschwindigkeitsquadrat" behauptete sich trotz der unzulänglichen mathematischen Herleitung, weil es sich *experimentell* zu bestätigen schien: Viele Wissenschaftler, die in dieser Auseinandersetzung die Leibnizsche Position vertraten, zeigten nämlich, dass die "Kraft" eines bewegten Körpers, äußere Widerstände zu überwinden, z. B. die Fähigkeit einer fallenden Kugel, in feuchten Sand eine Mulde zu schlagen (und deren Maß durch die Tiefe der Mulde gegeben ist), tatsächlich durch das Produkt aus Körpermasse und dem *Quadrat* der Bewegungsgeschwindigkeit des Körpers zu messen ist.

Der Streit um das "wahre Kraftmaß" schief erst ein, als d'Alembert 1743 die analytische Mechanik vollständig auf die Prinzipien der Leibnizschen Analysis der Bewegung gründete und dabei die *Beschleunigung*, d.h. die (bei gleichförmig beschleunigter Bewegung invariante) *Änderungsrate* beschleunigter Bewegungen, die durch die zeitliche Ableitung der Bewegungsänderung selbst gemessen wird ("Änderung pro Zeiteinheit"), zum "wahren Kraftmaß" erklärte. Dieser mathematische Ausdruck, den Leibniz in seiner Bewegungslehre den Namen "tote Kraft" gegeben hatte, wurde in der Formel "Kraft gleich Masse mal Beschleunigung" zur Grundlage der Schulmechanik. Er hat die besondere Eigenschaft, dass sich aus ihm durch *Integration über den Weg* das Leibnizsche Kraftmaß "Masse mal Geschwindigkeitsquadrat" ergibt (als Arbeitsfähigkeit oder kinetische Energie, die dem in gleichförmig-beschleunigter Bewegung zurückgelegten Weg proportional ist), während eine *Integration über die Zeit* den Cartesischen Term "Masse mal Geschwindigkeit" oder den *Impuls* liefert. D'Alemberts neues "Kraftmaß" erschien damit als die gemeinsame Wurzel der umstrittenen Alternativen, womit der Streit beendet schien.

Natürlich war d'Alemberts Formel *nicht* identisch mit *Newtons* Maß der Bewegungskraft; das wussten die Gelehrten damals noch ganz gut, stritten sie sich doch um die Priorität an dieser Entdeckung 54, und der Präsident der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Maupertuis, glaubte den Streit zu schlichten, indem er *Galilei* zum Urheber der Formel erklärte.

Nun mag wohl richtig sein, dass Galilei erstmals ein Maß für die *Beschleunigung* als solche angegeben hatte, weil er als erster die *gleichförmig-beschleunigte Bewegung* mathematisch analysierte. Jedoch hat Galilei dieses Maß niemals als bewegende *Kraft* bezeichnet, und auch

Newton, der sich ausdrücklich auf Galilei stützt, hat niemals die Beschleunigung mit jener bewegendem Kraft identifiziert, welche z. B. die Bewegung eines fallenden Körpers ursächlich erzeugt. Betrachten wir dazu noch einmal Newtons so aufschlussreiche Analyse der Fallbewegung im *Scholium* nach *Corollar VI* zu den Bewegungsgesetzen<sup>55</sup>; er schreibt: "Wenn ein Körper fällt, so drückt die gleichförmige Schwere, indem sie in den einzelnen gleichen Zeiteilchen in gleicher Weise einwirkt, diesem Körper gleiche Kräfte ein und erzeugt gleiche Geschwindigkeiten; und in der ganzen Zeit drückt sie ihm die ganze Kraft ein und erzeugt die ganze Geschwindigkeit, die der Zeit proportional ist." Die "gleichförmige Schwere" mag man nun in der Tat als "Beschleunigungskraft" auffassen, da sie nichts anderes ist als die *Zentripetalkraft*, deren beschleunigendes Maß Newton in *Definition VII* vorstellt. Jedoch muss man beachten, dass nicht diese gleichförmige Schwere die *unmittelbare* Ursache der erzeugten Bewegung darstellt, sondern sie *drückt* den Körper *Kräfte ein*. Die "eingedrückte Kraft" aber definiert Newton in der *Definition IV* als "Einwirkung auf einen Körper, die auf eine Veränderung seines Zustands der Ruhe oder der gleichförmigeradlinigen Bewegung gerichtet ist"<sup>56</sup>. Folglich sind es die *aus der Zentripetalkraft "Schwere" stammenden oder hervorgehenden 'eingedrückten' Kräfte*", welche die Bewegungsgeschwindigkeit des Körpers als unmittelbare Ursache erzeugen, und zwar sind das *endliche* Kräfte, die *endliche* Geschwindigkeitszuwächse zeitproportional erzeugen, also gewissermaßen in gleichen Zeiten aufeinanderfolgende *einzelne Anstöße*, durch die der fallende Körper wohl *gleichförmig* (nämlich in gleichen Zeiten gleich), aber doch keineswegs *stetig* beschleunigt wird: Die Bewegung wächst vielmehr in endlichen Schritten stufenweise an, als würde der Körper von Hämmerchen getrieben; dieses Bild hatte schon der italienische Arzt, Physiker und Astronom G. A. Borelli (1608-1679) für die Beschreibung der Fallbewegung benützt.

Man kann mit einiger Sensibilität nachgerade spüren, dass dieses Borellische Bild der physikalischen Wirklichkeit entspricht, wogegen "stetige Beschleunigung" ein mathematisches Konstrukt ohne Realitätsbezug ist. Es gibt keine reale "Beschleunigung an sich", sondern es gibt nur zu- oder abnehmende *Bewegungsn von Körpern*. Würde im übrigen ein Körper *stetig*, d.h. ohne Intervalle, in denen endliche Bewegungszuwächse zeitlich hervorgehen, etwa unmittelbar durch die "gleichförmige Schwere" beschleunigt, so müsste er *instantan* beschleunigt werden, d.h. ohne dass der Bewegungszuwachs Zeit benötigen würde. Also müsste der so beschleunigte Körper augenblicklich eine unendlich große Geschwindigkeit annehmen, was unsinnig ist.

Newtons reale bewegende Naturkräfte sind von anderer Art, wie man sofort sieht, wenn man seine *Definitionen* eingangs der *Principia* ernst nimmt. Newton kennt nicht wie die Schulmechanik nur *eine* Kraft, sondern er definiert explizit *drei* elementare Kräfte der Natur: Da ist die *der Materie eingepflanzte Kraft "vis insita"*, die er auch "Impetus" nennt, und die die Ursache der gleichförmig-geradlinigen Bewegung ist: sie *erhält* den Körper in dieser Bewegung, wenn und solange nicht seinen Lauf hindert (vgl. *Def. III* und Erläuterung zu *Def. IV*). Da ist die *der Materie eingedrückte* (äußere) Kraft "vis impressa", die den gleichförmig-geradlinigen Bewegungszustand *ändert* (*Def. IV*). Und da ist die im leeren Raum verteilte *Zentripetalkraft* oder *Schwerkraft* (*Def. V-VIII*) "vis centripeta" als *Ursprung* oder *Quelle* bewegungsändernder eingedrückter Kräfte (Erläuterung zu *Def. IV*).

Auf dieser Grundlage nun kann man erst die Position verstehen, welche die *Newtonianer* und unter ihnen besonders Samuel Clarke im "Streit um das wahre Kraftmaß" bezogen: Da es ja um die Kraft der gleichförmig-geradlinigen Bewegung ging, so dachten die Newtonianer natürlich an die *Ursache* dieser Bewegung im leeren Raum, nicht an die "Arbeitsfähigkeit" eines bewegten Körpers gegen äußere Widerstände. Folglich argumentierten die Newtonianer für das Maß "Masse mal Geschwindigkeit", welches die geradlinig-gleichförmige Bewegung beschreibt, als das richtige Maß der zu dieser Bewegung proportionalen ursächlichen Bewegungskraft, und auch Newton selbst votierte für dieses Kraftmaß, wie aus einigen seiner unveröffentlichten hinterlassenen Schriften und Entwürfen hervorgeht, die Clarke als Material für die Schriften an Leibniz gedient haben könnten<sup>57</sup>.

Damit ist bewiesen, dass jene Formel "Kraft gleich Masse mal Beschleunigung", welche die Schulmechanik so gedankenlos als "Newtons Kraft" bezeichnet, mit Newtons Kräftelehre so gut wie gar nichts gemein hat. Zumal hinsichtlich der Ursache der gleichförmig-geradlinigen Bewegung ist der Unterschied fundamental. Da nämlich die Schulmechanik "Kraft" stets mit "Beschleunigung" verbindet, so muss sie behaupten, dass Körper zu gleichförmig-geradlinigen Bewegung neigen, weil sie die *Eigenschaft haben*, sich gleichförmig-geradlinig zu bewegen, welche Eigenschaft man auch "Trägheit" nennt. Natürlich kehrt damit die von Newton so entschieden verworfene scholastische Methode wieder, Naturerscheinungen durch *Eigenschaften der Materie* zu erklären, und natürlich sind mit solchen Hypothesen nur Zirkelschlüsse möglich: Körper bewegen sich gleichförmig-geradlinig, weil sie sich gleichförmig-geradlinig bewegen bzw. "träge" sind (analog: "Körper fallen, weil sie schwer

sind"). Erklärt wird damit in Wahrheit gar nichts, und so gründet sich die Bewegungslehre der Schulmechanik hier auf ein "kausales Paradoxon" <sup>58</sup>, womit gesagt ist, dass ihr jede Erklärungskraft fehlt. Die Newtonische Lehre von den wahren bewegenden Kräften der Natur als Ursachen proportionaler Wirkungen ist ihr weit überlegen.

## 9. Arithmetik und Geometrie, Identität und Proportionalität.

Der Überlegenheit der Newtonischen Bewegungslehre über die Schulmechanik entspricht eine Überlegenheit der Newtonischen über die Leibnizsche Mathematik, also wiederum ein Unterschied, den man bislang gar nicht zu sehen gewohnt ist. Die Diskussion zwischen Leibniz und Clarke indessen lässt diesen Unterschied deutlich hervortreten. Es geht um die Überlegenheit der Geometrie über die Arithmetik, die man schon im Griechenland des 5. vorchristlichen Jahrhunderts erkannt hatte und die zur Vollendung der Geometrie im Euklid geführt hatte. Es geht hier darum, ob alle rechnerisch fassbaren Maße als reine Zahlen verstanden und also nach ein und demselben numerischen Maßstab gemessen werden können, oder ob es elementar verschiedene Maße und entsprechend verschiedene Zahlen gibt, für die verschiedene Maßstäbe gelten. Das Letztere erkannten die Griechen als wahr, als sie bemerkten, dass die Diagonale eines Quadrates nicht als ganzzahliges Vielfaches der Quadratseite darzustellen ist. Das Verhältnis von Diagonale und Seite zueinander war und ist bis heute und sicher auch in Zukunft *irrational*, wie man sagt; und darinn liegt gewiss eine wirkliche, zeitlose, also objektive und absolute Wahrheit.

Die Arithmetik nun konnte ein solches irrationales Verhältnis nicht darstellen; wohl aber konnte es die Geometrie. Denn nichts ist einfacher, als ein Quadrat und die zugehörige Diagonale zu zeichnen. Hier hat man das Irrationale vor Augen. Darüber hinaus konnte die Geometrie zeigen, dass Diegonale und Seite des Quadrats, die nicht auf ein *identisches Maß* zurückführbar waren, gleichwohl in einem mathematisch bestimmten festen *Verhältnis zueinander* stehen; ihr Verhältnis zueinander ist *konstant*. Sie sind zueinander *proportional*, wie man sagt. Verdoppelt man die Seite des Quadrats, so verdoppelt sich auch die Diagonale; das Verhältnis von Seite zu Diagonale ist in allen Quadraten beliebiger Größe konstant dasselbe. Die Griechen entwickelten aus dieser Erkenntnis eine subtile geometrische Proportionenlehre, und diese beherrschte die Mathematik lange Zeit. Im 17. Jahrhundert dann unternahm es René Descartes, die Mathematik durch Entwicklung der *analytischen Geometrie* wieder auf die Arithmetik, auf eine reine Zahlenlehre zurückzuführen, und Leibniz setzte

diese Bemühungen fort. Etwas ging dabei verloren: der besondere Inhalt des geometrischen Begriffs der *Proportion*.

Schon in seiner ersten Stellungnahme zu Clarkes erster Verteidigungsschrift (wir bezeichnen sie als Leibniz' *zweiten Brief*) erklärt Leibniz, dass seine Mathematik sich auf nichts anderes gründet, als auf den *Satz vom Widerspruch* oder von der *Identität*, wonach "A gleich A ist und nicht *nicht* A sein kann. Und dieser Grundsatz reicht aus", fährt Leibniz fort, "um ... sämtliche mathematischen Grundlagen zu beweisen." Im *fünften Brief* (unter 54) argumentiert er, dass Zahlen *Mengen* vorstellen, und dass auch "Verhältnisse oder Proportionen in der Mathematik ihre Menge" hätten und "durch die Logarithmen gemessen werden", was heißen soll, dass sie selbst gleichfalls nur Zahlen (Mengen) vorstellten. Hiergegen setzt Clarke in seiner fünften Entgegnung (unter 54) eine Erläuterung des Begriffs der Proportion: "Proportionen sind nicht Mengen, sondern die Proportionen von Mengen", heißt Clarkes Kernsatz. "Wenn sie Mengen wären, so wären sie Mengen von Mengen, was Unsinn ist", fährt er fort, und er liefert sogleich einen Beweis: Wären Proportionen Mengen (von Zahlen), so müssten sie durch Addition anwachsen. Addiert man aber die Proportion von 1 zu 1 zu der Proportion von 1 zu 1, so ergibt sich wiederum nur die Proportion von 1 zu 1. Das Beispiel macht den Unterschied zur Leibnizschen Mathematik deutlich, die unsere Schulmathematik ist: Hier nämlich betrachtet man die Proportion von 1 zu 1 kurzerhand als *Bruch*  $1 : 1$ , mit der Menge 1; und so erhält man hier natürlich, gegen Clarke, aus der Addition von  $1 : 1$  plus  $1 : 1$  die Menge 2.

Die Clarkesche Proportionentheorie stimmt genau mit dem Gebrauch überein, den Isaac Newton in den *Principia* von Proportionen macht. Man sieht das bereits an der Terminologie Newtons, in der z.B. eine doppelte Proportion "ratio duplicata" heißt und nicht eine *additive* Verdoppelung meint, sondern *eine multiplikative*, also eine *quadratische* Beziehung. Clarke zeigt das anhand der "Verdoppelung" der Proportion von 3 zu 1 auf 9 zu 1. Wird das Verhältnis 3 zu 1, welches eine Größe zu einer anderen aufweist, doppelt genommen (d.h. noch einmal wiederholt), so muss das Resultat sich zu 3 ebenso verhalten wie 3 zu 1; es entsteht also die Proportion 9 zu 1, und das ist damit genau die "ratio duplicata" zu dem ursprünglichen Verhältnis 3 zu 1 oder eben das *Quadrat* dieses Verhältnisses. Steht also eine Größe zu einer anderen in einer "ratio triplicata", so ist sie nicht das Dreifache, sondern das Neunfache der anderen Größe (im Beispielsfall ist die ratio triplicata zu dem Verhältnis 3 zu 1 das Verhältnis 27 zu 1).

Übrigens spricht Clarke in diesem Zusammenhang einmal unbestimmt von "Größe" (magnitude), ein anderes Mal bestimmt von "Menge" (quantity), und er entscheidet sich, wo er auf den Raum und die Zeit zu sprechen kommt, klar für den Begriff "Menge". Reine Zahlen erscheinen als Größen. Die wirklich in der Natur vorhandenen Dinge, zu denen Clarke wie Newton auch den Raum und die Zeit rechnet, existieren als *Mengen*. Der Raum und die Zeit *sind Mengen*, legt Clarke dar, und das heißt, dass sie keine Kontinua sind, sondern sie besitzen eine *diskrete Struktur*, sie sind *quantisiert*, wie man heute sagen würde. Das aber bedeutet, dass es kleinste *Elemente* des Raumes und der Zeit geben muss, also eine kleinste Zeiteinheit oder eine *Elementarzeit*, und eine kleinste Längeneinheit oder *Elementarlänge*, wenn wir "Länge" als elementares Maß des Raumes begreifen. Newton spricht in den *Principia* an vielen Stellen von den "kleinsten Teilchen" des Raumes und der Zeit. Überhaupt *definiert* er die Gegenstände seiner Bewegungslehre von Anfang an als *Mengen*, nämlich die "Menge der Materie" (d.i. die Masse), die "Menge der Bewegung" (d.i. der Impuls), die (absolute, beschleunigende und bewegende) "Menge der Zentripetalkraft". Die Newtonische Bewegungslehre erweist sich damit als eine *Quantentheorie der Bewegung*. Auch Newtons *Opticks* von 1704 kann man als *Quantentheorie des Lichts* verstehen<sup>59</sup>, und so zeigt sich denn, dass die Einsicht in die Quantisierung der Gegenstände der Wissenschaft durchaus keine Errungenschaft erst des 20. Jahrhunderts ist. Genau betrachtet ergibt sie sich notwendigerweise aus dem Begriff des Atoms, wenn man dieses als ein reales, unteilbares, endliches Elementarteilchen ansieht, und somit als eine unausweichliche Konsequenz des Realismus. Tatsächlich folgert und beschreibt Newton die Quantisierung der Gegenstände seiner Wissenschaft aufgrund einer Analyse der Naturerscheinungen als Einsicht in einen wahren, wirklich vorliegenden, freilich transzendenten, der *unmittelbaren* Sinneswahrnehmung verborgenen *Sachverhalt*.

Ganz anders liegen die Dinge in der auf Heisenberg und Schrödinger zurückgehenden Quantentheorie des 20. Jahrhunderts. Hier ist Quantisierung nichts als ein mathematisches Konstrukt zur Gewinnung sogenannter "Eigenwerte" von Parametern, die für "Energien" oder "Impulse" stehen, welche keine mengentheoretische Grundlage haben, sondern nach wie vor als Kontinua begriffen werden. Die Eigenwerte bezeichnen also keine realen Objekte als Bestandteile der Wirklichkeit, und die Quanten, von denen diese Theorie handelt, sind keine realen Teilchen, sondern sozusagen "ideale" Gegenstände der reinen Mathematik: Wieder ist Leibnizsche Philosophie die Grundlage, die eben von der Leibnizschen Mathematik transportiert wird, ob nun der Mathematiker das sieht oder nicht. Die reine Ratio, die reine

Mathematik, erzeugt ihre idealen Gegenstände als Produkte des menschlichen Geistes im Kopf des Mathematikers. Die erfahrbare Wirklichkeit dient dann, bei der Anwendung dieser Mathematik auf die Physik, nur als Kontrollinstanz zur Überprüfung, ob das erdachte Konstrukt zur Beschreibung und Beherrschung der Wirklichkeit taugt. Es geht dabei gar nicht um Wahrheit, sondern um *Brauchbarkeit* von Hypothesen; und wie in der Scholastik sind alle Hypothesen zugelassen, die "die Phänomene retten", d.h. die den Erscheinungen, die sie beschreiben sollen, nicht widersprechen. Es geht einr solchen Wissenschaft überhaupt nicht um das wirkliche Verständnis einer real existierenden Natur und ihrer wahren Wirkgesetze (die sogenannte "Letzterklärung"), sondern es geht allein um die Beherrschung de Erscheinungen durch Mathematik. Es geht hier nicht um Erkenntnis, sondern um Technik, es geht nicht darum, was der Mensch wissen kann, sondern darum, was er machen kann. Und deshalb tritt auf diesen Zweig der modernen Physik zu, dass es sich, wie Hans-Peter Dürr gesagt hat, nicht um Wissenschaft handelt, sondern um Machenschaft.

Das Wissen um die überragende Bedeutung des Begriffs der *Proportion* für die Naturforschung kam den Wissenschaftlern im selben Maß abhanden, in dem die Leibnizsche *Identitätsmathematik* sich durchsetzte, deren einzige Grundlage der Satz  $A = A$  ist und die deshalb stets in *Gleichungen* denkt und Proportionen wie Gleichungen behandelt. Nun mag es in der reinen Arithmetik, die sich nur mit Zahlengrößen beschäftigt, wohl sein, dass man eine Proportion 9 zu 1 einfach als Zahl 9 behandeln kann. Anders aber liegt die Sache, wenn Dinge bzw. Mengen von Dingen *verschiedener Art* zueinander in Beziehung gesetzt werden, wenn man z.B. Mengen von Äpfeln und Birnen miteinander vergleicht. Das Verhältnis von 9 Äpfeln (A) zu 3 Birnen (B) ist offensichtlich  $9A : 3B$  oder auch  $3A : 1B$ , aber nicht etwa  $3/1$  oder 3; denn A und B lassen sich nicht gegeneinander wegkürzen. Man kann also Proportionen jedenfalls dann nicht auf bloße Zahlenwerte reduzieren, wenn man mit Mengen von real existierenden Dingen *verschiedener Art* zu rechnen hat; und da die Proportionenlehre ein Teil der Geometrie ist, so kann man auch sagen: die mathematischen Beziehungen zwischen art- oder wesensverschiedenen Dingen vermag allein die nicht auf Arithmetik zu reduzierende Geometrie zu behandeln. Wenn es also eine erschaffene Natur gibt, die unabhängig vom Menschen und seinem Denken objektiv existiert, wenn es den wirklichen Raum gibt und die wirkliche Zeit, die wirkliche Materie, die absolute Bewegung und die bewegenden Kräfte als objektive Realitäten, als Entitäten von unterschiedlichem ontologischem Status, so wird eine *realistische* mathematische Wissenschaft, die alle diese

Dinge in ihren gesetzmäßigen gegenseitigen Beziehungen erfassen will, *eine geometrische* Wissenschaft sein müssen.

Das wusste Isaac Newton. Im *Scholium* nach *Lemma X* zu seiner *Methode der ersten und letzten Verhältnisse* hebt er die Bedeutung der Proportionenlehre für die mathematische Behandlung von "Mengen verschiedener Arten<sup>2</sup> ausdrücklich hervor<sup>60</sup> und zeigt damit, dass *natürlich* seine Bewegungslehre ein *ontologisches Fundament* hat. Von hier aus begreift man Nun auch, weshalb Newton die *Principia* in *geometrischer* Form abgefasst hat und nicht in der Sprache der arithmetischen Analysis, die ihm durchaus geläufig war: er hatte ja als junger Mann sein Selbststudium der Mathematik nicht mit dem Euklid, sondern mit der analytischen Geometrie von Descartes begonnen (was ihm bei seiner ersten akademischen Wissensprüfung 1664 fast zum Verhängnis geworden wäre). Mit den Jahren aber wuchs seine Hochschätzung der Geometrie der Alten, und die Cartesisch-Leibnizsche arithmetisierte Mathematik nannte er dann die *Analysis der mathematischen Pflücker*<sup>61</sup>.

Es war gesagt worden, dass Newtonische Naturforschung darauf abzielt, die wirklichen Ursachen oder Kräfte der realen, wirkenden Natur aus ihren Beziehungen zu den bewirkten Bewegungserscheinungen zu ergründen. Das setzt voraus, dass Ursachen und Wirkungen objektiv existieren, und dass sie voneinander zu unterscheiden sind. Sie müssen also einen unterschiedlichen ontologischen Status haben, d.h. die bewegende Kraft kann keinesfalls mit der Bewegung, die sie erzeugt, identisch sein, und insofern man Ursachen und Wirkungen quantitativ erfassen, also *messen* will, hat man es mit *Mengen verschiedener Art* im Sinne des zitierten Newtonschen *Scholiums* zu tun. Leibniz hatte seine Identitätsmathematik auf die Naturforschung nur anwenden können, indem er Ursachen und Wirkungen als *gleich* und *gleichartig* behandelte. Er prägte dafür den Satz *causa aequat effectum* und erhob diesen zu seinem "ersten mechanischen Axiom", welches er zugleich "tout à fait métaphysique"<sup>62</sup> nannte. Das Prinzip kehrt in der *Gleichsetzung* von "Kraft" mit dem Produkt "Masse mal Beschleunigung" wieder, die die Schulmechanik beherrscht. Man sieht gerade an dieser Kraftdefinition, die tatsächlich ein Ergebnis von Erfahrung weder ist noch sein kann, wiederum, wie entscheidend und ausschließlich Leibnizsches metaphysisches Denken die positivistische Schulmechanik bestimmt. Auch der Positivismus hat offenbar seine Metaphysik, und das ist der subjektivistische Rationalismus Leibnizscher Herkunft, der keine Ursachenforschung zum Ziel hat oder erlaubt, und der Kausalbeziehungen zwischen Entitäten verschiedener Art, die in Proportionen erkennbar sind, *eliminiert*, indem er an die Stelle der

*Proportionalität* die *Identität* von Ursachen und Wirkungen setzt. Was so als *analytische Mechanik* entsteht, ist ein wirklichkeitsfernes mathematisches Konstrukt, welches nicht von wirklichen Gegenständen der Natur, sondern nur von mathematischen Ausdrücken handelt, zwischen denen keine kausalen, sondern funktionale Beziehungen bestehen. Dass dieses Konstrukt sich weithin *praktisch bewährt* hat, sagt natürlich über seinen Realitätsbezug, d.h. über seine Wahrheit, genauso wenig aus, wie allgemein die Übereinstimmung irgendeiner Hypothese mit den Phänomenen etwas über die Wahrheit der Hypothese aussagt.

Newton, der nicht brauchbare Hypothesen formuliert, sondern die Wahrheit der Natur erforscht, d.h. das So-und-nicht-anders-Sein der Dinge und der Vorgänge, von denen uns die Sinneswahrnehmung nur trügerische Kunde gibt, so trügerisch wie die Schatten der Wirklichkeit an der Höhlenwand in Platons Gleichnis: Newton also hält es, auch was die Bedeutung der Proportion angeht, um die Clarke und Leibniz streiten, mit Platon, der im *Timaios* sagt: "Zwei Dinge lassen sich für sich allein nicht haltbar zusammenfügen; es gehört notwendig ein drittes dazu, ein vermittelndes Band nämlich, welches die Vereinigung beider erst zustandebringen kann. Das schönste aller Bänder aber ist dasjenige, welches die engste Vereinheitlichung des Bandes selbst mit den verbundenen Gegenständen herstellt. Dies aber am besten zu bewirken vermag ihrem Wesen nach die Proportion." <sup>63</sup>

Albert Einstein hat gesagt, dass die Sätze der Mathematik, insofern man sie auf die Wirklichkeit anwendet, nicht sicher sind, und dass sie, insofern sie sicher sind, sich nicht auf die Wirklichkeit beziehen. Er hatte Recht, da er die Leibnizsche Identitätsmathematik meinte, die unsere Schulmathematik ist, und die sich in dem Satz  $A = A$  erschöpft, so dass sie die wirklichen Beziehungen zwischen wirklichen Gegenständen verschiedener Art gar nicht darzustellen vermag. Das leistet allein die Proportionenlehre. Wir werden im weiteren sehen, welche Proportion in der realistischen Newtonischen Bewegungslehre Ursache und Wirkung, Kraft und Bewegung verknüpft, und wie diese Proportion zugleich als exakte empirische Wahrheit über die Natur allen physikalischen Theorien zugrunde liegt, insofern diese sich an der Realität orientieren: von der wahren Newtonischen Lehre bis zu Faradays und Maxwells Theorie des Elektromagnetismus, von den Einsteinschen Relativitätstheorien, die so relativistisch gar nicht sind, bis zur Quantenmechanik, wenn man von deren wellentheoretischer Fassung durch Erwin Schrödinger absieht.

### III. Newtonische Grundlagen der Physik.

Die Naturwissenschaft, welche seit langen "Physik" heißt (und auch damit nicht Newton folgt, der *Philosophie* betrieb, sondern Leibniz, der wie Aristoteles die Wissenschaft "Physik" von der Philosophie trennte), beschränkt sich längst nicht mehr auf die Untersuchung der Materie und ihrer Bewegungsformen, wie Descartes und ihm folgend Leibniz es gewollt hatten. Wie sehr auch Leibnizscher Rationalismus durch Leibnizsche Mathematik die Theorien beherrschte, so war doch von Galilei, von Newton und andern der Grund für eine *empirische* Naturforschung gelegt, die nicht die Brauchbarkeit von Hypothesen zur Erklärung der Phänomene untersuchte, sondern die Naturgesetze erforschte, die die Wirklichkeit regieren. Diese Arbeit im besten Newtonischen Sinn brachte im Lauf des 19. Jahrhunderts mit der Untersuchung der Strahlungsphänomene (Röntgenstrahlen, Teilchen- oder Kathodenstrahlen) zwanglos die Einführung der Einführung transzendenter Realitäten materieller und immaterieller Art (Atome, elektrisches und magnetisches Feld im absoluten Raum) in Fülle mit sich. Insbesondere akzeptierte die Wissenschaft nun endgültig das *Vakuum*, das Leibniz bestritten hatte, als den gänzlich leeren und dennoch realen absoluten Raum, den keinerlei materieller "Äther" mehr erfüllen musste, um darin stattfindende Bewegungserscheinungen hypothetisch zu erklären: Jetzt erkannte man die in diesem Raum als geordnete Strukturen real vorhandenen und dennoch immateriellen *Felder*, die *lokal* Wirkungen (Bewegungsänderungen) auf materielle Körper erzeugen. Diese immateriellen Entitäten stellen nun real im Raum dasjenige vor, was da als Bewegungsursache wirkt, weil der Satz, dass nichts wirken kann, wo nichts ist, immer noch gilt. Physik bedeutet also längst nicht mehr die Lehre von der ausschließlich *materiellen* Natur, wie es das ursprüngliche Wort, wie es Aristoteles, und wie es Leibniz meinte. Wir können deshalb heute, um das zu bezeichnen, was Newton *Naturphilosophie* nannte, das Wort *Physik* verwenden, sofern wir uns des um das Immaterielle und Transzendente (Felder, Teilchen) erweiterten Gegenstandsbereichs dieser Wissenschaft bewusst sind, ein Bewusstsein, das freilich den meisten Physikern noch fehlt. Die Theoretiker definieren gerne insbesondere die "Felder", die nun an die Stelle der "Kräfte" getreten sind, so *als ob* es sich auch dabei um etwas Materielles handle, zumal ja diese Felder auch quantisiert sind und man sich diese Feldquanten, wenn man sie als Teilchen begreift, wohl zwangsläufig materiell vorstellt. Freilich kann man materielle und immaterielle Teilchen genau voneinander unterscheiden, weil die ersteren auf Krafteinwirkung durch Bewegungsänderungen reagieren, die letzteren aber durch Frequenzänderungen. Bezeichnet man gleichwohl dieses alles als Materie im weiteren Sinn, so folgt man in Wahrheit nur der

Leninschen Methode, alles real Existierende einfach "Materie" zu nennen. Die Methode ist untauglich. Das Immaterielle hat andere Erscheinungsformen als das Materielle, und es hat seinen festen Platz in der Physik gefunden.

Insofern also die Physik von immateriellen und transzendenten Gegenständen handelt, die doch real sind, hat sie gewiss zu den Newtonischen Grundlagen zurückgefunden. Der Prozess war freilich langwierig und schmerzhaft und von vielen Irrtümern begleitet; und abgeschlossen ist er bis heute nicht. Begonnen hat er, als in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die mathematische Formulierung der von Faraday empirisch ermittelten Gesetze des Elektromagnetismus zeigte, dass hier Elemente wirksam waren, die sich mit der traditionellen Schulmechanik gar nicht vertrugen. Die Bemühungen vieler Experten um eine Überbrückung dieses Widerspruchs führte zu den Einsteinschen Relativitätstheorien der Bewegung, während die gleichzeitig wachsende Einsicht in die durchgängige Quantisierung der physikalischen Objekte die Quantenmechanik hervorbrachte, deren von Heisenberg und Schrödinger ab 1926 propagierte Form bis heute als gültig angesehen wird. Nun ist es aber so, dass auch die neuen Theoriegebäude zueinander in Widerspruch stehen; und die Situation wird dadurch nicht besser, dass die traditionelle Schulmechanik in weiten praktischen Bereichen das Feld behauptet hat und weiterhin angewandt wird, obwohl man weiß, dass sie keinen Bezug zur Realität der physikalischen Gegenstände hat. Indes scheinen aber die früheren Bemühungen um eine einheitliche Bewegungslehre von der Neigung abgelöst zu werden, sich mit den Widersprüchen abzufinden, indem man sich mit der Brauchbarkeit der verschiedenen Theorien (die man besser *Hypothesen* nennen sollte) begnügt und von der Suche nach der wahren Erkenntnis einer objektiven Realität neuerlich Abstand nimmt. Manche Theoretiker gehen dabei so weit, dass sie gar die Widersprüche axiomatisieren und hypostasieren, indem sie sie als Fundament einer neuen, höchst merkwürdigen und rätselvollen Wirklichkeit ausgeben, zu deren Erfassung die traditionellen Wissenschaftsmethoden und Denkgesetze nicht mehr ausreichen sollen. "Es gibt kein Gesetz, mit Ausnahme des einen, dass es kein Gesetz gibt", erfährt nun derjenige, der etwas lernen will. "Das Universum ist nicht nur seltsamer, als wir uns vorstellen, es ist auch seltsamer, als wir uns überhaupt vorstellen können", hört man jetzt. "Widerspreche ich mir selbst? Na gut, dann widerspreche ich mir eben; ich bin groß, ich enthalte Mannigfaltigkeiten". Mit solchen und ähnlichen amüsan-paradoxen Sprüchen versucht man, den erneuten katastrophalen Verlust jeder geistigen Orientierung hinwegzureden. Wer aber nachfragt und von einem Theoretiker dann erfährt, die größte Bedeutung der Quantenmechanik liege darin, dass sie "die

Vorstellung von der Welt als etwas zerstört (hat), das sich *da draußen* befindet" <sup>64</sup>, der ahnt, dass es hier um gar nichts anderes geht, als um eine neue Machtergreifung des Subjektivismus, der sich zum Solipsismus steigert. Die realistische Philosophie von der Wirklichkeit und Wahrheit der objektiven Natur soll wieder einmal abdanken zugunsten jener relativistischen Lehre von den vielen Wahrheiten, die gegenwärtig auch dort wieder aufzutreten scheint, wo man bisher mit dem Realisten Lenin die Unteilbarkeit der Wahrheit lehrte (was kein Wunder ist, nachdem menschenverachtende Heuchler die Völker im Namen dieser Wahrheit allzu lange belogen haben). Freilich wird so die geistige Orientierungslosigkeit zum Prinzip erhoben, wie in den Vexierbildern von M. C. Escher, die aus gutem Grund so viele der populären Darstellungen der neuen Physik schmücken, die eben in Wahrheit so neu gar nicht ist: Wenn etwa heute eine sogenannte *many world theory* Aufsehen erregt, die auf der Hypothese von einer unendlichen Vielzahl möglicher Welten beruht, so steckt wohl auch hier nur Leibnizisches Denken dahinter. Und es war Platon, der vor 2400 Jahren schon diese Hypothese verwarf, indem er die Erschaffenheit der einen wirklichen Welt erkannte, die so ist, wie sie ist, unbeschadet dessen, dass Gott sie auch anders hätte schaffen können.

Halten wir uns also an Platon, und halten wir uns an Newton, der die Gesetze der wahren oder absoluten Bewegung gelehrt hat, als Grundlage einer wahren und mathematisch streng beweisbaren Lehre von Wirkungen und ihren Ursachen in der wirklichen Welt. Es wird sich zeigen, dass diese Gesetze, wenn man sie von der positivistisch-relativistischen Interpretation befreit, mit der die Schulmechanik sie verdunkelt hat, das Generalthema einer realistischen Bewegungslehre sind, wie sie auch in der modernen Physik zwischen den subjektivistischen Irreführungen durchscheint als der rote Faden der Wahrheit, der wohl doch niemals ganz abreißt; denn, wie Newton gesagt hat: die Wahrheit arbeitet schon auch für sich selbst <sup>65</sup>.

### 1. Die empirischen Newtonischen Gesetze der wahren Bewegung.

Entgegen aller verbreiteten Meinung ist bereits Newtons Erstes Bewegungsgesetz ein *empirisches*, d.h. aus der Erfahrung gewonnenes Gesetz: *Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der geradlinig-gleichförmigen Bewegung, sofern er nicht durch eingedrückte Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird.* Gibt es hierfür auch keine *unmittelbare* Erfahrungsgrundlage, weil eben alle beobachtbaren Körper stets irgendwelchen wirkenden Kräften unterliegen, so können wir doch sehen, dass die Körper

infolge dieser äußeren Kräfte stets *Bewegungsänderungen* erfahren: Bewegungen werden langsamer oder schneller oder ändern ihre Richtung (immer im Vakuum betrachtet). Folglich wird ein Körper, auf den *keine* solchen äußeren Kräfte einwirken, sicherlich entweder ruhen, oder sich geradlinig-gleichförmig bewegen; und er wird diesen Zustand (im Vakuum) beibehalten, solange keine äußeren Kräfte auf ihn wirken. Genau das sagt Newtons Gesetz. Dieses Gesetz ist also eine sichere Frucht der Erfahrung insofern, als es durch gedankliche Analyse aus einer *unmittelbaren* sinnlichen Wahrnehmung gewonnen ist, als ein Prinzip, welches er unmittelbar erfahrbaren Erscheinung der Bewegung notwendig, wenngleich selbst nicht beobachtbar, zugrundeliegt: eine transzendente, auf Erfahrung gegründete, durch Analyse gewonnene *objektive Wahrheit der Bewegungslehre* - wiederum ein *synthetisches Apriori* im Kantischen Sinn.

Man beachte, dass Newton *analytisch* gewinnt, was Kant *synthetisch* nennen und also sozusagen aus dem apriorischen Nichts *konstruieren* müsste (was natürlich nie gelingen kann): die Kantische Terminologie ist *aristotelisch* bestimmt, wie die Terminologie der Schulphilosophie überhaupt; und die Terminologie schlägt auf den Inhalt durch. Tatsächlich steht Kant, als Philosoph der Natur, als Subjektivist und Rationalist, der konsequent auch eine relativistische Bewegungstheorie lehrte, auf der Seite der Aristoteliker, und er war keineswegs der berufene Interpret der Newtonischen Realphilosophie, der er wohl sein wollte und als der er gilt. Tatsächlich kann man z. B. in Kant Schrift über die *Metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft* alle jene Umdeutungen der Lehre Newtons wiederfinden, durch die sich die Schulmechanik als materialistische und relativistische, deterministische Bewegungstheorie so nachteilig vom wahren Newtonianismus unterscheidet.

Zurück zu Newtons Gesetz. Was ist die Ursache dafür, dass Körper bei Abwesenheit äußerer Kräfte ruhen oder sich geradlinig-gleichförmig bewegen und in diesem Zustand verharren? Es ist die *der Materie eingepflanzte Kraft der Trägheit* oder der *Impetus*, wie Newton erklärt: Es ist das eine *innere* und sozusagen *passive* Bewegungsursache; es ist jedoch keine *Eigenschaft* der Materie selbst, wie die Schulmechanik von der "Trägheit" sagt, sondern es ist eine reale Entität eigener Art, die der Materie *eingepflanzt* ist: Diese Kraft ist mit der Materie so notwendig verbunden, wie eine Pflanze mit der Erde verbunden ist, ohne doch mit ihr identisch zu sein.

Schon in der herkömmlichen Theorie der Mechanik ist gelegentlich bemerkt worden, dass die Behauptung, ein Körper verharre in seinem Bewegungszustand, weil er halt "träge" sei, eine höchst unbefriedigende Erklärung darstellt. Man stellt zu Recht die Frage, woher denn der Körper "weiß", was eine geradlinig-gleichförmige Bewegung ist, anders gesagt: welcher Informationsträger den Körper anweist, bei Abwesenheit äußerer Kräfte sich gleichförmig-geradlinig zu bewegen, d.h. gleiche Wege in gleichen Zeiten zu beschreiben. Woher weiß der Körper, was "gleiche" Wege und "gleiche" Zeiten sind? Man löst das Problem durch die Annahme eines sogenannten *Trägheitsfeldes* oder *Führungsfeldes* oder *metrischen Feldes*, welches den Körper begleitet und die metrischen Informationen enthält, die zur geradlinig-gleichförmigen Bewegung erforderlich sind<sup>66</sup>. Nun ist aber "Feld" ein Synonym für "Kraft" im Sinn von "Ursache". Also darf man sich das besagte Trägheitsfeld durchaus als identisch mit der Trägheitskraft vorstellen, von der Newton spricht, oder als *Eigenfeld* eines materiellen Körpers, so wie die elektromagnetische Theorie ein *Eigenfeld des Elektrons* kennt. Und man darf auch folgern, dass dieses Eigenfeld oder eben diese Trägheitskraft den materiellen Körper, dem sie "eingepflanzt" ist, als eine reale Entität einhüllt oder begleitet, die unter bestimmten Voraussetzungen vielleicht auch beobachtbar sein sollte. Erinnern wir uns an Newtons Lehre vom Aufbau der Körper aus elementaren gleichartigen materiellen Teilchen, so muss die Trägheitskraft der Körper eine Trägheitskraft dieser Teilchen sein oder eben ein immaterielles Eigenfeld, das diese Teilchen begleitet. Genau das aber entdeckten die amerikanischen Physiker Davisson und Germer 1927, und sie nannten es die *Materiewelle*.

Newton hat dasselbe schon zweihundertfünfzig Jahre vorher gesehen. Er schreibt in den *Opticks*: "Wirken nicht Körper schon aus einiger Entfernung auf das Licht und beugen dadurch seine Strahlen?... Fangen nicht die Lichtstrahlen, welche auf die Körper fallen und reflektiert oder gebrochen werden, schon vor ihrem Auftreffen an, gebeugt zu werden, und erfolgt nicht die Reflexion, die Brechung und die Beugung durch ein und dieselbe Kraft, die nur unter verschiedenen Umständen sich verschieden äußert? ... Besitzen nicht die kleinen Partikel der Körper gewisse Kräfte [powers, virtues or forces], durch welche sie über einen Abstand hinweg nicht nur auf die Lichtstrahlen einwirken, um sie zu reflektieren, zu brechen und zu beugen, sondern auch gegenseitig aufeinander, wodurch sie einen großen Teil der Naturerscheinungen hervorbringen?"<sup>67</sup>. Was Newton hier in Frageform kleidete, weil er es noch nicht beweiskräftig quantifizieren konnte, das kennen wir heute als unbestreitbaren realen Befund, dank der modernen Experimentalphysik.

Freilich werden theoretische Physiker hier stützen und darauf verweisen, dass doch die Physik die Materiewellen nicht als immaterielle Phänomene eigener Art begreift, sondern als Erscheinungsformen der Materie selbst; die Materie soll in der Lage sein, je nach experimentellen Bedingungen als Welle oder als Teilchen "zu erscheinen". Aber hierbei handelt es sich doch wieder nur um Spekulation und um jene Ideologie, die die Realität immaterieller Entitäten leugnet und die Materie allein als letzten Grund aller Dinge anerkennt und alles aus der Materie erklären will, die sozusagen "alles kann", indem sie sogar über die Eigenschaft oder Fähigkeit verfügt, als Teilchen oder als Welle aufzutreten. Die dahintersteckende Philosophie ist der alte Materialismus; es ist, wie der Streit zwischen Clarke und Leibniz zeigt, die Philosophie des Wissenschaftlers Leibniz; und das Beispiel "Materiewelle" zeigt, wie sehr doch diese Philosophie das Denken der Physiker noch immer bestimmt.

Zurück zu Newtons Bewegungslehre und zu der Trägheitskraft oder dem *Impetus* als einem ihrer wichtigsten Gegenstände, mit dessen Hilfe die *Erzeugung* von Bewegung erklärbar wird, und zwar als Wechselwirkung: diese Kraft, sagt Newton in der Erläuterung zur *Definition* III in den *Principia*, wird nach außen hin wirksam, d.h. sie wird *aktiv*, wenn und solange eine äußere Kraft auf den Körper einwirkt; "tatsächlich übt aber der Körper diese Kraft ausschließlich bei der Veränderung seines (Bewegungs-)Zustands durch eine andere Kraft aus, die von außen auf ihn eingedrückt hat", so heißt es da<sup>68</sup>; und endet die äußere Krafteinwirkung, so wird auch diese Kraft (der *Impetus*) wieder zur bloß inneren Trägheitskraft als einem passiven Prinzip, welches nun dafür sorgt, dass der Körper den aufgrund der Wechselwirkung zwischen von außen eingedrückter und aktivierter innerer Kraft erlangten neuen Bewegungszustand *beibehält*<sup>69</sup>. Bewegungsänderungen gehen also aus einer Wechselwirkung, sagen wir: aus einem Informationsaustausch zwischen immateriellen Prinzipien oder *Kräften* oder *Feldern* hervor, aus einer *Interferenz* von Wellenfeldern, bei der die variablen Feldgrößen *Frequenz* (oder Wellenlänge) und *Amplitude* die Informationen enthalten und übermitteln, die, als Kenngrößen des Eigenfeldes des materiellen Teilchens, *nach* der Wechselwirkung dessen nunmehrigen neuen Bewegungszustand bestimmen. "Welche größere Schwierigkeit besteht denn, sich vorzustellen, wie eine immaterielle Substanz auf Materie wirken könnte, als sich vorzustellen, wie Materie auf Materie wirkt?" , fragt Samuel Clarke rhetorisch in seiner fünften Entgegnung, und er trifft den Nagel auf den Kopf; denn tatsächlich bliebe die Bewegungsänderung und -übertragung ohne Vermittlung immaterieller Prinzipien ein großes Rätsel. Wie sollte man - fügt Clarke hinzu - sich ohne

solche immaterielle Substanzen vorstellen, "dass Lichtstrahlen von einer Oberfläche, die sie nie berühren, gesetzmäßig reflektiert werden?", und er bemerkt: "Hierzu hat Sir Isaac Newton in seinen *Opticks* mehrere klare und augenfällige Experimente angegeben." Und in der Tat, kein Zweifel ist mehr möglich: Newton experimentierte mit dem, was die heutige Physik "Materiewellen" nennt. Die Leibniz-Clarke-Auseinandersetzung bzw. die Newtonische Naturlehre, um die es geht, ist von dramatischer Aktualität. Man muss nur hinter die Worte sehen, so wie der Forscher hinter der grobsinnlichen Oberfläche der Dinge nach der Wahrheit suchen muss.

Was nun die *äußeren* Kräfte oder Kraftfelder angeht, die die *Bewegungsänderungen* der Körper verursachen, so gibt Newtons Zweites Bewegungsgesetz die *quantitative* Beziehung zwischen dem Maß einer solchen Kraft und dem Maß der Bewegungsänderung, welche die Kraft erzeugt, wie folgt an: "Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae", heißt es da<sup>70</sup>, und im ganzen Wortlaut: *Die Bewegungsänderung ist der eingedrückten Kraft proportional, und sie geschieht in der Richtung der geraden Linie, in der jene Kraft eindrückt.*

Die Proportionalität zwischen Ursache und Wirkung, die hier festgestellt ist, ergibt sich wiederum *aus der Erfahrung*: "Angenommen" - schreib Newton, "irgendeine Kraft erzeuge irgendeine Bewegung, so wird die doppelte Kraft die doppelte, die dreifache Kraft die dreifache Bewegung erzeugen, ob sie nun gleichzeitig und auf einmal, oder ob sie schrittweise und nach und nach eingedrückt hat"<sup>71</sup>. *Proportional* aber müssen nach Obigem Ursache und Wirkung, insofern sie gesetzmäßig miteinander verknüpft sind, deshalb sein, weil sie physikalische *Entitäten von verschiedener Art* sind. Immanuel Kant, dessen Formulierungen oft helllichtiger sind, als seine Philosophie im Ganzen war, hat das Prinzip der Kausalität - denn darum geht es hier - in den Satz gefasst: "Alles, was geschieht (anhebt zu sein), setzt etwas anderes voraus, worauf es nach einer Regel folgt."<sup>72</sup> Die Wirkung ist das, was geschieht; das ihr vorausgesetzte "Andere" ist die von ihr verschiedene Ursache, und die "Regel", nach der das eine aus dem anderen hervorgeht, ist die *mathematische Proportion*. Leibniz' Idee, Ursache und Wirkung einander *gleichzusetzen* ("causa aequat effectum"), bedeutete in der Tat die Zerstörung des Kausalgesetzes zugunsten einer deterministischen funktionalen Beziehung zwischen irgendwelchen Variablen "Kraft" und "Massebeschleunigung", die sich in nichts voneinander unterscheiden.

Newtons Drittes Bewegungsgesetz schließlich macht klar, welche Größen im Fall einer Bewegungserzeugung wirklich *gleich* sind und bleiben: "Actioni semper contrariam et aequalem esse reactionem", heißt es im wesentlichen, d.h. *die Rückwirkung ist der Einwirkung immer entgegengesetzt und gleich*. Das ist das Gesetz, demzufolge in einem geschlossenen System (bei Abwesenheit sonstiger Kräfte) Kräfte und Bewegungen quantitativ erhalten bleiben, so dass z. B. beim Zusammenstoß zweier Körper im Vakuum die Bewegungen "Masse mal Geschwindigkeit" vor und nach dem Stoß in der Summe einander gleich sind. Dann aber müssen natürlich auch die *Kräfte* oder *Aktionen*, die die entgegengesetzt gleichen Bewegungen erzeugt haben, einander gleich sein, wie das Gesetz es beschreibt. Man nennt das in der Physik den Satz von der Impulserhaltung, wobei Impuls nur ein anderes Wort ist für das, was Newton *Bewegung* nennt und durch das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit des bewegten Körpers misst.

Betonen wir nochmals, dass auch dieses Newtonische Gesetz von der Bewegung *im Vakuum* handelt, und dass Leibniz, der das Vakuum leugnete, eine solche Bewegungslehre weder nachvollziehen konnte noch wollte, wie die Debatte zeigt. Leibniz' Haltung entspricht ganz derjenigen des Cartesianers Roberval, der in einem Briefwechsel mit Evangelista Torricelli nicht einsehen wollte, welchen praktischen Sinn Galileis Fallgesetz haben sollte, da es ja doch ein Vakuum voraussetzt, das in der Natur nicht existiert. Offensichtlich hatte jener Roberval nicht verstanden, dass die eigentliche Leistung Galileis eben darin zu sehen ist, dass der die *transzendente Realität* der Fallbewegung im Vakuum erkannte, von der ausgehend erst alle weiteren Bewegungsphänomene einschließlich des Fallens von Körpern im luftgefüllten Raum verstanden werden können. Man muss wohl annehmen, dass diese Einsicht auch den Cartesianer Leibniz verschlossen blieb.

## 2. Raum und Zeit als metrisches Bezugssystem der absoluten Bewegung.

Die Rede ist im Folgenden von der geradlinig-gleichförmigen Bewegung. Entsteht diese aus Kräften, die von außen bewegungsändernd auf einen Körper einwirken und die zu den erzeugten Bewegungsänderungen proportional sind (Newtons Zweites Gesetz), so muss auch die Trägheitskraft, welche eine so erzeugte Bewegung *aufrecht erhält*, also Newtons *materiae vis insita* oder der *Impetus* der geradlinig-gleichförmigen Bewegung dieser Bewegung proportional sein. Somit erhält man eine quantitative Fassung des Ersten Newtonischen

Gesetzes oder ein *Kausalgesetz der Trägheitsbewegung*: Die Bewegung oder der *Impuls* eines Körpers ist proportional derjenigen Trägheitskraft oder dem *Impetus*, welcher den Körper in dieser Bewegung erhält. Man kann hier ermessen, welche Verwirrung daraus entstehen musste, dass viele Übersetzer der Schriften von Galilei und Newton den *terminus technicus* "Impetus" mit dem Wort "Impuls" übersetzten (schon Andrew Motte, der als erster - und nicht autorisiert - 1729 eine englische Übersetzung der *Principia* veröffentlichte, tat diesen falschen Schritt, der in englischen *Principia*-Übersetzungen noch heute zu finden ist<sup>73</sup>). Sie sind mit dafür verantwortlich, dass Newtons zweigliedrige kausale, Ursache (Impetus) und Wirkung (Impuls) verknüpfende Bewegungslehre in der analytischen Mechanik auf eine eingliedrige deterministische Lehre vom Impuls und seiner Änderungsrate reduziert und doch weiterhin Newton zugeschrieben wurde. Hier liegt der Grund, weshalb der Schulmechanik ein Kausalgesetz der gleichförmig-geradlinigen Bewegung fehlt.

Offenbar ist nun dieses Newtonische Kausalgesetz der Bewegung ein Gesetz der *absoluten* oder *realen* Bewegung "an sich" von Körpern. Es ist nicht relativ, d.h. mit Bezug auf irgendwelche anderen Körper definiert, sondern mit Bezug auf Raum und Zeit, insofern das, was "gleichförmig-geradlinig" ist, nur in Bezug auf die Zeit (gleichförmig) und den Raum (geradlinig) zu bestimmen ist, die dabei als absolut existierend und euklidisch strukturiert zugrundegelegt werden. Das heißt aber, dass dieser Raum, diese Zeit und diese Metrik in die quantitative Formulierung des Bewegungsgesetzes Eingang finden müssen. Wenn nämlich die Bewegung aus einer wirkenden Ursache "Kraft" in der Zeit hervorgeht, so muss das Maß dieser Ursache und dieser Wirkung in einer regelmäßigen Beziehung zur Zeit stehen; und ebenso muss dieses Maß in einer regelmäßigen Beziehung zu dem Raum stehen, den der Körper in dieser Zeit durchmisst. Tatsächlich kommt die *Metrik des raumzeitlichen Bezugssystems der absoluten Bewegung* darin zum Ausdruck, dass Newtonisch "Kraft" und "Bewegung" sich zueinander so verhalten, wie die Elemente des Raumes (d.i. des Weges) und der Zeit sich zueinander verhalten. Der Quotient aus Wegelement (Dimension "Länge" L) und Zeitelement (Dimension "Zeit" T) bildet den Proportionalitätsfaktor zwischen Kraft und Bewegung, zwischen Ursache und Wirkung. Ich habe ihn die "Newtonische Konstante" genannt.

Verknüpft durch die Elemente von Raum und Zeit als das platonische einigende Band der Proportion stehen nun Kraft und Bewegung, Impetus und Impuls, bewegungsändernde Kraft (*vis impressa*) und Bewegungsänderung in *der* Beziehung zueinander, in der die Seite eines

Quadrats zur Diagonale steht: sie sind zueinander proportional, ihr Verhältnis ist eine Konstante, welche im Fall des Quadrats die Wurzel aus 2 ist. Das kausale, das schöpferische Verhältnis zwischen Ursache und Wirkung ist ein *irrationales* im selben Sinn, wie die Quadratwurzel aus 2 irrational ist; die Schöpfung bewahrt ihr tiefstes Geheimnis.

Da der Proportionalitätsfaktor zwischen Ursache und Wirkung, wie gezeigt worden ist, als Quotient aus Raumelement L und Zeitelement T gebildet wird, so kann man sagen: *Wirkungen verhalten sich zu ihren schöpferischen Ursachen so, wie Raum und Zeit sich zueinander verhalten.* Da das Quadrat diesen Zusammenhang symbolisiert, so hat es gewiss seine eigene Bedeutung, wenn aus den Bildwerken alter Meister zuweilen "das Auge Gottes" den Betrachter durch ein auf der Diagonale stehendes halbes Quadrat hindurch anblickt. Dieses halbe Quadrat umschließt metaphorisch das irrationale Grundgesetz der Schöpfung, das der bloß arithmetisch rechnenden Vernunft nicht zugänglich ist. Als ein Teil jener *prisca sapientia*, jener uralten Weisheit, welche der Sage nach Hermes Trismegistos den Menschen geschenkt hat, war es den größten Geistern wohl zu allen Zeiten bekannt. Newton gehört zu ihnen. Und wie seine Vorgänger, so verbarg auch er das Geheimnis eher, als dass er es enthüllte, in dem Satz "mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae". Der englische Gelehrte John Maynard Keynes, der als Nationalökonom berühmt wurde und der gewiss kein Schwärmer war, schrieb 1946 nach der Durchsicht unbekannter Schriften aus Newtons Nachlass: "Newton war nicht der Herold des Zeitalters der Vernunft [d.i. der Aufklärung]. Er war der Letzte der Magier; der Letzte der Babylonier und Sumerer, der letzte große Geist, der die sichtbare und die geistige Welt mit den Augen jener betrachtete, die vor etwas weniger als zehntausend Jahren den Grund unseres geistigen Erbes legten."<sup>75</sup>

Noch einmal: Wirkungen verhalten sich zu ihren Ursachen so, wie Raum und Zeit sich zueinander verhalten. Bewegung entsteht und erhält sich aus schöpferischen Kräften der Natur in Raum und Zeit. Newton, der Magier, wusste es. Leibniz, der Rationalist, wusste es nicht, da er den Raum und die Zeit leugnete und ebenso die wahren Wirkkräfte der Natur, die wahre Bewegung und die eigene Bedeutung der Proportion. Es wundert einen nicht, wenn Leibniz jene verwirrte Frage zugeschrieben wird (die eigentlich Schellings Grundfrage war), *warum überhaupt etwas ist und nicht vielmehr nichts.* Tatsächlich ist ja das objektive So-und-nicht-anders-Sein von irgend etwas das ständige Problem des Rationalismus, weil diese Denkweise, die von einer objektiven Wahrheit, d.h. von einer dem Denken vorgegebenen objektiven Realität nichts wissen will, konsequent nur die Realität des absoluten Nichts

denken kann. Erst auf dieser Grundlage (wenn es denn eine wäre) erhöhe sich der Mensch dazu, in totaler geistiger Freiheit ohne irgendwelche *ontological commitments* zu denken, was ihm beliebt, um dann auch tun zu können, was ihm beliebt: *homo mensura*, der Mensch als Maß aller Dinge. Ernst Mach der Subjektivist brachte die Sache entschieden auf den Punkt, als er, in der Auseinandersetzung mit Max Planck um die Realität der Atome, erklärte: "Wenn der Glaube an die Realität der Atome für euch so wesentlich ist, so sage ich mich von der physikalischen Denkweise los, so will ich kein richtiger Physiker sein, so verzichte ich auf jede wissenschaftliche Wertschätzung, kurz, so danke ich schönstens für die Gemeinschaft der Gläubigen. Denn die Denkfreiheit ist mir lieber." <sup>76</sup>

### 3. Elektromagnetismus und Relativitätsprinzip der Bewegung.

Michael Faraday (1791-1867) war ein englischer Experimentalphysiker, der im besten Newtonischen Sinn empirische Forschung betrieb, indem er ohne vorausgesetzte Hypothesen aus den Erscheinungen des Elektromagnetismus auf die zugrundeliegenden wahren schöpferischen Kräfte der Natur zu schließen suchte. Die relativistische analytische Mechanik der Franzosen und Deutschen war ihm mehr suspekt als vertraut, und die Vorstellung einer unvermittelten *Fernwirkung* von Kräften, wie sie dem Laplaceschen Konzept der Gravitation zugrunde liegt, lehnte er ebenso wie Newton ab. So konnte Faraday zum Begründer der elektromagnetischen *Feldtheorie* werden, d.h. der Lehre, dass elektrische und magnetische Kräfte im wirklichen Raum als Felder ausgebreitet existieren, und er legte den Feldern messbare Größen oder *Potentiale* zu, die die Rolle *lokaler* immaterieller Bewegungsursachen übernahmen, so dass in Faradays Feldkonzeption dasselbe Prinzip zugrunde liegt, das auch die ursprüngliche unverfälschte Newtonische Gravitationstheorie bestimmt; man spricht hier vom Prinzip der *Nahewirkung*.

Da Michael Faraday ein im besten Sinn gläubiger Mann war (wie auch Newton es gewesen war) und kein Dogmatiker, so hegte er keine ideologischen Bedenken, immaterielle Entitäten als objektive transzendente Realitäten und als Gegenstände der Naturwissenschaft anzuerkennen. Also begriff Faraday Kräfte wieder als Wirkursachen und als reale Gegebenheiten der Natur, und er legte damit den Grund für die Wiederkehr des wahren Newtonischen Kausalgesetzes von der Verknüpfung von Ursachen und Wirkungen, das der analytischen Mechanik verloren gegangen war. Folgerichtig trat in der exakten mathema-

tischen Formulierung der elektromagnetischen Gesetze, die James Clerk Maxwell (1831-1879) gelang, das Gesetz der Proportionalität zwischen der bewegungerzeugenden Kraft oder - wie man jetzt sagte - der *Energie* des elektromagnetischen Feldes, und der Bewegungsgröße oder dem *Impuls*, den diese Energie materiellen Körper mitteilt, wieder in Erscheinung. Dabei wurde der Proportionalitätsfaktor, der natürlich nichts anderes sein konnte als die oben entwickelte *Newtonische Konstante* und folglich auch deren Maß *Raumelement L durch Zeitelement T*" aufweist, als *Vakuumllichtgeschwindigkeit* interpretiert: in der Tat ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Vakuum mit der in der Faraday-Maxwellschen Theorie auftauchenden Proportionalitätskonstante zwischen Energie und Impuls *identisch*. Das Licht durchmisst den leeren Raum und die Zeit in der Weise, dass seine konstante Ausbreitungsgeschwindigkeit zwangsläufig die Maßverhältnisse oder die Metrik des raumzeitlichen Rahmens, in dem es sich ausbreitet, widerspiegelt. Folglich liefert die experimentell bestätigte Tatsache der konstanten Vakuumllichtgeschwindigkeit einen weiteren Beweis für die Realität des Raumes und der Zeit und der wirklichen raumzeitlichen Welt, in der wir leben - eine experimentelle Widerlegung des Leibnizschen Rationalismus.

Es ist übrigens merkwürdig, dass etwa zur selben Zeit, als die englischen Naturforscher diese offensichtlich absoluten, in einer realen Welt von bestimmter raumzeitlicher Metrik geltenden Gesetzmäßigkeiten des Elektromagnetismus einschließlich des Lichts formulierten, in Frankreich und Deutschland die Auffassung von der bloßen Relativität aller Bewegung zu neuer Blüte kam. Ernst Mach veröffentlichte 1883 sein Buch über die Mechanik als eine relativistische Kampfschrift gegen die Newtonische Lehre von Raum, Zeit, Kraft und Bewegung. Er schrieb: "Die Ansicht, dass die *absolute Bewegung* ein sinnloser, inhaltsleerer, wissenschaftlich nicht verwendbarer Begriff sei, ... wird heute von vielen und namhaften Forschern vertreten. ... Die Zahl der Relativisten ist in rascher Zunahme begriffen ... Wahrscheinlich wird es bald keinen bedeutenden Vertreter der Gegenansicht mehr geben."<sup>77</sup> Aus einer vorgeblich empirischen Grundhaltung, die in Wahrheit eine Ideologie des extremen sensualistischen Positivismus war, wiederholte Mach die Leibnizschen Argumente gegen die transzendenten Gegenstände Raum und Zeit, die er wissenschaftlich unbrauchbare "Begriffsungetüme" nannte, ohne freilich seine Verbindung zum Leibnizschen Rationalismus selbst zu erkennen. "In der Natur gibt es keine Ursache und keine Wirkung", schrieb Mach<sup>78</sup>, und er formulierte damit exakt jene Idee, die Leibniz lange vorher in den Satz *causa aequat effectum* gefasst hatte. Tatsächlich entspricht die Leibnizsche analytische Bewegungslehre vollkommen der Machschen Vorstellung, dass in der Mechanik nicht *kausale* (ontologische) Beziehungen

untersucht werden sollten, die er der Metaphysik zurechnete und deshalb für die Mechanik verwarf, sondern nur logisch-mathematische *funktionale* Relationen.

Was das Relativitätsprinzip der Bewegung betrifft, so meinte Mach, der beobachtende Mensch wisse "bloß von *relativen* Räumen und Bewegungen", und er behauptete: "Relativ sind die Bewegungen im Weltsystem ... dieselben nach der ptolemäischen und nach der copernicanischen Auffassung. Beide Auffassungen sind auch *gleich richtig*, nur ist die letztere einfacher und auch *praktischer*." <sup>79</sup>

Dies sollte den Leser schon überraschen, der zu wissen glaubt, Copernicus habe die Lehre des Ptolemäus *widerlegt*. Es ist eben viel zu wenig bekannt, dass diese Machsche Auffassung, der auch Ernst Cassirer folgte, die Überzeugung der heutigen theoretischen Physiker wiedergibt<sup>80</sup>, für die also jene Copernicanische Wende vom geo- und anthropozentrischen aristotelischen Weltbild zur realistischen Philosophie, mit der man gemeinhin die Neuzeit beginnen lässt, und die z. B. Goethe für eine Entdeckung "wichtiger als die ganze Bibel" hielt, gar nicht stattgefunden hat. Tatsächlich entspricht Machs Überlegung ganz jenem Vorwort des Andreas Osiander zu Copernicus' Buch von 1543, in dem die heliozentrische Auffassung in scholastischer Manier als eine Hypothese unter anderen bezeichnet und so der Wahrheitsanspruch, den Copernicus für seine Lehre erhoben hatte, konterkariert wurde. Ganz ebenso hatte der Kardinal Bellarmino aus Montepulciano 1616 dem Galilei, um ihn vor der Verfolgung durch die Inquisition zu schützen, nahegelegt, die Lehre von der Bewegung der Erde um die Sonne nicht als objektive Wahrheit, sondern als Hypothese zu verbreiten. Der Scholastik fehlte der Sinn für den Antrieb, der Copernicus und Kepler, Galilei und Newton bewegte, nämlich die Suche nach einer nicht nur logischen, sondern *ontologischen* Wahrheit, nach einer objektiven Realität hinter den Erscheinungen, die das eigentliche Wesen d Dinge ausmacht und deren Erkenntnis zugleich Gotteserkenntnis ist (womit die *nuova scienza* das Wahrheitsmonopol der Kirche angriff), welche das eigentliche Ziel des menschlichen Erkenntnisstrebens überhaupt ausmacht - nämlich die Erkenntnis des Gottes, der für uns, wie Platon gegen Protagoras sagte, "im höchsten Grade der Maßstab aller geltenden Werte ist" <sup>81</sup>, d.h. die Wahrheit selbst.

Halten wir hier fest, dass die Behauptung der Relativisten, man könne "dieselben Bewegungen nach Belieben geozentrisch oder heliozentrisch beschreiben" (von Weizsäcker, siehe Anm. 80), schlicht und einfach falsch ist, weil die *Bewegung* "Masse mal

Geschwindigkeit" *der Erde* unter gar keinen Umständen gegen die Bewegung "Masse mal Geschwindigkeit" *der Sonne* ausgetauscht werden kann; das relativistische Argument ist nur schlüssig, wenn man von der Realität, dass die Masse der Sonne ungleich größer ist als die der Erde, kurzerhand absieht. Man befasst sich dann eben nicht mehr mit der physikalischen Wirklichkeit, sondern mit einem unrealistischen gedanklichen Konstrukt: genau das ist aber diejenige relativistische *Kinematik* als eine Lehre von den gegenseitigen Lageveränderungen von Punkten gleicher Massen oder *Massepunkten* ("Punktmechanik"), bei der die quantitative Verschiedenheit der Massen realer Körper und damit deren wirkliche *Bewegungsgrößen* "Masse mal Geschwindigkeit" willkürlich außer Betracht bleiben. Betrachtet werden hier nur *Geschwindigkeiten*, und darin erweist sich abermals der positivistische Geist dieser Wissenschaft, die an den unmittelbar beobachtbaren Dingen haftet: denn *beobachtbar* sind in der Tat nur *die Geschwindigkeiten*, nicht aber die *Bewegungen* "Masse mal Geschwindigkeit" von Körpern. Die "Masse" der Körper ist wohl z.B. durch Wägung messbar, aber sie entzieht sich der *unmittelbaren Beobachtung*: Die Bewegung einer rollenden Kugel mit einer bestimmten Geschwindigkeit *erscheint* uns der Bewegung einer anderen gleichgroßen Kugel mit derselben Geschwindigkeit *gleich*, auch wenn die eine Kugel aus Holz ist und die andere aus Stahl. Die "Masse" der Körper ist eben transzendent, und deshalb ist auch ihre wahre Bewegung, die durch das Produkt Masse mal Geschwindigkeit zu messen ist, transzendent: und aus eben diesem Grund wird eine Theorie, die positivistisch denkt und das Transzendente leugnet, dazu neigen, die Bewegungslehre auf eine Punktmechanik zu reduzieren, bei der nur relative Geschwindigkeiten, aber keine Bewegungen wirklicher Massen betrachtet werden. Das ist die kinematische Bewegungstheorie der Schulmechanik aus Leibnizischem Geist.

Vor diesem Hintergrund verwundert es nicht, dass Ernst Machs Kampfschrift für Subjektivismus und Relativismus von 1883 noch bis weit in das 20. Jahrhundert hinein hoch geschätzt wurde. Machs Lehre beeinflusste Schriftsteller wie Hugo von Hoffmannsthal und Robert Musil, der über ihn promovierte. Vor allem aber wurde Mach eine Art geistiger Ziehvater einer ganzen Generation deutscher Physiker, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wirkten und zu denen auch die Begründer der modernen Physik größtenteils zu zählen sind. Noch heute sind die Subjektivisten unter den Physikern weit in der Überzahl. Insider geben das Verhältnis von Subjektivisten zu Realisten mit 9 zu 1 an<sup>82</sup>, und das gilt im Westen wie im Osten, obwohl doch Lenin schon 1909 den Machschen Subjektivismus, den er richtig als Spielart des deutschen Idealismus erkannte, endgültig widerlegt und damit auf philosophischem Feld dasselbe geleistet hat wie der Physiker Max Planck, der Machs

subjektivistischer Erkenntnistheorie entgegentrat. Wenn die Kontrahenten nicht ahnten, dass sie tatsächlich jene Auseinandersetzung wiederholten, die Clarke und Leibniz zweihundert Jahre davor austrugen, so liegt das wohl weniger an ihnen selbst, als an der Schulphilosophie, die den Realismus spätestens seit Kant abgeschrieben hat, und an der Wissenschaft, die sich für ihre philosophischen Grundlagen und für deren Geschichte und Herkunft kaum interessiert. Die Auseinandersetzung zwischen Leibniz und Clarke stellt hierfür eine wahre Fundgrube dar. Sie zeigt, welches die geistigen Grundlagen der Physik, auch der modernen Physik, sind und was sie taugen. Sie zeigt vor allem, was von dem Relativitätsprinzip der Bewegung zu halten ist, auf das Albert Einstein eine neue Bewegungslehre gründete.

#### 4. Wie relativistisch ist die Relativitätstheorie?

Die Theoretiker der Physik in Frankreich und in Deutschland, den Stamm- und Erbländern des Cartesisch-Leibnizischen Rationalismus, haben sich gegen Ende des 19. Jahrhunderts eingehend mit dem Relativitätsprinzip der Bewegung auseinandergesetzt. Bezeichnenderweise waren es zunächst reine Mathematiker, wie der zu jener Zeit als der größte lebende Mathematiker anerkannte Jules-Henri Poincaré (1854-1912) in Frankreich und Ludwig Lange in Deutschland. Dieser hatte seit 1885 unter dem Einfluss Ernst Machs eine mathematische Methode der Koordinatentransformation, d.h. der Veränderung der Orts- und Zeitkoordinaten bewegter Punkte im cartesischen Koordinatensystem entwickelt, die formal zeigte, dass die Bewegungslehre der Schulmechanik sich nur mit relativen gegenseitigen Lageveränderungen von punktförmig angenommenen Körpern gleicher Masse ("Massenpunkte") befasst, so dass eine etwaige geradlinig-gleichförmige Bewegung des einen oder des anderen Körpers den Formalismus nicht beeinflusst, was heißt, dass sie in dieser Theorie gar keine Rolle spielt. Die Schulmechanik beruht eben auf einer relativistischen Kinematik unter Absehung von den wahren, verschieden großen Massen wirklicher Körper und damit auf einer rein mathematischen Hypothese, die gar keinen Bezug zur Realität bewegter Körper hat. Die "Beschleunigung" oder *Geschwindigkeitsänderungsrate*, die im Mittelpunkt dieser Schulmechanik steht, repräsentiert ein Maß, welches davon, ob ein Körper, der diese Beschleunigung erfährt, zunächst ruhte, oder ob und ggf. mit welcher Geschwindigkeit er sich bei Einsetzen der Beschleunigung geradlinig-gleichförmig bewegte, ganz unabhängig ist. Man kann also jedes Beschleunigungsmaß beliebig jeder beliebigen geradlinig-gleichförmigen Bewegung (oder auch dem Ruhezustand eines Körpers) zuordnen, und man kann beliebig einen Körper

als ruhend, den andern als mit dieser oder jener Geschwindigkeit gleichförmig-geradlinig bewegt annehmen, ohne dass das Einfluss auf den Formalismus der Schulmechanik hätte; und genau diese willkürliche Variationsmöglichkeit wird in der Langeschen Methode der Koordinatentransformation dargestellt. Physiker, die diesen Formalismus irrtümlich für ein Abbild der Realität hielten, zogen nun den Schluss, dass in der Tat gleichförmig-geradlinige Bewegungen als solche physikalisch irrelevant, unbeobachtbar und also gar kein möglicher Gegenstand der Physik wären (wohinter wieder da positivistische Denken hervorscheint); und ein Experiment, welches der amerikanische Physiker A. A. Michelson in den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts durchführte ("Michelson-Versuch"), schien ihnen Recht zu geben: Das Experiment zeigte nämlich, dass die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts von der Bewegung der Lichtquelle nicht beeinflusst wird, so dass man annahm, die (als geradlinig-gleichförmig unterstellte) Bewegung der Lichtquelle sei für das Experiment und überhaupt physikalisch ohne jede Bedeutung. Man erinnerte sich nun an die alte Galilei-Newtonische Lehre, dass die Relativbewegungen mehrerer Körper, die gemeinsam ein und dieselbe geradlinig-gleichförmige Bewegung ausführen (z. B. Gegenstände auf einem Schiff), von dieser gemeinsamen Bewegung unbeeinflusst bleiben, als ob sie nicht existierte, und der Physiker Philipp Frank gab deshalb der Langeschen relativistischen Methode der Koordinatentransformation den Namen "Galilei-Transformation"<sup>83</sup>. Hierbei wurde implizit (und später auch explizit) behauptet, dass eben schon Galilei das Relativitätsprinzip der Bewegung vertreten habe, womit Galilei, wie wir schon gesehen haben, Unrecht getan wurde. Denn die geradlinig-gleichförmige gemeinsame Bewegung mehrerer Körper auf einem Schiff ist, auch wenn relativ zwischen diesen Körpern nicht beobachtbar, doch vorhanden, und gerade hierauf stützte Galilei seine Lehre von der Bewegung der Erde um die Sonne, deren Argumente Clarke gegenüber dem Relativisten Leibniz wiederholt. Man sollte also das von Ludwig Lange entwickelte Kernstück der relativistischen Bewegungslehre nicht mit Galileis Namen verbinden, sondern vielleicht "Lange-Transformation" oder "Langesche Methode der Koordinatentransformation" nennen. Übrigens wird die Hypothese von der Irrelevanz der gleichförmig-geradlinigen Bewegung auch durch das Michelson-Experiment in Wahrheit gar nicht bestätigt. Denn wie bei der analogen Schallausbreitung beeinflusst die Bewegung der Quelle zwar nicht die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle, wohl aber deren Frequenz. Was für das Beispiel des Schalls jedem bekannt ist (der Pfeifton der herannahenden Lokomotive erhöht sich), ist auch für das Licht experimentell erwiesen (optischer Dopplereffekt; Pound-Rebka-Experiment).

Die Langesche Methode also, wenn man sie auf die Gesetze der Faraday-Maxwellschen Theorie des Elektromagnetismus anwendete, zeigte nun, dass diese Gesetze sich ganz anders verhielten als die der Schulmechanik: sie veränderten sich mit der Koordinatentransformation. Sie waren, wie man sagt, nicht "invariant gegenüber der Koordinatentransformation". Also suchten die Physiko-Mathematiker, an erster Stelle der Niederländer H. A. Lorentz, nach einem Transformationsformalismus, welcher die Maxwellschen Gesetze unverändert lassen sollte, und er fand ihn auch; man nennt die Methode (diesmal berechtigt) nach ihrem wirklichen Erfinder die "Lorentz-Transformation".

Damit trat aber ein neues Problem auf. Wenn nämlich die Lorentz-Transformation ganz allgemein derjenige Formalismus sein sollte, mit dem die physikalischen Gesetze koordinateninvariant, d.h. also unabhängig von einer Koordinatentransformation darzustellen waren, so sollten wohl auch die Gesetze der Schulmechanik "lorentz-invariant" (wie man nun sagte) sein - was sie nicht waren. Sie gehorchten ja der Lange-Transformation.

Albert Einstein löste das Problem. Er setzte voraus, dass die Lorentz-Transformation die einzig richtige sei, so dass die Aufgabe nur darin bestand, nunmehr die Bewegungsgleichungen der Schulmechanik so abzuändern, dass sie gegenüber der Lorentz-Transformation ebenso invariant waren wie die Maxwellsche Theorie des Elektromagnetismus. Mit Hilfe geschickter Mathematiker gelang es Einstein tatsächlich, die mechanischen Größen "Energie" und "Impuls" (Bewegungsgröße) in mathematische Formen zu bringen, die unter der Lorentzschen Koordinatentransformation unverändert bleiben. Diese Formeln sind der wesentliche Inhalt der Einsteinschen *Speziellen Relativitätstheorie*. Man beachte, dass die Entwicklung dieser Formeln ausschließlich aufgrund vorausgesetzter Hypothesen über die Relativität der Bewegung überhaupt, über die daraus folgende Notwendigkeit, Bewegungsgesetze "koordinateninvariant" zu formulieren, und über die Richtigkeit der von der Maxwellschen Theorie erzwungenen Lorentz-Transformation beruhte, die ihrerseits eben diese Formeln der Bewegungslehre erzwang. Es handelt sich offensichtlich um eine hypothetisch-deduktive Methode nach scholastischer Manier und um das ganze Gegenteil empirischer Naturforschung im Sinne Newtons.

Die empirische Forschung Faradays und deren mathematische Formulierung durch Maxwell hatte in Wahrheit ein Bewegungsgesetz hervorgebracht, das ein Gesetz der *absoluten*, wirklichen Bewegung im realen, im wirklichen Raum existierenden Feld war, und zwar ein

*kausales* Gesetz, welches dem Umstand Rechnung trägt, dass Bewegungsänderungen aus wirklichen lokalen Ursachen nicht instantan, sondern *in Raum und Zeit* hervorgehen; die Vakuumlichtgeschwindigkeit (als Quotient aus Raum und Zeit), die die Metrik dieses raumzeitlichen Bezugssystems der Bewegung abbildet, erscheint innerhalb des elektromagnetischen Formalismus als Impulsänderungsgeschwindigkeit, d.h. als diejenige Geschwindigkeit, mit der Impulsänderungen (die in der Schulmechanik als instantan erscheinen) als Wirkungen aus ihren wahren erzeugenden Ursachen im leeren Raum hervorgehen, oder eben als "Höchstgeschwindigkeit für die Ausbreitung einer Ursache-Wirkung-Kette", wie die Theoretiker durchaus wissen<sup>84</sup>. Das elementare Bewegungsgesetz des Elektromagnetismus ist die (von Poynting und Thomson aus Maxwells Formalismus hergeleitete) Formel "Energie zu Impuls = konstant" oder  $E/p = c$ , wobei  $c$ , die Vakuumlichtgeschwindigkeit, als Konstante die Proportionalität der Bewegungsgröße oder des *Impulses*  $p$  zur Energie  $E$ , die hier als impulsproportionale *Ursache* fungiert, sicherstellt. Die Formel stimmt, wie man sieht, mit dem oben entwickelten Newtonischen Kausalgesetz der geradlinig-gleichförmigen Bewegung genau überein.

Unterwirft man nun eine solche Gleichung einem Koordinaten-Transformationsformalismus, der das formale Erscheinungsbild der Gleichung unberührt lässt, so dass dieses absolute kausale Bewegungsgesetz auch nach der Transformation ein absolutes kausales Bewegungsgesetz bleibt, so muss der Transformationsformalismus selbst ebenfalls ein sozusagen "absoluter" sein; dass dies in der Tat so ist, zeigt sich daran, dass diese *Lorentz-Transformation* anders als die Langesche Methode, in der jeweils nur die Ortskoordinate transformiert wird, auch die Zeitkoordinate erfasst, so dass die Durchführung der Transformation nicht mehr bedeutet als die Übertragung einer Bewegung an einen anderen Ort *in die entsprechende andere Zeit*, ohne dass dabei die innere Metrik des absoluten raumzeitlichen Bezugssystems verändert wird; das Bezugssystem bleibt ein absolutes. Wenn man aber nun die relativistischen Bewegungsgesetze *der Schulmechanik* formal - wie es Einstein tat - so formuliert, dass sie unter *derselben* Lorentz-Transformation *unverändert* bleiben, so bringt man sie damit tatsächlich in eine *absolute* Form; und genau das ist es, was die Einsteinschen Formeln vorstellen.

Das eigentliche Problem der Bewegungslehre bestand schon für Newton darin, wie man absolute oder wirkliche von scheinbaren oder relativen Bewegungen unterscheiden kann. Leibniz leugnete eine solche Unterscheidungsmöglichkeit und meinte, man könne nur von

relativen Lageveränderungen von Körpern zueinander sprechen, so dass dort, wo eine solche nicht zu beobachten ist, auch keine Bewegung stattfindet (fünfter Brief, zu 13). Wäre das richtig, so müsste allerdings z. B. ein geostationärer Satellit, da er seine Lage relativ zur Erde nicht verändert, mangels wirklicher Eigenbewegung sofort abstürzen. Da er das nicht tut, weil er, wie wir wissen, sehr wohl eine - freilich nicht unmittelbar beobachtbare und also transzendente - Eigenbewegung vollführt, die ihn auf seiner zur Erdumdrehung synchronen Umlaufbahn hält, so ist das Relativitätsprinzip der Bewegung einmal mehr widerlegt. Das Problem aber, wie wirkliche Bewegungen, wenn es sie denn also doch geben soll, von scheinbaren zu unterscheiden sind, hat Einstein mit seinen Bewegungsgleichungen ebenso und genauso gelöst wie Newton: der Unterschied liegt nur darin, dass Einsteins Formeln auch Relativgeschwindigkeiten berücksichtigen und auf diese Weise beschreiben, wie z.B. das Bewegungsgesetz eines Körpers für einen Beobachter erscheint, der sich seinerseits relativ zu dem absoluten raumzeitlichen Bezugssystem bewegt. Setzt man nun aber diese Relativgeschwindigkeit gleich Null, so dass der Beobachter mit dem Bezugssystem ruht und die Formel demgemäß die Bewegungsgleichung so wiedergibt, wie sie, bezogen auf das wirkliche ruhende raumzeitliche System aussieht, so reduziert sich der Einsteinsche Formalismus auf eine Gleichung, die in ihrem physikalischen Gehalt exakt dem absoluten elektrodynamischen Bewegungsgesetz  $E/p = c$  und damit auch den Newtonischen Elementargesetz der Proportionalität von "Bewegung"  $p$  und "bewegender Ursache"  $E$  entspricht; der Proportionalitätsfaktor  $c$  ist die *Newtonische Konstante*, die die Metrik des zugrundeliegenden raumzeitlichen Bezugssystems der absoluten Bewegung explizit macht. Dasselbe formale Resultat stellt sich ein, wenn man, wie es in der Einsteinschen Theorie auch geschieht, Energie  $E$  und Impuls (Bewegungsgröße)  $p$  zueinander in Relation setzt. Dann kürzen sich nämlich alle sozusagen "relativistischen" Zutaten aus dem Formalismus heraus und zurück bleibt eine *absolute* kausale Energie-Impuls-Relation; hier wird wohl der tiefere Grund dafür liegen, dass Einsteins Theorie, wie die Relativisten betonen, sich praktisch so hervorragend bewährt. In der Tat ergibt ja die Proportionalität von Energie  $E$  und Impuls  $p$  mit dem Proportionalitätsfaktor  $c$  dann, wenn man z. B. der elektromagnetischen Strahlung, die die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  hat, den Impuls  $mc$  zumisst, die Gleichung  $E/mc = c$  oder  $E = mc^2$ , die jeder kennt. Für *materielle Körper* d Masse  $m$ , deren Geschwindigkeit nicht konstant  $c$ , sondern variabel  $v$  ist, wird die äquivalente Formel durch den Ausdruck  $E = (mv)c$  gegeben sein, also wiederum die "Energie"  $E$  (als Bewegungsursache) durch das Produkt aus Impuls und Proportionalitätsfaktor  $c$  zu messen sein; das kann man schon in Max Borns Lehrbuch zur Relativitätstheorie<sup>85</sup> finden. Und in diesem Formalismus bleibt dann auch die Masse  $m$  (die

Anzahl materieller Teilchen in einem Körper) geschwindigkeitsunabhängig, wie es bei dieser *Newtonischen* Massedefinition gar nicht anders sein kann; auch das wissen die Experten<sup>86</sup>.

Wie relativistisch ist also die Spezielle Relativitätstheorie? Die Antwort heißt: Sie verbirgt hinter einem scheinbar relativistischen Erscheinungsbild des absolute Gesetz von der Proportionalität d Bewegungen zu ihren erzeugenden Ursachen. Wenn dieser einfache Sachverhalt bisher nicht erkannt worden ist, so wird der Grund darin zu finden sein, dass die Experten im Geist der Leibnizschen Mechanik arbeiten und also gar nicht auf den Gedanken kamen, die Gesetze des Elektromagnetismus und der Einsteinschen Theorien unter dem Aspekt der *Proportionalität* verschiedener physikalischer Entitäten "Energie" und "Impuls", und die Naturkonstante  $c$  als *Proportionalitätsfaktor* zu betrachten, weil ja, wie wir gesehen haben, Leibniz den Begriff der Proportion als einer eigenständigen mathematischen Relation abgeschafft hat, so dass er heute in den allermeisten mathematischen Handbüchern nicht einmal mehr als Stichwort erscheint.

Auch der absolute Raum und die absolute Zeit sind entgegen verbreiteter Auffassung von Einsteins Theorien keineswegs abgeschafft worden. Schon Hermann Minkowski, der als Mathematiker der Einsteinschen Speziellen Relativitätstheorie ihre geschlossenste Form gegeben hat, betonte, dass in dieser Lehre Raum und Zeit in ihrer mathematischen Verknüpfung weiterhin absolut real begriffen werden; die "Raumzeit" ist das absolute Bezugssystem der Einsteinschen Bewegungslehre, und sie ist gar nichts andere, als die tatsächliche, in der *Verbindung* von Raum und Zeit bestehende wirkliche Welt, die auch die Welt des Realisten Isaac Newton war.

Wie relativistisch ist aber die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins? Es ist ja bekannt, dass Einstein, wiederum hypothetisch-deduktiv arbeitend und das Relativitätsprinzip der Bewegung als allgemeingültig voraussetzend, diese Theorie schuf, umauch die von der Speziellen Relativitätstheorie nicht behandelten Erscheinungen *beschleunigter* Bewegungen und insbesondere der Gravitation "relativistisch" zu erfassen. Freilich verfehlte Einstein auch in diesem Fall das selbstgesteckte Ziel, und auch das wissen die Experten<sup>87</sup>. Denn hier tritt der absolute Raum ganz ungeniert als eine physikalische Realität auf, die eindeutig physikalische Wirkungen hervorruft, mag auch seine Struktur hier nicht mehr euklidisch, sondern gekrümmt sein; seine physikalische "Wirklichkeit" steht ganz außer Frage.

Insgesamt sind also die Einsteinschen Relativitätstheorien nicht annähernd so konsequent "relativistisch", wie es die Schulmechanik aus Leibnizischem Geist gewesen war. Sie enthalten eben sehr wohl *absolute* Prinzipien, und zwar nicht nur in Gestalt der absoluten "Vakuumgeschwindigkeit"  $c$ , sondern auch in Gestalt der absoluten "Raumzeit", die ja die Realität von Raum und Zeit voraussetzt; denn wenn die "Raumzeit" real ist, so müssen auch ihre Konstituenten "Raum" und "Zeit" real sein. So hatte also der konsequente Relativist Ernst Mach guten Grund, dass er Einsteins Theorien zeitlebens die Anerkennung verwehrte. Einsteins Theorien sind sozusagen Meilensteine auf dem Weg zur Wiederkehr der wahren Newtonischen Prinzipien, der Lehre von der wirklichen Bewegung in der wirklichen, in Raum und Zeit existierenden Welt.

Ein Gesichtspunkt sei noch besonders hervorgehoben: er betrifft den *kausalen* Charakter der Einsteinschen Bewegungslehre, der zugleich deren wesentliches *realistisches* Element ausmacht. Ist nämlich erkannt, dass die Vakuum-Lichtgeschwindigkeit diejenige Geschwindigkeit ist, mit der im Vakuum Wirkungen aus ihren Ursachen hervorgehen, so heißt das, dass in der Natur Bewegungen oder Bewegungsänderungen in Wirklichkeit *in Raum und Zeit* entstehen. Sie entstehen also nicht so, wie es die Schulmechanik unterstellt, *instantan* oder *zeitlos* oder mit "unendlich großer Geschwindigkeit", wie manche es formulieren und wie es die Leibnizsche Mathematik behauptet, in der diese Größen durch Integration von Differentialen ermittelt werden. Es ist allgemein anerkannt und wird auch hier nicht bestritten, sondern betont, dass Einsteins Lehre damit einen elementaren Mangel der unrealistischen Schulmechanik behoben hat. Man sollte aber sehen, dass auf diese Weise in Wahrheit nur die wirkliche kausale Bewegungslehre Isaac Newtons partiell wiedergekehrt ist, und dass erst die vollständige Überwindung des Relativitätsprinzips durch Wiedereinsetzung der wahren Newtonischen Prinzipien die Defizite beheben kann, unter denen die theoretische Physik unbestreitbar leidet.

##### 5. Wie realistisch ist die Quantenmechanik?

Die Quantenmechanik der Moderne begann im Jahr 1900. Der Physiker Max Planck (1858-1947) sah sich aufgrund experimenteller Erfahrung gezwungen anzuerkennen, dass die Energie elektromagnetischer Strahlung kein kontinuierlicher Fluss ist, sondern in kleinsten endlichen, diskreten Teilchen existiert, den sogenannten *Quanten*. Die Geburt der Quanten-

mechanik bedeutete einen Sieg realistischer Naturforschung über die rationalistische Leibnizsche Kontinuumshypothese, nach der alle Gegenstände der Physik, auch die Materie, als unendlich ausgebreitete Kontinua gedacht werden sollten - die *res extensa*, auf die schon Descartes die Welt hatte reduzieren wollen. Plancks Entdeckung setzte die Entwicklung fort, die, was die Materietheorie betrifft, das ganze 19. Jahrhundert charakterisiert, nämlich die fortschreitende Erkenntnis der *atomaren Struktur* der materiellen Körper. Nicht nur die Materie also existierte, wie Planck begriff, in kleinsten realen, aber der unmittelbaren sinnlichen Erfahrung unzugänglichen und also *transzendenten* Teilchen, sondern auch die Energie. Es heißt, dass Planck sogleich überzeugt war, eine Entdeckung gemacht zu haben, die Newtons würdig gewesen wäre <sup>88</sup>. Er wusste nicht, wie Recht er damit hatte; denn er hatte die wahre Newtonische Lehre von der Quantisierung aller physikalischen Gegenstände wiederentdeckt. Tatsächlich ist die Einsicht in die Quantisierung von Räumen, Zeiten, Bewegungen (Impulsen) usw. eine experimentelle Erfahrung der modernen Naturwissenschaft in allen ihren Bereichen, und Hand in Hand wächst damit bei den Wissenschaftlern wieder die Erkenntnis, dass sie es doch mit einer objektiven Realität der Natur zu tun haben. Sie erkennen von neuem die *Wirklichkeit der Zeit* und begreifen, dass "Kausalität die Vorstellung einer [realen] Zeit, sogar einer *gerichteten* Zeit voraussetzt"; und sie wissen, dass "die Möglichkeit einer objektiven Welterfahrung bedeutet, dass dieser Welt eine Struktur zugrunde liegt" <sup>89</sup>. Die objektive Realität - oder eben die wirkliche Welt - ist dann nicht eine bloße Konstruktion unseres Geistes, wie Leibniz meinte, der sie mathematisch aus der Integration unausgedehnter Punkte hervorgehen ließ, sondern das objektiv Vorhandene "da draußen" von diskreter Struktur und eigener Gesetzlichkeit. Es verwundert nicht, dass Max Planck, der dieser Entwicklung mit zum Durchbruch verhalf, in jene erbitterte Auseinandersetzung mit dem Subjektivisten Ernst Mach geriet, die ich obenn zitiert habe.

Plancks realistische Naturauffassung enthielt im übrigen folgerichtig auch das ursprünglich Newtonische, in der Theorie des Elektromagnetismus wiedergekehrte kausale Gesetz von der Proportionalität der Bewegungsursache "Kraft", die nun "Energie" heißt, und der erzeugten Bewegung oder dem "Impuls", verbunden durch die Konstante  $c$  (die Newtonische Konstante, dort als Vakuumlichtgeschwindigkeit bezeichnet) als Proportionalitätsfaktor. Es ist die Beziehung, die auch den Einsteinschen Theorien zugrunde liegt, wie oben gezeigt wurde, und deren *absoluten* oder *realistischen* Gehalt ausmacht. Eben diese Proportion findet sich in den sogenannten *Heisenbergschen Unschärferelationen*, die einen wesentlichen Teil des theoretischen und formalen Fundaments der Quantenmechanik ausmachen <sup>90</sup>. "Unschärf" sind diese

Relationen übrigens nur aus der Perspektive der Leibnizschen Kontinuumsmathematik, weil sie nämlich die Tatsache widerspiegeln, dass man die realen Gegenstände der Natur nicht aus unausgedehnte "scharfe" mathematische Punkte oder Zahlenwerte zurückführen kann.

Gleichwohl bestimmt überwiegend keineswegs der Realismus, sondern die subjektivistische Ideologie die moderne Quantenmechanik. Die Ursache hierfür setzte der Physiker Erwin Schrödinger, der 1926 einen neuen mathematischen Formalismus der Quantenmechanik schuf, indem er sie auf die Wellenmechanik gründete. Die Mathematik, die hierbei verwendet wird, basiert auf der Leibnizschen Kontinuumsphilosophie, weshalb die Quanten hier nicht mehr als Elemente von Mengen realer Teilchen begriffen, sondern rein mathematisch als *Eigenwerte* bestimmter Funktionen *konstruiert* werden<sup>91</sup>. Mit der Leibnizschen Mathematik, die das Unendliche als Differential aktualisiert und so den mathematischen Punkt zum Element des Kontinuums macht, musste zwangsläufig der realistische Begriff der Quanten und auch das kausale Bewegungsgesetz wieder verloren gehen. Das geschah in formaler Hinsicht, indem Schrödinger den von Max Planck in die Quantenphysik eingeführten *linearen impulsproportionalen Energieterm*, der das Kausalgesetz der Bewegung ( $E/p = c = \text{konstant}$ ) enthält, mit dem Leibnizschen Konzept "*kinetische Energie*" gleichsetzte, welches in *quadratischer Beziehung* zum Impuls steht - ein logischer Fehler, den freilich auch Einstein schon 1905 in jener Gleichung zur Erklärung des Photoeffekts begangen hatte, für die er 1922 den Nobelpreis erhielt. Schrödinger, um diesen logischen Mangel seines mathematischen Konstrukts auszugleichen, ersetzte kurzerhand die Proportionalitätskonstante  $c$  durch die Variable  $v/2$  (die sog. "Phasengeschwindigkeit der Schrödingerwelle") und erreichte damit zwar einerseits die Widerspruchsfreiheit seiner Theorie, andererseits aber auch die vollständige Eliminierung des kausalen Prinzips  $E/p = c = \text{konstant} = c$  aus derselben. Die Folge war die Rückkehr des *Instantanitätsproblems* in die Mechanik, das unter der Bezeichnung "non-locality" bis zum heutigen Tag ergebnislos von den Quantenmechanikern diskutiert wird. Es geht dabei um die schon in der Schulmechanik aufgetretene, oben erläuterte Erscheinung der instantanen Impulsübertragung, die aus realistischer Perspektive natürlich unannehmbar ist, die aber jeder mathematischen Bewegungstheorie, welche das Kausalgesetz der Bewegung und insbesondere die Naturkonstante  $c$  ignoriert, notwendigerweise innewohnt.

Dieser Mangel muss freilich die *Brauchbarkeit* einer solchen Theorie oder ihren *Erfolg* bei der Lösung bestimmter praktischer Probleme gar nicht tangieren, so wenig wie die

unrealistische Bewegungslehre der ptolemäischen Astronomie deren praktische Brauchbarkeit tangierte. Deshalb kann der unbestreitbare *Erfolg*, mit dem die Schrödingersche Theorie in der technischen Praxis eingesetzt wird, nichts daran ändern, dass diese Theorie *keine Beschreibung der objektiven Realität* bietet - ebenso wenig, wie die Schulmechanik Leibnizscher Herkunft *Impulsübertragungen* realistisch abbildet. Übrigens wird diese Schulmechanik, die ja eine *Kontinuumsmechanik* ist, gleichfalls weiterhin erfolgreich angewandt, obwohl sie doch, wenn die Realität wirklich quantisiert ist, nur falsch sein kann. "Obwohl die Tatsache des atomistischen, diskontinuierlichen Aufbaues der Materie seit mehreren Jahrzehnten völlig gesichert ist, wird doch in manchen Gebieten der Physik die Materie als Kontinuum aufgefasst, so in der Mechanik der deformierbaren Medien, die deswegen auch Mechanik der Kontinua genannt wird. Dass hier die Vorstellung von der vollkommenen, kontinuierlichen Verteilung und Raumauffüllung beibehalten wurde, beruht darauf, dass die mathematische Behandlung des Kontinuums wesentlich einfacher ist als diejenige des atomistischen Diskontinuums, und doch zu Resultaten führt, die mit der Erfahrung übereinstimmen"; so spricht das Lexikon der Physik unter "Kontinuum". In der Tat: es gibt viele verschiedene und einander widersprechende Hypothesen, die "mit der Erfahrung übereinstimmen" oder, wie die Scholastik sagte, die "die Phänomene retten". Es gibt aber nur *eine* Wirklichkeit. Die Wahrheit ist unteilbar.

Halten wir also fest, dass die Quantenmechanik in ihrer Schrödingerschen Form neuerlich ein realitätsfernes mathematisches Konstrukt vorstellt, so dass sich natürlich eine realistische Interpretation dieses Formalismus von selbst verbieten sollte. Ignoriert man das, so steht man allerdings vor seltsamen und paradoxen Konsequenzen, von denen das non-locality-Problem oder die Vorstellung, dass Dinge sich zur selben Zeit an verschiedenen Orten befinden könnten, nur eines ist. Indessen sind solche Seltsamkeiten nicht, wie manche naive Realisten behaupten, die den realitätsfernen Charakter dieser Schrödingerschen Theorie nicht verstanden haben, Seltsamkeiten der realen mikrophysikalischen Struktur der Welt, sondern ausschließlich Folgen der verfehlten *realistischen Interpretation* eines ausschließlich rationalen, *mathematisch konstruierten Formalismus*.

Wie realistisch ist also die Quantenmechanik? Sagen wir: sie ist so realistisch oder wahr, wie sie newtonisch ist, d.h. wie sie auf Grundlagen ruht, die ausschließlich aus der Analyse von Beobachtung und Experiment hervorgegangen sind. In der konsequenten Durchsetzung dieser Grundlagen gegen die mathematischen Konstrukte der reinen Ratio (oder eben gegen den

Leibnizschen Geist der Mathematik) wird auch die Lösung derjenigen Probleme liegen, welche die Quantenmechanik seit über 60 Jahren so belasten und so unbegreifbar erscheinen lassen, dass manche gar dem Mathematismus die Realität wieder zum Opfer bringen möchten, die sich doch in anderen Zweigen der Wissenschaft, aber auch im allgemeinen Bewusstsein der Menschen, als "Umwelt" längst und nachdrücklich wieder bemerkbar gemacht hat.. Die Beschäftigung mit dem philosophischen Disput zwischen Leibniz und Clarke wird dazu gewiss beitragen können; denn dieser Disput zeigt, wie notwendig die Philosophie für die Wissenschaft ist. In der Tat: "Die Wissenschaft ist eine zu ernste Sache, als dass man ihre Fortentwicklung den Wissenschaftlern allein überlassen darf." <sup>92</sup>

## V. Schlusswort.

In Ernst Cassirers Einleitung zu der deutschsprachigen Ausgabe des Schriftwechsels Leibniz-Clarke, die 1904 in Leipzig erschien, ist die Rede von der Umgestaltung der Weltanschauung, die aus der Leibnizschen Analysis des Unendlichen und dem daraus folgenden mathematischen Größenbegriff folgte. Nach Cassirer stellt "Größe" für Leibniz nur eine besondere *Form der Beziehung* dar, kein an sich Seiendes; der Begriff bezeichnet lediglich eine gedankliche Operation, nicht aber irgendeinen absoluten realen Gegenstand. Dann aber besitzt "der Inbegriff der materiellen Welt ... kein absolutes Dasein mehr", folgert Cassirer richtig: Größe, Ausdehnung und Bewegung "beziehen sich lediglich auf *Erscheinungen* und haben für sie allein Geltung." Die Begriffe der mathematisch-physikalischen Weltbetrachtung sind danach "rein ideelle Beziehungen", drücken aber kein absolutes Sein aus; Raum und Zeit sind "Ideen des reinen Verstandes" ohne ontologisches Fundament; folglich wird hier *die Logik* zu der Instanz, die die "letzte Entscheidung ... über das *Wesen* von Raum und Zeit" trifft. Die Bewegung, so sagt Cassirer, "ist die *relative Veränderung der Lage zweier Körper untereinander* ... ; alles, was wir beobachten können, ist lediglich eine *wechselseitige und umkehrbare* Verschiebung materieller Teile", und er formuliert damit jene Behauptung, auf der u.a. von Weizsäckers Satz von der Gleichberechtigung geozentrischer und heliozentrischer astronomischer Modelle beruht - der, wie wir gesehen haben, falsch ist. Cassirer, folgerichtig, lobt Leibniz dafür, dass er "den Gegensatz zwischen dem copernicani-schen und dem ptolemäischen System vom logischen Standpunkt aus aufhebt", weil das erstere "nicht im Gegensatz zu allen anderen die eindeutige Wiedergabe das absoluten wirklichen Sachverhalts, sondern nur die beste und geeignetste Hypothese zur Erklärung der

Phänomene" sei. So, denke ich, spricht die Scholastik, die der Wissenschaft die Fähigkeit zur Erkenntnis objektiver Wahrheit rundweg abstreitet, heute wie zu Galileis Zeiten. Wie für Ernst Mach, so bleibt auch für Cassirer "die durchgängige und unaufhebliche *Relativität* aller Bewegung ... das letzte Wort der logischen und erkenntnistheoretischen Analyse", und so bestimmt die Option für den Relativisten Leibniz Cassirers ganze Ausgabe des Schriftwechsels, was in den Fußnoten besonders deutlich wird, die er hinzugefügt hat; die Clarkeschen Anmerkungen (aus dessen Ausgabe von 1717) fehlen dagegen.

Die englische Ausgabe des Schriftwechsels von 1956 (H. G. Alexander) kommt am Ende der Einführung nach einer Erörterung der Raum-Zeit-Lehre der Einsteinschen Theorien zu einem etwas anderen Schluss. Alexander schreibt: "We are therefore left with a somewhat paradoxical conclusion. To some writers it has seemed that when in the Correspondence, Leibniz criticises the concepts of absolute space and time, he is anticipating Einstein. On the other hand, Leibniz's fundamental postulate is that space and time are unreal. No one therefore would have rejected more strongly than he a theory which ascribes properties to space-time. If, therefore, one insists on awarding points to Leibniz and Clarke, in the light of modern physics, it is perhaps best to call it a drawn contest." <sup>93</sup>

Allerdings denke ich, dass man darauf bestehen kann *und muss*, diese philosophische Auseinandersetzung nicht bloß als Literatur zu bewerten, sondern als eine Diskussion zweier Weltanschauungen, von denen nur eine richtig sein kann. Und allerdings denke ich, dass im Licht der richtig verstandenen *realistischen* Grundlagen der modernen Physik hier alles andere als ein "drawn contest", ein *totes Rennen* stattgefunden hat, und deshalb nimmt die Auseinandersetzung mit der modernen Physik in dieser Einführung so breiten Raum ein. Sie nämlich zeigt, dass mit Clarke und Newton gegen Leibniz die uralte Kontroverse zwischen Realismus und Rationalismus zugunsten der wahren Philosophie von der Wirklichkeit der erschaffenen Welt endgültig entschieden ist.

Anmerkungen:

- 1) Leibnitii et Bernoulli Commercium, Lausanne & Genf, 1745 Bd. II S. 381.
- 2) Alexander, The Leibniz-Clarke Correspondence, S. 193.
- 3) A. Koyré and I. B. Cohen, Newton and the Leibniz-Clarke Correspondence.

- 4) Isaac Newton, Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie, Ed Dellian Hrsg., Hamburg (1988), Felix Meiner Verl., S. 12. Im folgenden zitiert als "Principia".
- 5) R. Westfall, *Never at Rest*, S. 380.
- 6) W.I. Lenin, *Materialismus und Empiriokritizismus*, S. 190/91.
- 7) Newton, *Optik*, S. 267.
- 8) Cassirer, *Leibniz' Hauptschriften*, Bd. I S. 110.
- 9) H:R: Maturana, F. J. Varala, *Der Baum der Erkenntnis*.
- 10) P. Watzlawick, *Die erfundene Wirklichkeit*.
- 11) Isaac Newton, *Principia*, S. 229.
- 12) Hughes, *The Principia and Comets*, S. 53 ff.
- 13) Newton, *Optick* S. 244.
- 14) Clarke, *A Demonstration of the Being and Attributes of God*.
- 15) Guerlac, *Newton on the Continent*, S. 41.
- 16) Newton, *Principia*, S. 169 ff.; *Optik* S. 269.
- 17) Newton, *Principia*, S. 10.
- 18) Zitiert nach Blumenberg, *Das Fernrohr und die Ohnmacht der Wahrheit*, S. 74.
- 19) Vgl. Carolyn Merchant, *Der Tod der Natur*, S. 263 ff.
- 20) Ilya Prigogine, Isabelle Stengers, *Dialog mit der Natur*, S. 313.
- 21) Albert Einstein, *Mein Weltbild*, S. 17.
- 22) Hans-Peter Dürr, *Das Netz des Physikers*, S. 74 f.
- 23) Private Mitteilung vom 30. Mai 1988.
- 24) Newton, *Principia*, S. 47.
- 25) Lenin. *Materialismus und Empiriokritizismus*, S. 161, 214, 312.
- 26) Voltaire, *Philosophisches Wörterbuch*, S. 65.
- 27) Newton, *Principia*, S. 52.
- 28) Casini, *Newton's Principia and the Philosophers of the Enlightenment*, S. 48.
- 29) Richard Westfall, *Force in Newton's Physics*, S. 439-448.
- 30) Bernulf Kanitscheider, *Das Weltbild Albert Einsteins*, S. 26.
- 31) Newton, *Principia* S. 63.
- 32) Zitiert nach Blumenberg, *Das Fernrohr ...* S. 7.
- 33) Vgl. z. B. Paul Feyerabend, *Wider den Methodenzwang*, S. 216.
- 34) Newton, *Principia*, S. 228 f.
- 35) Newton, *Principia* S. 230.
- 36) Newton, *Principia* S. 171.

- 37) Harald Fritzsich, Eine Formel verändert die Welt, S. 35.
- 38) Lexikon der Physik unter "Masse".
- 39) Ibid.
- 40) Vgl. Ed Dellian, Inertia, the Innate Force of Matter ...
- 41) Stephen Hawking, Eine kurze Geschichte der Zeit, S. 31.
- 42) Harald Fritzsich, Eine Formel verändert die Welt, S. 340.
- 43) Newton, Principia S. 13.
- 44) Newton, Principia S. 41 f.
- 45) Briefe an Bentley, insbes. 3. Brief von 25. Feb. 1692/3.
- 46) Newton, Principia S. 43.
- 47) Carolyn Merchant, Der Tod der Natur S. 271 f.
- 48) Newton, Principia S. 231.
- 49) Newton, Principia S. 64.
- 50) Vgl. H. Beck, Kulturphilosophie der Technik, S. 91.
- 51) Newton, Principia S. 14.
- 52) Vgl. Ivo Schneider, Isaac Newton, S. 81.
- 53) Siehe dazu Anh. II.
- 54) Vgl. Hankins, The Reception of Newton's Second Law ...
- 55) Newton, Principia S. 64.
- 56) Newton, Principia S. 38 f.
- 57) Vgl. Anh. IV.
- 58) Von Weizsäcker, Aufbau der Physik, S. 234, 243.
- 59) Fritz Bopp, Newtons Optik ...S. 306 f.
- 60) Newton, Principia S. 81.
- 61) Westfall, Never at Rest, S. 380.
- 62) Cassirer, Leibniz' System, S. 310 f.
- 63) Platon, Timaios 31 b, zitiert nach Apelt, Bd. VI S. 49.
- 64) Alle Zitate aus Wolf, Der Quantensprung ..... S. 137, 119, 149, 179.
- 65) A. Koyré and I.B. Cohen, Newton & the Leibniz-Clarke Correspondence, S. 111.
- 66) Lexikon der Physik unter "Feld" ("13. metrisches Feld").
- 67) Newton, Optik S. 223, 248.
- 68) Newton, Principia S. 38.
- 69) Newton, Principia S. 38/39
- 70) Newton, Principia S. 53.

- 71) Ibid.
  - 72) Immanuel Kant, Kritik der reinen Vernunft, S. 241 (2. Analogie der Erfahrung).
  - 73) Isaac Newton, Mathematical Principles of Natural Philosophy (übers. Motte-Cajori) S.5.
  - 74) Ed Dellian, Die Newtonische Konstante S. 401.
  - 75) Übersetzt nach dem Zitat bei Dobbs, The Foundation of Newton's Alchemy, S. 13.
  - 76) Zitiert nach Borzeskowski/Wahsner, Sinneserfahrung und physikalisches Weltbild, S. 6/7.
  - 77) Ernst Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, S. 233.
  - 78) Ibid. S. 459.
  - 79) Ibid. S. 226.
  - 80) V. Weizsäcker, Aufbau der Physik, S. 257.
  - 81) Nach Nestle, Vom Mythos zum Logos, S. 277.
  - 82) Franco Selleri, private Mitteilung.
  - 83) Philipp Frank, Die Stellung des Relativitätsprinzips ... S. 382.
  - 84) Horst Melcher, Relativitätstheorie in elementarer Darstellung, S. 138.
  - 85) Max Born, die Relativitätstheorie Einsteins, S. 245.
  - 86) H.Melcher, Relativitätstheorie in elementarer Darstellung S. 58.
  - 87) V. Weizsäcker, Aufbau der Physik S. 256/7.
  - 88) Emilio Segrè, Die großen Physiker und ihre Entdeckungen, S. 87.
  - 89) Hans-Peter Dürr, Das Netz des Physikers, S. 74, 78, 80.
  - 90) Vgl. Ed Dellian, On Cause and Effect in Quantum Physics.
  - 91) Vgl. Erwin Schrödinger, Quantisierung als Eigenwertproblem.
  - 92) Harald Fritsch, Eine Formel verändert die Welt, S. 281.
  - 93) H. G. Alexander, The Leibniz-Clarke Correspondence, S. LV.
-

## LITERATURVERZEICHNIS

- Alexander, H.G.: The Leibniz-Clarke Correspondence, Manchester 1956.
- Beck, H.: Kulturphilosophie der Technik, Trier 1979.
- Berkeley, G.: Schriften über die Grundlagen der Mathematik und Physik, W.Breidert (Hrsg.), Frankfurt a. M. 1985.
- Blumenberg, H.: Das Fernrohr und die Ohnmacht der Wahrheit, in: Galileo Galilei, Sidereus Nuntius, Frankfurt a. M. 1980.
- Böhme, G., van den Daele, W., Krohn, W.: Experimentelle Philosophie, Frankfurt a.M. 1977.
- Bopp, F.: Newtons Optik als unvollendetes quantenphysikalisches Konzept, Physikal. Bl. 40 (1984), S. 306 f.
- " " Über die Einheit der klassischen Physik, Bayer. Akad. Wiss. Sitz.Ber. 1983, München 1983.
- Born, M.: Die Relativitätstheorie Einsteins, Berlin 1984.
- Borzeskowski, H.-H.; Wahsner R.: Die tätigen Kräfte im Universum, spectrum Bd. 19 (1988), Nr. 9 S. 25.
- " " Sinneserfahrung und physikalisches Weltbild, spectrum Bd. 19 (1988) Nr. 9 S. 5.
- Burckhardt, J.: Die Kultur der Renaissance in Italien, Stuttgart 1988.
- Casini, P.: Newton's *Principia* and the Philosophers of the Enlightenment, in: D.G. King-Hele Und A.R. Hall (eds.), Newton's *Principia* and its Legacy, London 1988, S. 35.
- Cassirer, E.: Leibniz' System in seinen wissenschaftlichen Grundlagen, Hildesheim 1980.
- " " Newton und Leibniz, Philosophical Review 52 (1943), S. 366.
- Clarke, S.: Works I-XXI, London 1711-1734.
- " " A Demonstration of the Being and Attributes of God, London 1705.
- " " A Discourse concerning the Unchangeable Obligations of Natural Religion, London 1706.
- " " A Letter to Benjamin Hoadly F.R.S., Philos. Trans. 35 (1727/28), S. 381.
- Cohen, I.B.: Newton's Papers & Letters on Natural Philosophy, Cambridge/Mass., 1958.
- " " The Newtonian Revolution, Cambridge 1980.
- " " Newton's Third Law and Universal Gravity, in: P.B. Scheurer and G. Debrock, (eds.), Newton's Scientific and Philosophical Legacy, Dordrecht 1988, S. 25.
- Dellian, E.: Die Newtonische Konstante, Philos: Nat. Bd. 22 (1985) Nr. 3 S. 400.
- " " Inertia, The Innate Force of Matter: A Legacy from Newton to Modern Physics,

- in: P.B. Scheurer and G. Debrock (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Dordrecht 1988, S. 227.
- " " On Cause and Effect in Quantum Physics, *Spec. Sci. Techn.* Vol. 12 (1989) Nr.1 S. 45.
- " " Newton, die Trägheitskraft und die absolute Bewegung, *Philos. Nat.* Bd. 26 (1989) Nr. 2 S. 34.
- Dijksterhuis, E.J.: *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin 1983.
- Dobbs, B.J.T.: *The Foundation of Newton's Alchemy*, Cambridge 1975.
- " " Newton's Alchemy and his *Active Principle of Gravitation*, in: P.B. Scheurer and G. Debrock (eds.), *Newton's Scientific and Philosophical Legacy*, Dordrecht 1988, S. 55.
- Dürr, H.-P.: *Das Netz des Physikers*, München 1988.
- Einstein, A.: *Grundzüge der Relativitätstheorie*, Braunschweig 1969.
- " " Mein Weltbild, Berlin 1955.
- Erlichson, H.: *The Leibniz-Clarke Controversy: Absolute versus relative space and time*, *American Journal of Physics* 35 (1967) S. 89.
- Feyerabend, P.: *Wider den Methodenzwang*, Frankfurt a.M. 1983.
- Frank, P.: *Die Stellung des Relativitätsprinzips im System der Mechanik und Elektrodynamik*, *Sitz.Ber. Akad.Wiss. Wien IIa* (1909), S. 373.
- Freudenthal, G.: *Atom und Individuum im Zeitalter Newtons*, Frankfurt a. M. 1982.
- Fritsch, H.: *Eine Formel verändert die Welt (Newton, Einstein und die Relativitätstheorie)*, München 1988.
- Galilei, G.: *Dialog über die beiden hauptsächlichsten Weltsysteme, das ptolemäische und das kopernikanische*, R. SEXTL und K. von MEYENN (Hrsg.), Stuttgart 1982.
- " " *Unterredungen und Mathematische Demonstrationen über zwei Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend*, Darmstadt 1973.
- Gay, J.H.: *Matter and Freedom in the Thought of Samuel Clarke*, *Journ.Hist.Ideas* 24 (1963) S. 85.
- Gjertsen, D.: *The Newton Handbook*, London 1986.
- Guerlac, H.: *Newton on the Continent*, Ithaca 1981.
- Haken, H., Wolf, H. Ch.: *Atom- und Quantenphysik*, Berlin 1983.
- Hall, A.R.: *Philosophers at War, The Quarrel between Newton and Leibniz*, Cambridge 1980.
- Hankins, T.L.: *The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century*, *Arch.Int. Hist. Sci.* 20 (1967), S. 43.

- Harman, P.: Concepts of Inertia: Newton to Kant, in: M.J. Osler and P.L. Farber (eds.), Religion, Science and Worldview, Cambridge 1985, S. 119.
- Hawking, S.W.: Eine kurze Geschichte der Zeit, Reinbek 1988.
- Heisenberg, W.: Physikalische Prinzipien der Quantentheorie, Mannheim 1958.
- Hughes, D.W.: The *Principia* and Comets, in: D.G. King-Hele and A.R. Hall (eds.), Newton's *Principia* and its Legacy, London 1988, S. 53.
- Hund, F.: Geschichte der Quantentheorie, Mannheim 1984.
- Jammer, M.: Das Problem des Raumes, Darmstadt 1980.
- " " Der Begriff der Masse in der Physik, Darmstadt 1981.
- " " Concepts of Force, Cambridge/Mass. 1957.
- " " The Philosophy of Quantum Mechanics, New York 1974.
- Kahra, J.: Die spezielle Relativitätstheorie, Köln 1973.
- Kanitscheider, B.: Das Weltbild Albert Einsteins, München 1988.
- Kant, I.: Kritik der reinen Vernunft, Hamburg 1956.
- " " Schriften zur Naturphilosophie, Frankfurt a. M. 1977.
- Koyré, A.: Newtonian Studies, Chicago 1965.
- Koyré, A., and Cohen, I.,B.: Newton & the Leibniz-Clarke Correspondence, Arch.Int. Hist. Sci. 15 (1962) S. 63.
- " " The Case of the missing *Tanquam*: Leibniz, Newton & Clarke, Isis 52 (1961), S. 555.
- Leibniz, G.W.: Essais de theodicée sur la bonté de Dieu, la liberté de l'homme et l'origine du mal, Amsterdam 1710.
- " " Hauptschriften zur Philosophie, E. Cassirer Hrsg., Bd. I u. II, Hamburg 1966.
- " " Specimen Dynamicum, H.G. Dosch, G.W. Most, E. Rudolph Hrsg., Hamburg 1982.
- " " Brevis demonstratio erroris memorabilis ... acta erud. 5 (1686), S. 161.
- " " Monadologie, H. Glockner Hrsg., Stuttgart 1979.
- Lenin, W.I.: Materialismus und Empirio-kritizismus, Berlin 1989.
- Lexikon der Physik, München 1970.
- Locke J.: Versuch über den menschlichen Verstand, Bd. I und II, Hamburg 1981.
- Lorenzen, P.: Elementargeometrie, Mannheim 1984.
- Mach, E.: Die Mechanik in ihrer Entwicklung, Frankfurt a.M. 1982.
- Maturana, H.R.F., Varela, F.J.: Der Baum der Erkenntnis, München 1987.
- McGuire, J.E. and Tamny, M. : Certain Philosophical Questions: Newton's Trinity Note-

Book, Cambridge 1983.

McLaurin, C.: An Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries, Hildesheim 1971.

McMullin, E.: Newton on Matter and Activity, Notre Dame 1978.

Melcher, H.: Relativitätstheorie in elementarer Darstellung, Köln 1978.

Merchant, C.: Der Tod der Natur, München 1987.

Nestle, W.: Vom Mythos zum Logos, Stuttgart 1975.

Newton, I.: Opera quae exstant omnia, S. Horsley (ed.), London 1779-1785.

" " Mathematical Principles of Natural Philosophy, R. M. Hutchins (ed.). Los Angeles 1952.

" " ("Principia") Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie, E. Dellian Hrsg., Hamburg 1988.

" " Optik, W. Abendroth Hrsg., Braunschweig 1983.

" " Über die Gravitation .... G. Böhme Hrsg., Frankfurt a.M. 1988.

Perl, M.R.: Physics and Metaphysics in Newton, Leibniz and Clarke, Journ.Hist.Ideas 30 (1969), S. 507.

Platon, Timaios, in: Platon, Sämtliche Dialoge, O. Apelt Hrsg., Hamburg 1988.

Popper, K.R.: Logik der Forschung, Tübingen 1982.

Popper, K.R. und Eccles, J.: Das Ich und sein Gehirn, München 1984.

Prigogine, I., und Stengers, I.: Dialog mit der Natur, München 1986.

Rohault, J.: A System of Natural Philosophy, J. and S. Clarke (eds.), London 1723.

Rosenberger, F. Isaac Newton und seine Physikalischen Prinzipien, Darmstadt 1987.

Schneider, I.: Isaac Newton, München 1988.

Schrödinger, E.: Quantisierung als Eigenwertproblem, Ann.d.Phys. 79 (1926) S. 361.

" " Was ist ein Naturgesetz? München 1979.

Segrè, E.: Die Großen Physiker und ihre Entdeckungen, München 1982.

Selleri, F.: Die Debatte um die Quantentheorie, Braunschweig 1984.

Tarozzi, G., und van der Merwe, A.: Open Questions in Quantum Physics, Dordrecht 1985.

Titze, H.: Der Kausalbegriff in Philosophie und Physik, Meisenheim 1964.

Tricker, R.A.R.: Die Beiträge von Faraday und Maxwell zur Elektrodynamik, Braunschweig 1974.

Voltaire: Candide oder der Optimismus, München 1985.

" " Philosophisches Wörterbuch, Frankfurt a. M. 1985.

Wahsner, R. : Das Aktive und das Passive (Zur erkenntnistheoretischen Begründung der

- Physik durch den Atomismus - dargestellt an Newton und Kant), Berlin 1981.
- Watzlawick, P. (Hrsg.): Die erfundene Wirklichkeit (wie wissen wir, was wir zu wissen  
Glauben? Beiträge zum Konstruktivismus), München 1984.
- Von Weizsäcker, C.F.: Aufbau der Physik, München 1985.
- Westfall, R.S.: Force in Newton's Physics, London 1971.
- " " Never at Rest, A Biography of Isaac Newton, Cambridge 1980.
- Wolf, F.A.: Der Quantensprung ist keine Hexerei, Basel 1986.
- Wolff, M. Geschichte der Impetustheorie, Frankfurt a.M. 1978.
- Zimmermann, R.: Samuel Clarke's Leben und Lehre, Wien 1870.
- Zwerger, M.: Die lebendige Kraft und ihr Maß, München 1885.
- 
-

