

PHILOSOPHISCHE BIBLIOTHEK

G. W. LEIBNIZ

Specimen Dynamicum

LATEINISCH - DEUTSCH

FELIX MEINER VERLAG

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

Specimen Dynamicum

Herausgegeben und übersetzt von
Hans Günter Dosch, Glenn W. Most
und Enno Rudolph

Mit Erläuterungen versehen von
Jörg Aichelin, Hans Günter Dosch,
Pierre Keller, Hans Lichtenberger,
Hans Joachim Maul, Glenn W. Most
und Enno Rudolph

Lateinisch - Deutsch

FELIX MEINER VERLAG
HAMBURG

PHILOSOPHISCHE BIBLIOTHEK BAND 339

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN: 978-3-7873-0534-6

ISBN eBook: 978-3-7873-3251-9

© Felix Meiner Verlag GmbH, Hamburg 1982.

Alle Rechte vorbehalten. Dies gilt auch für Vervielfältigungen, Übertragungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen, soweit es nicht §§ 53 und 54 UrhG ausdrücklich gestatten. *www.meiner.de*

INHALT

Vorwort der Herausgeber	VII
Einführende Bemerkungen zum physikalischen Weltbild des 17. Jahrhunderts	IX
Zur Schrift „Specimen Dynamicum“	XXI
Verzeichnis der wichtigsten im Text vorkommen- den Namen	XXIII
Literaturverzeichnis	XXV
Abkürzungen und Siglen	XXVII

Gottfried Wilhelm Leibniz

Specimen Dynamicum

Specimen Dynamicum, Prima Pars / Teil I	2/3
Specimen Dynamicum, Secunda Pars / Teil II	38/39
Specimen Dynamicum (Erste unveröffentlicht gebliebene Fassung)	64/65
Erläuterungen zu Specimen Dynamicum, Teil I ...	91
Erläuterungen zu Specimen Dynamicum, Teil II ..	135
Abbildungen 1 bis 6	155

VORWORT

Die Schrift „Specimen Dynamicum“, deren erster Teil bereits auszugsweise in der Übersetzung von Artur Buchenau (in: G. W. Leibniz, Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie, Bd. 1, hrsg. v. E. Cassirer, Philos. Bibl. Bd. 107) vorliegt, gehört zu den wichtigen Dokumenten der Naturphilosophie von Leibniz und seiner Zeit. Die vorliegende Ausgabe will die Schrift erstmals vollständig in gesonderter zweisprachiger Ausgabe einem sowohl philosophisch wie wissenschafts-geschichtlich interessierten Leserkreis zugänglich machen. Der zusätzliche Abdruck der ersten unveröffentlicht gebliebenen Fassung des Specimen Dynamicum wie auch der dem lateinischen Text beigefügte kritische Apparat sollen die Gedankenentwicklung von Leibniz bis hin zur Endfassung des Textes nachzeichnen. Notiert wurden daher nur Entwicklungskomponenten, nicht Überlieferungsvarianten.

Maßgebend für die Edition waren die Handschriften von Leibniz, wie sie sich im Leibniz-Archiv Hannover finden ließen. Die Übersetzung hat sich um größtmögliche Wörtlichkeit bemüht. Sprachliche Härten wurden lieber belassen, als durch elegante Anpassungen an den modernen deutschen Sprachstil eine zu große Entfernung von der Urfassung zu riskieren. Dem zeitgenössischen Sprachgebrauch folgend wurde „vis“ stets mit „Kraft“ übersetzt, obwohl die adäquate Übersetzung in moderne Terminologie in den meisten Fällen „Energie“ heißen müßte. Die anschließenden Erläuterungen erheben nicht den Anspruch eines vollständigen Kommentars. Sie wollen Akzente setzen, deren Auswahl sich aus dem Interesse der verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen angehörenden Verfasser erklärt. Sie spiegeln teilweise einen Diskussionsverlauf wider, in dem Physiker und Philosophen anhand der Auslegung eines einheitlich philosophischen und naturwissen-

schaftlichen Textes einen gemeinsamen hermeneutischen Zugang und eine gemeinsame Sprache suchten. Dabei verbliebene Unebenheiten in Stil und Rezeptionsweise wurden bewußt in Kauf genommen.

Zu danken ist dem Leibniz-Archiv in Hannover, das uns auf großzügige Weise Einsicht in die Manuskripte gewährte. Zu danken ist der Forschungsstätte der Evangelischen Studiengemeinschaft, die uns im Rahmen ihres „Arbeitszentrums Naturphilosophie“ angemessene Arbeitsmöglichkeiten verschaffte. Zu danken ist dabei insbesondere den Herren Proff. Picht und von Weizsäcker, die den Gang der Arbeit mit kritischem Rat und Anregungen begleitet haben. Zu danken ist schließlich Frau Eveline Busch und Frau Anna Frese, die in unermüdlicher Schreiarbeit die technische Erstellung ermöglichten.

Heidelberg, im Oktober 1981

Die Herausgeber

EINFÜHRENDE BEMERKUNGEN ZUM PHYSIKALISCHEN WELTBILD DES 17. JAHRHUNDERTS

Ein starkes Interesse an der Materie und ein aus der Stringenz der mathematischen Argumentation hergeleiteter unbedingter Glaube an deren Verbindlichkeit machten die Mechanik im 17. Jahrhundert zu einer maßgebenden Wissenschaft. Die tabellarische Übersicht (s. S. XX) enthält die Daten, die die Entwicklungsgeschichte der Mechanik, besonders im Hinblick auf „Specimen Dynamicum“ widerspiegeln. Wir können ihr entnehmen, welche überragende Rolle dieses Säkulum für diese Wissenschaft spielt. Bezeichnet das Erscheinungsjahr der *Discorsi* des Galilei einen Meilenstein zu Beginn der modernen Mechanik, so bilden die *Principia mathematica* des I. Newton ihren ersten Abschluß.

In der zweiten Hälfte des Jahrhunderts spielte die Naturphilosophie Descartes' eine zentrale Rolle. Der große Philosoph und Mathematiker gibt im 2., 3. und 4. Teil seiner *Principia Philosophiae* eine rational-mechanistische Erklärung aller materiellen Phänomene, die für die nachfolgende Generation prägend war. Kennzeichnend für Descartes' Auffassung von der Materie ist deren radikale Reduktion auf die Ausdehnung: „Die Natur der Materie oder des Körpers ganz allgemein besteht keinesfalls darin, daß er hart oder schwer oder farbig ist oder sonstwie unsere Sinne erregt, sondern darin, daß er eine in die Länge, Breite und Tiefe ausgedehnte Sache ist.“ (*Desc Princ II, 4*) Dem Raum kommt dabei keine eigenständige Bedeutung zu, sondern er wird schlechthin als die Ausdehnung nach Länge, Breite und Tiefe aufgefaßt. Deshalb kann es auch für Descartes kein Vacuum im philosophischen Sinne geben; die Galileischen Abstraktionen eines Falles im leeren Raum zum Beispiel sind für ihn unzulässig. Auch Atome kann es nicht geben, als materielle Körper müßten sie ausgedehnt und damit wieder teilbar sein. Es existiert auch nur eine Art von

Materie, und die Verschiedenheit der Erscheinungsformen ist bestimmt durch die innere Bewegung der Teile. Da es einen leeren Raum nicht gibt, ist auch die Bewegung nur relativ zu definieren als die Überführung eines Körpers aus einer Nachbarschaft in eine andere. Die Bewegung bezieht sich also nicht auf andere Körper schlechthin, sondern auf solche, die den bewegten Körper berühren.

Eine wichtige Rolle in der Dynamik des Descartes spielt die Bewegungsgröße (quantitas motus), die als Produkt von Ausdehnung und Betrag der Geschwindigkeit definiert ist. Sie ist eine erhaltene Quantität, das heißt seit ihrer ersten Erschaffung durch Gott kann sie zwar zwischen verschiedenen Teilen der Materie ausgetauscht, aber weder vernichtet noch neu geschaffen werden. Aus drei Naturgesetzen, in denen dieses Prinzip inkorporiert ist, leitete Descartes idealisierte Stoßgesetze ab. Diese sind in seinem Gesamtsystem von hervorragender Bedeutung, bilden sie doch die Grundlage für alle materiellen Erscheinungen: Da das Wesen der Materie in ihrer Ausdehnung besteht, resultieren alle Wechselwirkungen aus Stößen. Eine Erklärung für die Möglichkeit eines Stoßes selbst zu geben, schien ihm konsequenterweise nicht notwendig zu sein.

Descartes stellt insgesamt sieben Regeln für den vollkommen harten (das heißt elastischen) Stoß auf, in denen er die Fälle gleicher und verschiedener Größen und Geschwindigkeiten behandelt. Es werden hier vier zitiert, die zum Teil von Leibniz in „Specimen dynamicum“ direkt diskutiert werden (Desc Princ II, S. 46 ff.):

Regel 1: „Wenn zwei Körper genau gleich wären und sich mit gleicher Geschwindigkeit geradlinig aufeinander zu bewegen, B von rechts nach links und C jenem entgegengesetzt von links nach rechts, so würden sie in ihrer Bewegung reflektiert und nachher fortfahren, sich zu bewegen, B nach rechts und C nach links, ohne irgend einen Verlust ihrer Geschwindigkeit.“

Regel 2: „Wenn B wie wenig auch immer größer wäre als C und wenn sie sich mit der gleichen Geschwindigkeit bewegen, würde nur C reflektiert und sie würden sich beide nach links mit gleicher Geschwindigkeit bewegen.“

Regel 4: „Wenn der Körper C wie wenig auch immer größer wäre als B und er vollständig ruhte, das heißt, daß er nicht nur keinerlei offensichtliche Bewegung hätte, sondern auch nicht von Luft noch irgendeinem der anderen Körper umgeben wäre, welche wie ich unten zeigen werde, die harten Körper in die Lage setzen, sehr leicht bewegt zu werden, so hätte B, mit welcher Geschwindigkeit er auch auf ihn zukäme, niemals die Kraft ihn zu bewegen, sondern er würde gezwungenermaßen in dieselbe Richtung reflektiert werden, aus der er gekommen wäre.“

Regel 5: „Wenn dagegen der Körper C nur beliebig kleiner wäre als B, so könnte dieser sich gar nicht so langsam auf den anderen, den ich in vollkommener Ruhe annehme, zubewegen, daß er nicht die Kraft hätte, ihn zu stoßen und ihm den Teil der Bewegung abzugeben, der nötig wäre, damit sie sich später mit derselben Geschwindigkeit bewegten.“

Die Vorbehalte, die Descartes zu der 4. Regel macht, zeigen, daß ihm der Widerspruch zwischen seinen Regeln und dem Experiment bekannt war. Aber in einem, mit Materie völlig angefüllten Universum sind quantitative Aussagen schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Einer Kritik der Regeln – und damit natürlich ihrer Voraussetzung – durch Leibniz im Specimen II kommt besondere Bedeutung zu, da sie auf Grund von Prinzipien, nicht von Phänomenen erfolgte.

Die das Universum erfüllende Materie spielt auch in Descartes' Theorie des Planetensystems eine gewichtige Rolle, da die Planeten wie die Erde in ihren flüssigen Himmeln ruhen und von diesen mitgetragen werden. Er kann daher, wie er selbst sagt, „mit mehr Sorgfalt als Kopernikus und mit größerer Wahrhaftigkeit als Tycho“ (Desc Princ III, S. 19) die Bewegung der Erde mit der herrschenden Lehre der Kirche vereinen, da bei ihm Bewegung nur im Bezug auf die berührende Umgebung, das heißt in diesem Falle den die Planeten umgebenden Äther definiert ist, und sie in diesem tatsächlich ruhen sollen. Diese Auffassung leitet sich aus Descartes' Begriffen von Raum und Bewegung zwanglos her und ist sicherlich kein opportunistischer So-

phismus, um etwa einer Verurteilung durch die Inquisition zu entgehen (der Prozeß Galileis hatte elf Jahre vor Erscheinen der Principia stattgefunden und ihr Erscheinen verzögert).

Der mechanistischen Grundauffassung mußte die maßgebliche mechanistische Theorie der Antike, der Atomismus des Demokrit, Leukipp und Epikur sehr entgegenkommen. Er wurde von P. Gassendi vermittelt und interpretiert.

Während die Naturwissenschaft des Descartes in der späteren Physik keine direkten Spuren hinterlassen hat, nahmen (und nehmen) die Themen, die nun hauptsächlich behandelt werden sollen, auch in den folgenden Jahrhunderten einen breiten Raum in der physikalischen Fachdiskussion ein. Es sind dies (in moderner Terminologie): Die mechanische Energie und ihr Erhaltungssatz, die Masse und der absolute Raum. In seiner einfachsten Form besagt der Satz von der Erhaltung der (mechanischen) Energie „Arbeit aus dem Nichts zu schaffen oder ein sogenanntes perpetuum mobile ist unmöglich“ (Mach, Arbeit 4). Der holländische Mathematiker R. Stevin macht in seiner Schrift Hypomnemata Mathematica (Leyden 1605) von diesem Prinzip Gebrauch, um Gleichgewichtsgesetze auf der schiefen Ebene herzuleiten. (Leibniz erwähnt ihn in der ersten, unveröffentlichten Fassung des Specimen.) Er beweist diese, indem er zeigt, daß bei ihrer Verletzung ein perpetuum mobile entstände. Galilei macht den Schritt zum Quantitativen, indem er die Fallhöhe als relevantes Maß (wir würden heute sagen für die mechanische Energie) erkannte. Fällt ein Körper um eine gewisse Höhe, so ist die erreichte Geschwindigkeit nur von dieser Höhe, nicht vom speziellen Weg abhängig: „Die Geschwindigkeitswerte, welche ein und derselbe Körper bei verschiedenen Neigungen eine Ebene erlangt, sind einander gleich, wenn die Höhen dieser Ebene gleich sind.“ (Discorsi, S. 155) Da Galilei die Proportionalität der Fallhöhe zum Quadrat der Geschwindigkeit gefunden hatte, erhielt er damit implicit den Erhaltungssatz im konstanten Schwerfeld: $v^2 - kxh = \text{constans}$. Dabei ist v der Betrag der Geschwindigkeit, h die Fallhöhe und k eine vom Körper unabhängige Konstante.

Virtuos wird dieser „Satz von der Erhaltung der mechanischen Energie“ (wie wir heute sagen würden) von Ch. Huyghens ausgenutzt. In seinem wichtigsten zu Lebzeiten gedruckten Buch „Pendeluhrn“ (Paris 1673) benutzt er diesen Satz zur Berechnung der Schwingungsdauer eines physikalischen Pendels. Die Steighöhe ist dabei die Erhebung des Schwerpunktes über die Ruhelage. Die „kinetische Energie“ muß aus den einzelnen Teilen des schwingenden Körpers, so als bewegten sie sich unabhängig voneinander, zusammengesetzt werden. Dabei wird neben dem Energiesatz auch noch implicit das (später) sogenannte D'Alembert'sche Prinzip benutzt: Zwangskräfte leisten keine Arbeit. Die Ableitungen des Ch. Huyghens wurden bewundert, zumal sie nach der Art des Archimedes in streng geometrischer Manier durchgeführt waren. Allerdings nennt noch Lagrange die Ableitung prekär und gibt einer von Jakob Bernoulli mit Hilfe der Hebelgesetze durchgeführten (1681) den Vorzug.

Auch zur Ableitung der Gesetze für den elastischen Stoß benutzte Huyghens neben der Relativität der Bewegung die „Erhaltung der kinetischen Energie“ und fand damit die auch heute noch einfachste Herleitung (*De motu corporum ex percussione*, cf auch Mach, *Mech.*, S. 317 ff.). Die Bedeutung der Stoßgesetze für die damalige Physik erhellt sich ebenfalls aus der Tatsache, daß die Royal Society die Behandlung des Stoßes zur Aufgabe stellte, zu der 1668/69 J. Wallis, Chr. Wren und Chr. Huyghens Lösungen einreichten.

Auch für die Entwicklung eines quantitativen Massebegriffes waren die Beiträge von Huyghens maßgebend. Schon bei der Aufstellung seiner Stoßgesetze mußte er bemerken, daß offenbar dem Gewicht und nicht der Ausdehnung eine wesentliche Bedeutung zukommt. Andererseits konnte das Gewicht allein auch nicht das bestimmende Maß für die Materiemenge sein. In den Jahren 1671–73 fand nämlich Richter, daß eine von Frankreich nach Cayenne gebrachte Pendeluhr dort langsamer ging. Daraus mußte man schließen, daß das Gewicht des Pendels in Cayenne geringer war als in Europa. Dies war nun sicher für die Cartesianer nicht

allzu verblüffend, da ja für sie Schwere als ein (dynamisch zu erklärendes) *Accidens* der Materie galt. Huyghens hingegen fand die quantitative Erklärung: Die von der Erdumdrehung herrührende Zentrifugalkraft wirkt unter dem Äquator stärker als in den gemäßigten Breiten und vermindert die zentripetal wirkende Schwere. In der Nomenklatur unterscheidet er zwar noch nicht scharf zwischen *pondus* und *quantitas solida*, doch kann man in letzterem durchaus den ersten quantitativen Massebegriff sehen. Huyghens hielt zwar ausgedehnte, aber unendlich harte Atome für die Urbausteine der Materie. Überhaupt war die maßgebliche mechanistische Philosophie der Antike, nämlich der Atomismus, von großem Einfluß auf die Naturphilosophie des 17. Jahrhunderts.

Chr. Huyghens war der bedeutendste Physiker seiner Generation. Mach nannte ihn den ebenbürtigen Nachfolger von Galilei. „War vielleicht auch seine philosophische Begabung etwas geringer als jene Galileis, so übertraf er denselben wieder durch sein geometrisches Talent.“ (Mach, *Mech.*, S. 149)

Leibniz stand zu Huyghens in engem Kontakt, ja wir dürfen ihn auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Mathematik als einen Schüler von Huyghens betrachten (cf *GM*, II, S. 11 ff.). Die Mechanik erreicht ihren Höhepunkt und ersten krönenden Abschluß mit dem Erscheinen von Isaac Newtons „*Principia mathematica Philosophiae naturalis*“ (London 1686), dem bedeutendsten Einzelwerk in der Geschichte der Physik. Auch Newton hatte, wohl autodidaktisch, sich mit Descartes beschäftigt, doch löste er sich radikal von dessen Schemata, vielleicht auch unter dem Einfluß der Atomisten. Vom Standpunkt der Cartesianer mag man in dem Werk Newtons einen Rückschritt gesehen haben, verwendete er doch Begriffe wie Quantität der Materie, Fernwirkung, absoluter Raum und Zeit, die eher dem Arsenal der Scholastik entnommen schienen als einer rationalen Philosophie des 17. Jahrhunderts. Die Entwicklung aber zeigte, daß die Newtonsche Mechanik mit ihrem ungeheuren Erfolg bei quantitativen Aussagen der

logisch rationalen des Descartes, die fast nur qualitative Aussagen machen konnte, weit überlegen war.

Gleich zu Beginn der Prinzipien führt Newton in seiner ersten Definition den Begriff „Quantitas Materiae“ (das heißt: Masse) ein, die er als Produkt aus Dichte und Volumen definiert. Die Quantität der Materie ist das Maß für dieselbe, aus deren Dichte und Größe gemeinsam gebildet. Diese Einführung der Masse läßt sich natürlich leicht als zirkelschlüssig kritisieren (Mach, Mech., S. 210 ff.), wenn man Dichte wiederum als Masse pro Volumen definiert. Vor dem Hintergrund der Cartesischen Prinzipien allerdings ergibt sich etwas grundlegend Neues: Die Ausdehnung kann nicht die einzige Wesensbestimmung der Materie sein. Der Rekurs auf die Dichte mag durch den Atomismus beeinflusst worden sein: Eine Kompression, also Erhöhung der Dichte bewirkt einen geringeren Abstand zwischen den Atomen, verringert aber die Anzahl der Atome nicht. Es mag von daher naheliegen, daß eine Verringerung des Volumens bei gleichzeitiger Erhöhung der Dichte die Materiequantität unverändert läßt, und diese daher als Produkt der beiden zu nehmen ist. Ein dynamischer Massebegriff, wie er dann aber bei Newton auftritt, war den klassischen Atomisten fremd, und Gassendi bekämpft die Keplersche Auffassung von der Trägheit ausdrücklich. In der weiteren Entwicklung der Mechanik erwies sich die Masse als ein grundlegendes Prinzip, und für viele Probleme ist es sinnvoll, die Abstraktion so weit zu treiben, daß man sich die Masse eines Körpers in einem Punkt konzentriert denkt (Mechanik der Massenpunkte).

Natürlich hat die Entstehung des Massebegriffes eine lange Geschichte. Auf die Beiträge von Huyghens sind wir bereits eingegangen; eine besondere Rolle spielten auch die Spekulationen Keplers über eine Materiemenge (*copia materiae*), der die sich der Bewegungsänderung widersetzen- de Trägheit (*repugnans motui*) proportional ist. Auf diesen Begriff bezieht sich wohl auch Descartes, wenn er 1638 an Mersenne schreibt, daß er keine natürliche Trägheit oder Verzögerung (*inertie ou tardivité naturelle*) anerkenne.

Newton sprach auch klar die Proportionalität sowohl

der schweren als auch der trägen Masse zur Quantität der Materie aus, nachdem er dies selbst an vielen Pendeln aus verschiedenen Stoffen nachgeprüft hatte (in moderner Terminologie: Äquivalenz von schwerer und träger Masse). In der zweiten Definition der Principia wird die Bewegungsgröße als Produkt aus Materiequantität und Geschwindigkeit eingeführt, wobei die Richtung zwar nicht ausdrücklich erwähnt, aber in folgenden Anwendungen stets berücksichtigt wird.

Auch den Primat des Stoßes als allein befriedigende mechanische Wechselwirkung gibt Newton auf. Ganz allgemein wird bei ihm die Bewegung durch Kräfte bestimmt: die innewohnende Kraft (*vis insita*) als die Potenz, Änderungen zu widerstehen, und die eingeprägte Kraft (*vis impressa*), die den Zustand der Ruhe oder gleichförmigen Bewegung ändert. Newton stellte drei Gesetze der Bewegung auf. Gesetz I ist das Trägheitsgesetz: Ohne äußere Kräfte bleibt ein Körper im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung. In Gesetz II wird statuiert, daß die Änderung der Bewegung proportional der eingepprägten Kraft sei (in Größe und Richtung). Gesetz III schließlich postuliert die Gleichheit von Wirkung und Gegenwirkung. Newton verband mit dem Begriff der Kraft eine wohlbestimmte Vorstellung, und damit ist Gesetz II für ihn tatsächlich ein Naturgesetz und keine Definition der Kraft. Insbesondere gibt er Beispiele für Kräfte und rechnet die sich daraus ergebenden Bahnkurven aus. Am bekanntesten und großartigsten ist seine Beschreibung der Bewegung der Planeten und der Monde mit Hilfe der Schwerkraft, die als Fernkraft in der Verbindungslinie zweier Massen wirkt, dem Produkt der Massen proportional und dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional ist. Newton war wohl durch die Einführung einer Fernkraft selbst beunruhigt, denn er schreibt: „Daher hüte sich der Leser zu denken, daß ich durch Bezeichnungen dieser Art (*voces*) — das ist Anziehung, Stoß, Hinneigung zu einem Zentrum — Art und Weise der Wirkung und physikalischen Grund oder Ursache irgendwo erkläre“ (New Princ zu Def. 8).

War Newton mit der formal mathematischen Einführung

der Schwerkraft offenbar selbst nicht zufrieden, so seine wissenschaftliche Mitwelt, besonders auf dem Kontinent, noch weniger. Die Richtigkeit seiner Ableitungen und die mathematische Konsistenz seiner Beschreibung wurden zwar anerkannt, aber die Einführung einer in die Ferne wirkenden Anziehung als absurd verurteilt. Erst im Laufe des 18. Jahrhunderts setzte sich die Newtonsche „Experimentalphysikalische“ Methode durch. Im Rahmen einer Theorie wird aus den Phänomenen auf ein „Gesetz“ geschlossen, und dieses Gesetz wird auf möglichst viele Phänomene angewandt (New Princ, Buch III).

Die Auszeichnung der Ruhe beziehungsweise der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, wie sie bei Galilei, Gasendi, Huyghens, ja sogar bei Descartes auftritt, führte Newton zur Einführung des absoluten Raumes und der absoluten Zeit: „Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig, und ohne Beziehung auf irgend einen äußeren Gegenstand. Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand, stets gleich und unbeweglich. . . Die absolute Bewegung ist die Übertragung des Körpers von einem absoluten Orte nach einem andern absoluten Orte.“ (New Princ, S. 37). Damit war ein Referenzsystem aufgestellt, auf das sich die geradlinige und gleichförmige Bewegung beziehen ließ. Newton bemerkte, daß sich eine geradlinig gleichförmige Bewegung gegenüber dem absoluten Raum nicht feststellen ließ, wohl aber eine beschleunigte, insbesondere eine kreisförmige. Am Begriff des absoluten Raumes entzündete sich eine heftige Polemik, doch konnte die folgende Schlußweise Newtons nicht widerlegt werden: Wird ein mit Wasser gefülltes Gefäß in kreisförmige Bewegung um seine Längsachse gesetzt, so wird das Wasser anfänglich den Wänden des Gefäßes nicht folgen und eine ebene Oberfläche bilden. Allmählich wird aber die Bewegung der Wände sich auf das Wasser übertragen, es wird sich von der Mitte des Gefäßes entfernen und an den Wänden hochsteigen, und die Oberfläche wird eine hohle Form annehmen. Die *wahre* Ruhe bei großer Relativbewegung gegen die Wand zeichnet sich also durch eine

ebene Oberfläche ab, die wahre Bewegung bei relativer Ruhe zur Wand gibt Anlaß zu einer gekrümmten Oberfläche. Bei aller Anerkennung für die tief sinnigen Einwände eines Leibniz oder Huyghens, die teilweise sehr modern anmuten, sollte man doch nicht übersehen, welche befreiende Wirkung die Einführung des absoluten Raumes für die Physik hatte. Der cartesische Raum war so vollgestopft, daß selbst der einfache Stoß nicht als Problem zweier Körper behandelt werden konnte. Erst im leeren Raum Newtons ließen sich vorher so komplex erscheinende Phänomene wie die Planetenbewegung streng quantitativ behandeln.

Es sei hier am Rande vermerkt, daß sowohl das Problem des absoluten Raumes als auch das der Fernwirkung mit der Newtonschen Theorie keineswegs ihre abschließende Klärung erfuhren. In der Feldtheorie sowie der Relativitätstheorie haben sich eher der Standpunkt der lokalen Wechselwirkungen (allerdings keinesfalls in seiner Reduktion auf Stöße ausgedehnter Teilchen) sowie der relative Raum durchgesetzt. Keinesfalls aber sollte man schließen, daß die Newtonsche Physik eine Verirrung auf dem Weg dieser Theorien war und – hätte man mehr auf Leibniz und Huyghens gehört – man sie schon früher hätte finden können. Es sei in diesem Zusammenhang an Einstein erinnert: „Newton, verzeih mir; du fandest den einzigen Weg, der zu deiner Zeit für einen Menschen von höchster Denk- und Gestaltungskraft eben noch möglich war. Die Begriffe, die du schufst, sind auch jetzt noch führend in unserem physikalischen Denken, obwohl wir nun wissen, daß sie durch andere, der Sphäre der unmittelbaren Erfahrung ferner stehende ersetzt werden müssen, wenn wir ein tieferes Begreifen der Zusammenhänge anstreben.“ (A. Einstein, *Philosopher Scientist*, S. 30 ff.)

Erhaltungssätze, die für Descartes, Huyghens und Leibniz so bedeutend sind, spielen für Newton keine wichtige Rolle. Er beweist zwar, im Zusatz 3 zu seinen Gesetzen, die Erhaltung der Bewegungsgröße als gerichtete Größe, doch behandelt er im zweiten Teil seiner *Principia* sehr ausführlich Probleme mit Reibungskräften, bei denen die mechanische Energie nicht erhalten ist. Es zeigt sich hier

ein Unterschied sowohl in der erkenntnistheoretischen als auch in der ethisch-religiösen Grundhaltung. In der Tat könnte ein Empirist mit Recht darauf verweisen, daß die kinetische Energie bei keinem real ablaufenden irdischen Prozeß erhalten ist, und die Spekulationen eines Leibniz, der annahm, daß die (sichtbare) kinetische Energie in (unsichtbare) innere Bewegungsenergie umgewandelt wird, als ad hoc Hypothese verwerfen. Zum anderen zeigt sich aber auch eine sehr verschiedene Auffassung vom Wirken Gottes. Während für Leibniz die Weisheit Gottes, der das Universum so geschaffen hat, daß ein supranaturales Eingreifen nicht nötig ist, wesentlich ist, zeigt sich für die Newtonsche Schule die Vollkommenheit der Welt in der ununterbrochenen Ausübung der göttlichen Macht und Herrschaft.

In diesem historischen Umfeld ist die Schrift *Spec dyn I* und *II* zu sehen. Sie hatte sicherlich keinen großen direkten Einfluß auf die Entwicklung der Physik, wenn auch der mit diesen und ähnlichen Schriften (neben *Spec dyn* insbesondere die „*Brevis Demonstratio . . .*“, GM VI, S. 117 ff., CassBu, S. 246 ff.) entfachte Streit zwischen Cartesianern und Leibnizianern über das wahre Kraftmaß bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts andauerte (cf Kants Erstlingschrift: „*Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte . . .*“, 1747). Der Gedanke an die zentrale, metaphysisch motivierte Bedeutung von Erhaltungsgrößen trat allerdings gänzlich in den Hintergrund; und in der Vorrede zum berühmten „*Traité de la dynamique*“ (1743) tat D'Alembert diese ganze Kontroverse als einen Streit um Worte ab. Es ist wohl ein Indiz für die Langlebigkeit von Vorurteilen auch in den objektiven Wissenschaften, daß ein historisch gebildeter und scharfsinniger Physiker wie Ernst Mach diese Meinung D'Alemberts übernahm (Mach, *Mech.*, S. 247; aber auch Cassirer, S. 322 ff.). Cassirer zeigt, daß im 19. Jahrhundert, als der Gedanke an die Erhaltung der „Kraft“ (das heißt in moderner Terminologie: Energie) als universeller Größe zentrale Bedeutung für die Physik gewann, Überlegungen wie die von Leibniz durchaus wieder angestellt wurden (Cassirer, S. 311 f.; S. 321). T. S. Kuhn

geht sogar noch einen Schritt weiter, indem er aus guten Gründen vermutet, daß über die deutschen Naturphilosophen ein mittelbarer Einfluß von Leibniz auf einen Teil der Pioniere des Energiesatzes im 19. Jahrhundert zu verzeichnen ist (T. S. Kuhn, „Energy conservation . . .“, deutsch in: „Die Entstehung des Neuen“, Frankfurt 1978).

*Tabellarische Übersicht wichtiger Daten über die
Entwicklung der Mechanik im 17. Jahrhundert*

- S. Stevinus (1548–1620), *Hypomnemata mathematica* (Leiden 1608).
- G. Galilei (1564–1642), *Discorsi e dimonstrazioni matematiche* (Leiden 1638). Verurteilung des Galilei 1633.
- J. Kepler (1571–1630), *Astronomia nova* (Heidelberg 1609); *Harmonices mundi* (Linz 1615).
- P. Gassendi (1592–1655), *De motu impresso a motore translato* (Lyon 1658).
- R. Descartes (1569–1650), *Principia Philosophiae* (Amsterdam 1644).
- Chr. Huyghens (1629–1695), *The laws of motion on the collision of bodies* (London 1669); *Horologium Oscillatorium* (Paris 1673).
- I. Newton (1642–1726), *Philosophiae naturalis principia mathematica* (London 1688).
- G. W. Leibniz (1646–1716), *Theoria motus abstracti ...* (ca. 1671); *Specimen Dynamicum* (1695). Aufenthalte in Paris (Treffen mit Huyghens) 1672–1676, Mitglied der Royal Society 1673, Entscheidung der Royal Society im Prioritätsstreit über die Differentialrechnung zugunsten Newtons 1711.

ZUR SCHRIFT „SPECIMEN DYNAMICUM“

Die Schrift „Specimen Dynamicum“ wurde nie vollständig von Leibniz veröffentlicht. Der erste Teil erschien im April 1695 in den „Acta Eruditorum“, eine 1682 von O. Mencke nach dem Vorbild des „Journal des Savants“ gegründete erste wissenschaftliche Zeitschrift Deutschlands. Leibniz war der bedeutendste Mitarbeiter dieses Magazins, in dem u. a. auch 1686 die „Brevis Demonstratio Erroris memorabiles Cartesii ...“ erschienen war. Den zweiten Teil der Schrift hat Leibniz nicht publiziert, obwohl er doch äusserst einschlägige Argumente gegen den physikalischen Atomismus und die Mechanik Newtons enthält. Er wurde nach den Manuskripten des Leibniz-Archivs in Hannover im sechsten Band der „Mathematischen Schriften“ (ed. Gerhardt) herausgegeben, aber wie die letzten Abschnitte des ersten Teils bisher nicht übersetzt. Leibniz schrieb im Juni 1695 an Burnet, daß er auf Anregung von Freunden einige Gedanken zur Dynamik in den „Acta Eruditorum“ veröffentlicht habe. Der zweite Teil der Schrift hatte im Mai desselben Jahres folgen sollen. Da die Schrift „Specimen Dynamicum“ zehn Jahre später verfaßt wurde als der „Discours de Metaphysique“, muß die Leibniz'sche Substanzmetaphysik zu dieser Zeit als im wesentlichen ausgebildet betrachtet werden. Das Specimen stellt – vergleichbar dem vermutlich später verfaßten „Essay de Dynamique ...“ (Math. VI, 215 ff.) – das einschlägige Dokument für die Synthese der Lehre von den einfachen Substanzen und derjenigen von den lebendigen Kräften dar.

VERZEICHNIS DER WICHTIGSTEN IM TEXT VORKOMMENDEN NAMEN

Borelli, Giov. Alfonso, 1608–1679. Naturforscher. Wendete mechanische Gesetze auf biolog. Vorgänge an. Versuchte Keplersche Gesetze abzuleiten. *Theorica medicorum planetarum ex causis physicis deducta* (1666); *De motu animalium* (1680–81); *De motionibus naturalibus a gravitate pendentibus* (1686).

Copernicus, Nicolaos, 1473–1543. Astronom. Stellte in Kenntnis der klass. Vorläufer (u. a. Aristarch) ein heliozentrisches Weltbild auf. *De revolutionibus orbium coelestium* (1543).

Dechales, Claude François Milliet, 1621–1678. Pers. Bekannter Leibnizens aus seiner Pariser Zeit (G. M. VI, 81). *Cursus seu mundus mathematicus* (1674).

Demokritos, 460–371 v. Chr. Gilt als Begründer des antiken Atomismus. Er lehrte, daß alles Geschehen aus der Mechanik der Atome erklärbar sei. Die Atome unterscheiden sich durch Gestalt, Größe, Lage und Anordnung.

Fabri, Honoré, 1606–1688. Pers. Bekannter Leibnizens (G. M. VI, 81 ff.). *Physica, i. e. scientia rerum corporearum in X tractatus distributa* (1669).

Fludd, Robert, 1574–1637. Schüler von Paracelsus, Verf. der „*Philosophia Moysaica*“ (posth. 1638).

Galilei, Galileo, 1564–1642. Naturforscher. Wichtige Beiträge zur Astronomie und Mechanik. *Dialogo dei Massimi Sistemi* (1632); *Discorsi e Dimonstrazioni Matematiche intorno a due nuove scienze . . .* (1638).

Gassendi, Pierre, 1592–1655. Philosoph und Naturforscher. Vermittelte und interpretierte den Atomismus des Epikur. Auch beobachtender Astronom und Experimentator, Kopernikaner. *De motu impresso a motore translato* (1642); *Syntagma philosophicum* (posth.).

Huyghens (Hugenius), Christiaan, 1629–1695. Mathematiker, Physiker und Astronom. *Horologium oscillatorium* (1673); *De motu corporum ex percussione* (1669, posth. 1703); wichtiger Briefpartner Leibnizens (G. M. II, 11 ff.).

Kepler, Johannes, 1571–1630. Astronom und Mathematiker. Neben den bekannten 3 Keplerschen Gesetzen, die die Kopernikanische Hypothese zu einer quantitativ der Ptolemäischen überlegenen Theorie machten, auch wichtige Beiträge zur Entwicklung des Massebegriffs und der Infinitesimalrechnung. *Astronomia Nova* (1609); *Harmonices mundi* (1615).

Malebranche, Nicole, 1638–1715. Wichtigster Repräsentant des Occasionalismus. Hauptwerk: *De la recherche de la vérité* (1675).

Marci, Marcus, 1595–1667. Naturforscher. *De proportionibus motus* (1639).

Mariotte, Edme, c. 1620–1684. Naturforscher. Hydro- und aerostatische Entdeckungen, genaue Stoßversuche. *Essais de physique* (1676–79); *Traité de la percussion des corps* (1673–84).

Molyneux, William, 1656–1698. Naturforscher und Politiker. Seine im Text erwähnte *Dioptrica Nova* erschien 1692.

More, Henry, 1614–1687. Neben Ralph Cudworth hervorragendster Vertreter unter den Neuplatonikern der „Cambridger Schule“. Wichtiger Tradent kabalistischer Naturmystik (s. Erl. z. *Spec. Dyn.* I, 13). Korrespondierte mit Descartes. Hauptwerk: *Encheiridion metaphysicum* (1671).

Pardies, Ign. Gaston, 1636–1673. Persönl. Bekannter Leibnizens aus seiner Pariser Zeit (*G. M.* VI, 81). *Discours du mouvement local* (1670).

Wallis, John, 1616–1673. Mathematiker, bed. Vorläufer Newtons. Briefpartner Leibnizens (*G. M.* IV, 5 ff.). *Arithmetica infinitorum* (1656); *Stoßgesetze (inelast.)* (1668); *Mechanica, sive Tractatus de Motu* (1670–71); *Opera Mathematica* (1693–99), Nachdr. Hildesheim 1972.

Wren, Sir Christopher, 1632–1723. Architekt (St. Paul's cath.) und Naturforscher. Beiträge zur Himmelsmechanik. *Stoßgesetze (elast. Stoß)* (1668).

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ

SPECIMEN DYNAMICUM

SPECIMEN DYNAMICUM
pro admirandis Naturae Legibus circa
corporum vires et mutuas Actiones
detegendis et ad suas causas revocandis

5

Pars I.

(1) Ex quo *Novae Scientiae Dynamicæ* condendæ mentionem injecimus, multi Viri egregii variis in locis uberio-
rem hujus doctrinæ explicationem postularunt. Quando
igitur librum componere nondum vacat, dabimus hoc
10 loco, quæ lucem aliquam accendere possint, fortasse etiam
ad nos cum foenore redituram, si quidem sententias eorum
eliciamus, qui vim cogitandi cum eloquendi humanitate
conjunxerint; quorum judicia etiam grata nobis fore profi-
temur, et ad perfectionem operis profutura speramus. In
15 rebus corporeis esse aliquid præter extensionem, imo
extensione prius, alibi admonuimus, nempe ipsam vim
naturæ ubique ab Autore inditam, quæ non in simplici
facultate consistit, qua scholæ contentæ fuisse videntur,
sed præterea conatu sive nisu instruitur, effectum plenum
20 habituro, nisi contrario conatu impediatur. Hic nisus
passim sensibus occurrit et meo judicio ubique in materia
ratione intelligitur, etiam ubi sensui non patet. Quod si
jam Deo per miraculum transcribi non debet, certe oportet,
ut vis illa in ipsis corporibus ab ipso producat, imo
25 ut intimam corporum naturam constituat, quando agere
est character substantiarum, extensioque nil aliud, quam
jam præsuppositæ nitentis renitentisque id est resistentis

2 seu admirandæ Naturæ Leges circa: *del. L 4 add. Ls 5 AE*
10 fortasse...14 speramus *add. L^m 11 cum foenore add. L²*
13 judicia (si absit acerbitas) etiam: *del. L 15 imo...16 prius add.*
L^s 16 Vim actricem quæ: del. L 17 naturæ...inditam add. L^s
18 qua...videntur *add. L^s 20 Hic...42 tradita add. L^m 22 sensu*
L 23 jam add. Ls 23 certe AE 25 intimam add. L² 26 cha-
acter add. L² 27 nitentis renitentisque sive add. L², id est AE

SPECIMEN DER DYNAMIK

zur Aufdeckung der bewunderswerten Gesetze der Natur bezüglich der Kräfte und der wechselseitigen Aktionen der Körper und zu deren Rückführung auf ihre Ursachen

Teil I.

(1) Seitdem wir eine *neue*, noch zu begründende *Wissenschaft der Dynamik* erwähnt haben, haben viele ausgezeichnete Männer an verschiedenen Orten eine ausführlichere Erläuterung dieser Lehre verlangt. Da nun die Zeit, um ein Buch zu schreiben, noch nicht zur Verfügung steht, werden wir an diesem Ort darbieten, was einiges Licht anzünden könnte, welches vielleicht sogar zu uns mit Gewinn zurückkehren wird, wenn wir die Meinungen derjenigen hervorlocken, die Kraft des Denkens mit Menschlichkeit im Ausdruck verbunden haben; wir erklären, daß auch deren Urteile uns willkommen sein werden, und wir hoffen, daß sie dem Fortschritt des Werkes hilfreich sein werden. Darauf, daß es in körperlichen Dingen etwas außer der Ausdehnung, ja sogar vor der Ausdehnung, gibt, haben wir an anderem Ort aufmerksam gemacht, und zwar jene überall vom Schöpfer eingegebene Kraft der Natur, die nicht in einfacher Fähigkeit besteht, womit sich die Schulphilosophie zufrieden gegeben zu haben scheint, sondern darüber hinaus mit einem Streben oder Drang ausgestattet ist, der seine volle Wirkung haben würde, wenn er nicht von einem entgegengesetzten Streben gehindert würde. Dieser Drang begegnet den Sinnen allenthalben und wird nach meinem Urteil überall in der Materie durch den Verstand erkannt, auch wenn er der Wahrnehmung nicht offensteht. Wenn dieses nicht schon auf Gott durch ein Wunder zurückgeführt werden darf, so ist es sicherlich nötig, daß jene Kraft in den Körpern selbst von ihm hervorgebracht wird, ja sogar, daß sie die innerste Natur der Körper konstituiert, da Agieren der Charakter der Substanzen ist, und da die Ausdehnung nichts anderes bedeutet, als die Fortsetzung oder Ausbreitung einer schon vorausgesetzten

substantiae continuationem sive diffusionem, dicit; tantum
 abest, ut ipsammet substantiam facere possit. Nec refert,
 30 quod omnis corporea actio a motu est, motusque ipse non
 est nisi a motu sive in corpore jam ante existente sive
 aliunde impresso. Nam motus (perinde ac tempus) nun-
 quam existit, si rem ad *ἀκρῶθειαν* revoces, quia nunquam
 totus existit, quando partes coexistentes non habet. Nihil-
 35 que adeo in ipso reale est, quam momentaneum illud, quod
 in vi ad mutationem nitente constitui debet. Huc igitur
 redit quicquid est in natura corporea praeter Geometriae
 objectum seu extensionem. Eaque demum ratione simul et
 veritati et doctrinae veterum consulitur. Et quemadmodum
 40 jam Democriti corpuscula, et Platonis ideas, et Stoicorum
 in optimo rerum nexu tranquillitatem, nostra aetas a con-
 temtu absolvit; ita nunc Peripateticorum tradita de Formis
 sive Entelechiis (quae merito aenigmatica visa sunt, vixque
 45 ipsi Autoribus recte percepta) ad notiones intelligibiles
 revocabuntur; ut adeo receptam a tot seculis Philosophiam
 explicare potius, ita ut constare sibi possit, (ubi hoc pati-
 tur) atque illustrare porro, novisque veritatibus augere,
 quam abolere necessarium putemus.

(2) Atque haec studiorum ratio mihi et prudentiae do-
 50 centis et utilitati discentium maxime accommodata videtur,
 ne destruendi quam aedificandi cupidiores videamur, neve
 inter perpetuas doctrinae mutationes, audacium ingenio-
 rum flatibus quotidie incerti jactemur; sed tandem aliquan-
 do humanum genus, refrenata sectarum libidine, (quam
 55 inanis novandi gloria stimulat) constitutis certis dogmati-
 bus, inoffenso pede non in Philosophia minus quam in

30 omnis nisus: *del. L* 32 (perinde ac tempus) *add. L²* 33 acri-
 beiam *L* 36 nitente consistit: *del. L* 37 quicquid in natura est
 praeter: *del. L* 44 recte intellecta): *del. L* 45 revocantur: *del.*
L 46 ita...48 augere *add. L^m*

drängenden und zurückdrängenden, das heißt widerstehenden Substanz, also fern davon ist, die Substanz selbst ausmachen zu können. Es tut nichts zur Sache, daß jede körperliche Aktion von der Bewegung herrührt, während die Bewegung selbst notwendigerweise von einer anderen Bewegung herrührt, von einer entweder im Körper schon vorher existierenden oder anderswoher eingepprägten. Denn Bewegung (wie auch Zeit) existiert niemals, wenn man die Sache ganz exakt beurteilt, da sie niemals als Ganzes existiert, weil sie keine koexistierenden Teile hat. Und daher ist nichts in ihr real außer jenes Momentane, das in einer zur Veränderung drängenden Kraft bestehen muß. Hierher kommt also alles, was in der körperlichen Natur ist, mit Ausnahme des Gegenstandes der Geometrie, nämlich der Ausdehnung. Durch diese Argumentation werden zugleich sowohl die Wahrheit als auch die Lehre der Alten berücksichtigt. Und so wie schon unser Zeitalter die Korpuskeln Demokrits, die Ideen Platons und die Unerschütterlichkeit der Stoiker angesichts des besten Zusammenhanges der Dinge vor Verachtung gerettet hat, wird jetzt die überlieferte Lehre der Peripatetiker über Formen und Entelechien (die mit Recht als rätselhaft betrachtet und kaum von ihren eigenen Urhebern richtig verstanden wurde) auf verständliche Begriffe zurückgeführt; da wir meinen, es sei nötig, die bislang von so vielen Jahrhunderten akzeptierte Philosophie eher zu erläutern, damit sie feststehe (wo dies möglich ist), weiter zu beleuchten und durch neue Wahrheiten zu vermehren, als sie zu vernichten.

(2) Und diese Forschungsmethode scheint mir am meisten sowohl der Umsicht des Lehrenden als auch dem Nutzen der Lernenden ziemlich, damit wir nicht eifriger zu sein scheinen, zu zerstören als aufzubauen, und damit wir nicht unter den ewigen Veränderungen der Doktrin im Winde kühner Geister jeden Tag unsicher treiben; sondern damit endlich einmal das menschliche Geschlecht, nachdem die Lust nach Sekten (eine Lust, die der eitle Ruhm des Neuerns anspornt) gezügelt und sichere Grundsätze konstituiert worden sind, mit ungestörtem Schritt nicht weniger in der Philosophie als in der Mathematik zu

Mathesi ad ulteriora progrediatur. Cum in scriptis praestantium Virorum veterum et recentiorum (si ea fere adimas quibus in alios durius dicunt) plurimum esse solet
 60 veri et boni; quod erui et in publicos thesauros digeri mereatur. Idque utinam facere mallent homines, quam censuris tempus prodigere, quibus tantum vanitati suae litant. Nobis certe, quibus in novis et nostris quibusdam ita favit fortuna, ut de his solis cogitare nos passim juberent amici,
 65 nescio quomodo tamen pleraque etiam aliena non displicent, et suo quodque pretio, etsi diverso censetur; cujus rei fortasse causa est, quod plura agitando nihil spernere didicimus. Sed nunc in viam redeamus.

(3) Duplex autem est *vis Activa* (quam cum nonnullis
 70 non male *Virtutem* appelles) nempe aut *primitiva*, quae in omni substantia corporea per se inest, (cum corpus omnimode quiescens a rerum natura abhorre arbitrer) aut *derivativa*, quae primitivae vel limitatione per corporum inter se conflictus resultans, varie exercetur. Et primitiva
 75 quidem (quae nihil aliud est quam *ἐντελέχεια ἢ πρώτη*) *animae vel formae substantiali* respondet; sed vel ideo non nisi ad generales causas pertinet, quae phaenomenis explicandis sufficere non possunt. Itaque illis assentimur, qui formas in rerum sensibilibus causis propriis specialibusque
 80 tradendis adhibendas negant: quod monere operae pretium est, ne, dum eas velut postliminio ad fontes rerum aperiendos reducimus, simul ad vulgaris scholae battologias redire velle videamur. Interim necessaria earum notitia est ad recte philosophandum, nec quisquam se corporis naturam
 85 tenere satis putet, nisi animum talibus adverterit intellex-

57 Cum...68 redeamus *add. L^m* 59 plurimum sit: *del. L* 63 et nostris *add. L²* 65 etiam: *AE* 65 non...67 est *add. L²* 69 (quam...70 appelles) *add. L^s* 74–75 De primitiva illa tradere ad aliam scientiam pertinet: *del. L* 74–75 De primitiva (quae ...*πρώτη*) in alia scientia agendum est, nam: *del. L* 76 sed...93 potest. *add. L^m*

Weiterem fortschreiten könne. Denn in den Schriften hervorragender antiker und moderner Männer gibt es üblicherweise manches Wahre und Gute (wenn man davon absieht, was sie zu hart gegen andere sagen): es lohnt sich, daß dieses ausgegraben und in die öffentlichen Schatzkammern getragen wird. Wenn nur die Menschen es vorzögen, dies zu tun, anstatt die Zeit mit Kritiken zu vergeuden, durch die sie nur ihrer eigenen Eitelkeit Opfer bringen! Uns sicherlich, die wir in gewissen neuen und originellen Gedanken so vom Schicksal begünstigt wurden, daß Freunde uns allenthalben hießen, über dies allein nachzudenken, mißfällt irgendwie dennoch auch nicht das meiste Fremde, und es wird jedes nach seinem Wert, wenn auch nach verschiedenem, geschätzt; wofür vielleicht Ursache ist, daß, indem wir vieles gemacht haben, wir gelernt haben, nichts zu verachten. Aber jetzt wollen wir auf den Weg zurückkehren.

(3) Zweifach also ist die *aktive Kraft* (die man mit einigen nicht schlecht *Wirksamkeit* nennen mag), und zwar entweder *ursprünglich*, die jeder körperlichen Substanz an sich innewohnt (denn ich erachte einen völlig ruhenden Körper als mit der Natur der Dinge unverträglich), oder *abgeleitet*, die gleichsam aus der Begrenzung der ursprünglichen aus dem Zusammenprall der Körper untereinander hervorgehend, auf verschiedene Weise ausgeübt wird. Die ursprüngliche freilich (die nichts anderes ist, als die erste Entelechie) entspricht *der Seele oder der substantiellen Form*; aber gerade deswegen gehört sie nur zu den allgemeinen Ursachen, die nicht ausreichen können, um die Phänomene zu erklären. Und so stimmen wir denen bei, die sagen, daß beim Angeben der eigentlichen und besonderen Ursachen der sinnlichen Dinge keine Formen angewandt werden sollen: darauf aufmerksam zu machen lohnt sich, damit wir, während wir sie gleichsam durch das Heimkehrrecht dahin zurückbringen, die Quellen der Dinge offenzulegen, nicht zugleich den Anschein erwecken, zu den Klopffechtereien der gewöhnlichen Schulphilosophie zurückkehren zu wollen. Indessen ist deren Kenntnis notwendig zum richtigen Philosophieren, und niemand möge denken, er erfasse die Natur des Körpers genügend, wenn er

eritque imperfectam, ne dicam falsam esse notionem illam substantiae corporeae crassam et ab imaginatione solam pendentem, ac philosophiae corpuscularis (per se egregiae verissimaeque) abusu ab aliquot annis incaute introductam.

90 Quemadmodum vel hoc argumento constat, quod omnimodam cessationem ac quietem a materia non excludit, nec legum naturae vim derivativam moderantium, rationes afferre potest. Similiter vis quoque passiva duplex est, vel primitiva, vel derivativa. Et quidem *vis primitiva patiendi*

95 seu *resistendi* id ipsum constituit, quod *materia prima*, si recte interpreteris, in scholis appellatur, qua scilicet fit, ut corpus a corpore non penetretur, sed eidem obstaculum faciat, et simul ignavia quadam, ut sic dicam, id est ad motum repugnatione sit praeditum, neque adeo nisi fracta

100 nonnihil vi agentis impelli se patiatur. Unde postea *vis derivativa patiendi* varie in *materia secunda* sese ostendit. Sed nostrum est generalibus illis ac primitivis sepositis suppositisque, quibus ob formam corpus omne semper agere, et ob materiam corpus omne semper pati ac resistere

105 docemur, nunc quidem pergere ulterius, et in hac doctrina de *virtutibus et resistentiis derivativis* tractare, quatenus variis nisibus pollent corpora, aut rursus varie renitentur; his enim accommodantur leges actionum, quae non ratione tantum intelliguntur, sed et sensu ipso per phaenomena

110 comprobantur.

(4) Vim ergo derivativam, qua scilicet corpora actu in se invicem agunt, aut a se invicem patiuntur, hoc loco non aliam intelligimus, quam quae motui (locali scilicet) cohaeret, et vicissim ad motum localem porro producendum

92 vim...moderantium *add. L²* 93 quoque primitiva: *del. L* 93 passiva...94 *vis* quidem *primitiva add. L^s* 97 ei *L* 98 et... 105 et *add. L^m* 98 et inertia quadam: *del. L* 98 ut sic dicam, hoc est *add. L²* 100 Unde...101 ostendit *add. L²* 103 ob formam *add. L²* 108 enim nascuntur: *del. L* 111 Vis igitur, qua corpora actu ipso invicem agunt meo loquendi more duplex est mortua seu inchoata, et viva seu formata. Et mortua quidem ad vivam se habet ut punctum ad lineam, adeo ut ex infinitis demum vis mortuae impressionibus viva nascatur.: *del. L* 112 aut...patiuntur: *AE* 113 (*add. L* 113 scilicet) *add. L^s* 113 corporis vim habentis cohaeret: *del. L* 114 porro *add. L^s*

nicht auf solches geachtet hat und erkannt hat, daß jener grobe, von der Vorstellung allein abhängige und durch Mißbrauch der (für sich betrachtet hervorragenden und sehr wahren) Korpuskularphilosophie vor einigen Jahren unvorsichtig eingeführte Begriff der körperlichen Substanz unvollkommen, um nicht zu sagen falsch ist, was auch durch dieses Argument feststeht, daß er jeglichen Stillstand und Ruhe von der Materie nicht ausschließt und die Gründe der die abgeleitete Kraft regelnden Naturgesetze nicht angeben kann. Auf ähnliche Weise ist auch die passive Kraft zweifach, entweder ursprünglich oder abgeleitet. Und zwar macht *die ursprüngliche Kraft des Leidens* oder des *Widerstehens* genau das aus, was in der Schulphilosophie, wenn man richtig interpretiert, *erste Materie* genannt wird, wodurch es freilich geschieht, daß ein Körper von einem anderen Körper nicht durchdrungen wird, sondern ihm ein Hindernis stellt, und zugleich mit einer gewissen Trägheit, um es so auszudrücken, das heißt einem Widerstand gegen die Bewegung ausgestattet ist und es daher nur dann duldet, fortgetrieben zu werden, wenn die Kraft des Agierenden etwas geschwächt wird. Woraus sich nachher auf verschiedene Weise *die abgeleitete Kraft des Leidens in der zweiten Materie* zeigt. Aber an uns ist es, indem jenes Allgemeine und Ursprüngliche abgetrennt und vorausgesetzt ist, von dem wir lernen, daß jeder Körper aufgrund seiner Form immer agiert und jeder Körper aufgrund seiner Materie immer leidet und widersteht, jetzt weiterzugehen und in dieser Lehre von den *abgeleiteten Wirksamkeiten und Widerständen* zu handeln, inwiefern die Körper mit verschiedenen Drängen wirksam sind oder wiederum auf verschiedene Weise zurückdrängen; denn zu diesen passen die Gesetze der Aktionen, die nicht nur mit der Vernunft erkannt, sondern auch mit der Wahrnehmung selbst durch die Phänomene bewiesen werden.

(4) Die abgeleitete Kraft also, wodurch nämlich Körper im Treiben aufeinander wechselseitig agieren oder voneinander wechselseitig leiden, verstehen wir hier nicht anders, als diejenige, welche mit der (freilich örtlichen) Bewegung zusammenhängt und wiederum dazu tendiert, örtliche Be-