

Philosophische Bibliothek

Galileo Galilei

Discorsi

Unterredungen und
mathematische Beweisführungen zu
zwei neuen Wissensgebieten

Meiner





GALILEO GALILEI

Discorsi

Unterredungen und
mathematische Beweisführungen
zu zwei neuen Wissensgebieten

Übersetzt und herausgegeben von

ED DELLIAN

FELIX MEINER VERLAG
HAMBURG

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

ISBN 978-3-7873-2811-6

ISBN eBook: 978-3-7873-2812-3

www.meiner.de

© Felix Meiner Verlag Hamburg 2015. Alle Rechte vorbehalten. Dies gilt auch für Vervielfältigungen, Übertragungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen, soweit es nicht §§ 53 und 54 URG ausdrücklich gestatten. Satz: Type & Buch Kusel, Hamburg. Druck: Strauss, Mörlenbach. Bindung: Litges & Dopf, Heppenheim. Werkdruckpapier: alterungsbeständig nach ANSI-Norm resp. DIN-ISO 9706, hergestellt aus 100% chlorfrei gebleichtem Zellstoff. Printed in Germany.

INHALT

Einleitung des Herausgebers	VII
I. GALILAEUS IGNOTUS – Warum eine neue Ausgabe der <i>Discorsi</i> notwendig ist	VII
II. EPPUR' SI MUOVE – Galilei beweist die wirkliche Bewegung der Erde und zugleich die Wahrheits- fähigkeit des Menschen	XVII
III. Bibliographische Anmerkung	LIII

Galileo Galilei Discorsi

Widmungsschreiben an den Fürsten von Noailles	3
Der Verleger an die Leser	7
ERSTER TAG	11
ZWEITER TAG	135
DRITTER TAG	181
VIERTER TAG	271

ANHANG

[Über das Schwerezentrum mehrerer Körper]	329
---	-----

Anmerkung des Herausgebers:

Geozentrik, Heliozentrik, Kosmozentrik: Was beweist Galileis Jugendschrift »Über das Schwerezentrum mehrerer Körper«?	357
---	-----

Im Streit um Rechtsfragen oder um andere menschliche Dinge, in denen es weder Wahres noch Unwahres gibt, mag einer wohl auf seinen Scharfsinn, seine Schlagfertigkeit und seine größere Belesenheit vertrauen und hoffen, dass der in diesen Dingen Überlegene auch als der Klügere erscheinen und beurteilt werden wird; aber in den Naturwissenschaften, deren Schlüsse wahr und notwendig sind, und wo menschliche Willkür nichts vermag, muss man sich hüten, das Falsche zu verteidigen, weil tausend Männer wie Demosthenes und tausend wie Aristoteles nichts ausrichten gegen irgendeinen mittelmäßigen Kopf, der das Glück gehabt hat, die Wahrheit zu erkennen.

Galileo Galilei, *Dialogo* (1632), Erster Tag – Salviati

Die größten Wahrheiten widersprechen oft geradezu den Sinnen, ja fast immer. Die Bewegung der Erde um die Sonne – was kann dem Augenschein nach absurder sein? Und doch ist es die größte, erhabenste, folgenreichste Entdeckung, die je der Mensch gemacht hat, in meinen Augen wichtiger als die ganze Bibel.

Johann Wolfgang von Goethe, 1831 zu Kanzler von Müller

EINLEITUNG

I. GALILAEUS IGNOTUS – *Warum eine neue Ausgabe der Discorsi notwendig ist. Einige Bemerkungen über die Naturlehre Galileis, über die Zerstörung ihres Wirklichkeitsbezugs in der analytischen Mechanik des 18. Jahrhunderts, und über ihre Aktualität als Hilfsmittel zu einem realistischen Verständnis der modernen Physik.*

450 Jahre nach der Geburt Galileo Galileis und rund 375 Jahre nach dem Erscheinen von Galileis *Discorsi* in Leiden (1638) liegt dieses Buch nun in einer neuen deutschen Ausgabe vor. Die *Discorsi* sind Galileis wichtigstes Buch. Man findet darin das Fundament und den Kern der neuen anti-aristotelischen und anti-scholastischen, platonisch inspirierten, nicht *logisch*, sondern *analog*, d.h. *mit geometrischen Proportionen arbeitenden mathematischen Naturlehre* und der auf Erfahrung gegründeten anti-akademischen, *natürlichen Philosophie* (*philosophia naturalis*) der Renaissance. Fünfzig Jahre später veröffentlicht Isaac Newton 1687 in London sein Jahrtausendwerk *Philosophiae naturalis principia mathematica* in drei Büchern. In den beiden ersten Büchern stellt er (unter Zurückweisung der hypothetisch-deduktiven Philosophie des René Descartes) die neue, empirisch und experimentell arbeitende natürliche Philosophie mathematisch und systematisch als Lehre von der Bewegung vor, wobei er die euklidische Geometrie, Galileis Wissenschaftsmethode und die mit beidem gewonnenen Erkenntnisse Galileis ausdrücklich voraussetzt. Es steht außer Frage: Galileis *Discorsi* von 1638 sind die Grundlage der *Principia* Newtons und die Gründungsurkunde der neuzeitlichen Naturwissenschaft.

Galileis Buch, gegliedert in vier »Tage«, ist noch nie in einer deutschsprachigen Ausgabe erschienen, die in Form und Inhalt dem Original entsprechen würde. Die erste und bisher einzige deutsche Übersetzung, welche Ende des 19. Jahrhunderts Arthur von Oettingen vorstellte, wurde zunächst nur unter willkürlicher

Aufteilung publiziert, in »Ostwald's Klassikern der exakten Wissenschaften«, die Wilhelm Ostwald in Leipzig herausgab, verteilt auf die Oktavhefte 11 (1890), 24 (1904) und 25 (1891), jeweils begleitet von umfangreichen Erläuterungen und Anmerkungen des Übersetzers. Spätere Ausgaben haben sich darauf beschränkt, diese Teile zusammenzubinden. In der mir vorliegenden Ausgabe (Darmstadt 1973) findet man deshalb mitten im Buch (im Anschluss an Galileis »Zweiten Tag«) ein »Nachwort« des Herausgebers von Oettingen, dann 10 Seiten mit »Anmerkungen« von derselben Hand, danach erst die Übersetzung des »Dritten Tages«, woran sich weitere 19 Seiten mit solchen »Anmerkungen« anschließen. Ergänzend enthält die Ausgabe einen fünften und einen sechsten »Tag«, die man in Galileis Buch von 1638 nicht findet. Sie wurden späteren Ausgaben (nach Galileis Tod) unter Zugrundelegung von Entwürfen Galileis hinzugefügt.

Arthur von Oettingen erklärt in seinem »Nachwort«, er habe »das Original textgetreu übersetzt nach Grundsätzen, wie sie für Übertragungen dieser Art von Fr.C. Wolff in der Vorrede zu Cicero's *de Oratore*, Altona 1801, so trefflich entwickelt werden.« Aus meiner Sicht gibt es einigen Anlass zu bezweifeln, dass ihn diese Grundsätze zu einer angemessenen Wiedergabe des Originals geführt haben. Bereits die Übersetzung des (übrigens nicht von Galilei, sondern vom Verlag Elsevir formulierten) Buchtitels, wo Arthur von Oettingen den Terminus technicus »*movimenti locali*« (*örtliche Bewegungen im Raum*) eigenwillig mit »Fallgesetze« wiedergibt, wie auch seine sehr anfechtbare Übertragung einiger anderer technischer Begriffe Galileis in die Sprache der Schulphysik, hat mich veranlasst, von Oettingens Arbeit nur in Zweifelsfällen (neben anderen, insbes. der englischen Übersetzung von Stillman Drake) vergleichend zu Rate zu ziehen. Was den Buchtitel (unten S. 1) angeht, so habe ich das allgemein gebräuchliche Kürzel »*Discorsi*« (*Unterredungen*) verwendet und mir aber die Freiheit genommen, den Text des Verlags Elsevir so zu modifizieren, dass die Gegenstände der beiden im Ersten und Zweiten bzw. Dritten und Vierten Tag von Galilei vorgestellten »neuen Wissensgebiete« zumindest angedeutet sind.

Um auf die Mängel der von Oettingischen Ausgabe zurückzukommen, so ist hier der »Impetus« besonders zu nennen, der bei Galilei in Übereinstimmung mit der antiken anti-aristotelischen und christlichen Bewegungslehre des Johannes Philoponus aus dem 6. Jahrhundert als *unkörperliche übertragene Bewegungskraft* auftritt, d. h. als nicht-materielle schöpferische Bewegungs-Ursache. Ich habe, um dies klarzustellen, überall, wo Galilei (lat.) »impetus« oder (ital.) »impeto« schreibt, das Wort »Bewegungskraft« oder »Bewegungsursache« verwendet und die Adjektive »übertragen« und »unkörperlich« hinzugesetzt, wo das geboten schien, um materialistischen Fehlschlüssen vorzubeugen. Von Oettingen hingegen übersetzt »Impetus« zumeist mit »Geschwindigkeit«. Diese aber heißt bei Galilei »velocitas« bzw. »celeritas«, und sie ist ein Merkmal der von der nicht-körperlichen Ursache »Impetus« *schöpferisch erzeugten* (bzw. aufrecht erhaltenen) Bewegung als materieller Wirkung dieser Ursache. Von Oettingens Übersetzung unterdrückt also den nicht-materiellen Realanteil der Bewegungslehre Galileis, indem sie die Ursache mit der Wirkung gleichsetzt, was wohl nicht nur in diesem Zusammenhang ein gravierender Mangel ist.

Hinzu kommt, dass der Übersetzer von Oettingen in seinen kommentierenden Erläuterungen die – wie er schreibt – »Schwerfälligkeit« der Beweisführungen Galileo Galileis, die »überall sofort eintritt, wo [geometrische] Proportionen angesetzt werden«, durch Übertragung in die arithmetisch-algebraische und mathematisch-logische Sprache der analytischen »klassischen Mechanik« zu beseitigen versuchte, wodurch nach seiner Meinung »Beweise, die im Texte eine ganze Seite einnehmen, heutzutage mit zwei Zeilen abgetan sind.« In Wahrheit wird dabei nicht nur die geometrische Sprache der Galileischen Methode verkürzt und zerstört, sondern auch deren »synthetische« Beweiskraft, und der Bezug der Lehre Galileis zur Realität von Raum und Zeit, d. h. zur wirklichen Welt als räumlich-zeitlichem »Bezugssystem« der Bewegung, geht verloren.

An dieser Stelle sei generell davor gewarnt, Galileis Werke durch die analytische Brille der klassischen Schulmechanik zu

lesen oder seine natürliche Philosophie »logisch« verstehen zu wollen. Denn diese Philosophie, die »nuova scienza« Galileis, argumentiert nicht logisch, sondern »onto-logisch«. Das heißt, hier gilt nicht das der menschlichen Vernunft logisch Einsichtige oder »Plausible« als richtig und das »Unplausible« als falsch, sondern richtig und »wahr« ist, was *der Wahrheit und Wirklichkeit der Natur gemäß* ist, und unrichtig, was an diesem Maßstab gemessen, d. h. nach der natürlichen Erfahrung, als »absurd« erscheint. Eine Behauptung »ad absurdum führen« heißt hier also, sie an der Realität scheitern zu lassen. Die gesamte Auseinandersetzung Galileis mit der scholastischen akademischen Philosophie ist deshalb weit mehr als eine bloße Korrektur einzelner aristotelischer »Irrtümer« – etwa bezüglich der Fallgeschwindigkeit verschieden schwerer Körper: Aus der aristotelischen Hypothese, dass »die Schwere« bzw. *das Gewicht* der Körper (welches dort als Körpereigenschaft verstanden wurde) Ursache ihres Fallens sei, folgt nämlich durchaus »logisch«, also ohne Irrtum, dass dem doppelten Gewicht die doppelte Fallgeschwindigkeit entspreche. *Erst und nur an der natürlichen Erfahrung gemessen*, d. h. *onto-logisch*, erweist sich dieser logische Schluss der Aristoteliker als absurd und falsch. Gleiches gilt, wo Galilei zeigt, dass ein rechteckiges Stück Stoff, um die längere Seite zu einer breiten, kurzen Röhre geformt, weit mehr Fassungsvermögen hat, als wenn man aus demselben Stück eine schmale, hohe Röhre macht. Die Logik verführt zu dem falschen Schluss, das Fassungsvermögen müsse in beiden Fällen dasselbe sein, da doch das Stück Stoff ein und dasselbe ist. Insgesamt korrigiert also Galilei nicht einzelne Mängel der aristotelisch-scholastischen Naturphilosophie: *Er demonstriert vielmehr, dass die Anwendung der Logik und des analytischen (hypothetisch-deduktiven) Verfahrens auf die Natur zu unrealistischen, d. h. zu wirklichkeits- und wahrheitsfernen »absurden« Ergebnissen führt.* Die Sprache der Natur folgt eben nicht der menschlichen Logik – sondern, wie schon Platon lehrte, den »analogen« Prinzipien der euklidischen Geometrie und geometrischen Proportionenlehre. Die Aktualität dieser Einsicht spiegelt sich in einem Wort des angloamerikani-

schen Anthropologen und Ökologen Gregory Bateson: »The major problems in the world are the result of the difference between how Nature works and the way people think«.

Die euklidische Geometrie war für Galilei wie für alle wahren »Geometer« der Renaissance, beginnend wohl mit Nicolaus Cusanus (1401–1464), die Sprache, in der das »Buch der Natur« geschrieben ist. Wer diese Sprache nicht kennt, so schreibt Galilei in seinem Werk *Il Saggiatore* (Rom 1623), der versteht nichts und irrt umher wie in einem ausweglosen Labyrinth. Die geometrische Beweisführung ist *synthetisch*, insofern sie mit Hilfe der geometrischen Proportionenlehre (Euklid, Elemente, V. Buch), d. h. durch *Analogiebetrachtungen* (*analogia* ist das griechische Wort für Proportion) Schlüsse vom Bekannten auf das gesuchte Unbekannte zieht, so, wie das in der Elementarmathematik bis heute mit dem Dreisatz geschieht.

Dagegen operiert die *analytische Mechanik* seit ihrer Begründung durch Leonhard Euler (*Mechanica*, 1736) arithmetisch-algebraisch und strikt *analytisch*, d. h. sie leitet ihre Ergebnisse durch Deduktion mittels der mathematischen Logik »analysierend« aus vorausgesetzten Prinzipien oder Hypothesen her. Mit Euler kehrt also die Wissenschaft zur vor-galileischen Methode der Scholastik zurück. Anders als die geometrische analoge Synthese hat diese arithmetisch-analytische oder logische Methode zwangsläufig keinen Zugang zu Erkenntnissen, die nicht bereits in der jeweils vorausgesetzten Hypothese enthalten sind. Ihre Schlussfolgerungen stehen immer unter der Voraussetzung des »wenn – dann«: Nur wenn die Hypothese zutrifft, dann trifft auch die Schlussfolgerung zu. Deshalb weist Galilei der Geometrie (d. h. der analogen Methode), insoweit es um die Erkenntnis der Natur geht, hier in den *Discorsi* ausdrücklich gegenüber der Logik den Vorrang zu (durch den Mund Sagredos, siehe II, 51, 53). Indem Galilei die geometrischen Sätze *unmittelbar aus der Betrachtung der Natur herleitet*, gewinnt er das geometrische raumzeitliche »Bezugssystem« der Bewegung, relativ zu dem die absolute oder wahre oder wirkliche Bewegung erkannt werden kann: Es ist *der absolute Raum, die absolute Zeit*, und der in

Raum und Zeit *wirklich existierende Kosmos*. Ich habe deshalb Galileis zeichnerische Darstellung dieses Maß- und Bezugssystems, wie man sie im »Dritten Tag« (zu Theorem I, Lehrsatz I) findet, auf Seite XXXI besonders hergehoben. Zu beachten ist, dass »der absolute Raum« als Maßstab relativer »Räume« (spatia, »spaces«, d. h. Abstände, Strecken, Wege) *nur eine einzige »Dimension« hat*, nämlich die der *unendlichen allseitigen Ausdehnung*; dieses ganz un-aristotelische »eindimensionale« Raumverständnis Galileis (vgl. I, 84: »[...] dass es keine unendlich große Kugel geben kann, noch irgend einen anderen klar umschriebenen Körper, oder eine ebensolche Fläche, der bzw. die unendlich wäre«) war, wie der Wissenschaftshistoriker Max Jammer 1954 schreibt (Concepts of Space), schon in der Antike den Stoikern bekannt.

Diese Gründung der Bewegungslehre auf ein geometrisches Maß- und Bezugssystem aus skaliertem absolutem Raum und absoluter Zeit ignorieren und unterdrücken *ausnahmslos alle* herkömmlichen Darstellungen der Bewegungslehre Galileis, als Folge der im 18. Jahrhundert von Leibniz und Kant, im 19. von Ernst Mach und im 20. Jahrhundert von Albert Einstein verbreiteten Argumente gegen die wissenschaftliche Bedeutung und Erkennbarkeit bzw. gegen die Realität des absoluten Raumes und der absoluten Zeit, d. h. gegen die objektive Wirklichkeit überhaupt. Dass dieser Wirklichkeitsbezug bei der Neuübersetzung wiederentdeckt und als unverzichtbares Element der mathematischen Darstellung von Galileis Bewegungslehre erkannt wurde, macht diese neue Ausgabe der *Discorsi*, zumal dank der Bedeutung dieses Fundes für das Verständnis der modernen Physik, die ich andernorts mehrfach aufgezeigt habe, zu einer wissenschaftlichen Sensation.

Galilei beginnt mit einer »Definition« der absoluten *gleichförmigen Bewegung* in Raum und Zeit – mit einem Gegenstand also, der keineswegs als Phänomen handgreiflich-sinnlich erfahrbar ist, so dass man ihn wohl »transempirisch« zu nennen hat: Der (skalierte) absolute Raum und die (skalierte) absolute Zeit liegen Galileis »Lehrsatz I« als die invarianten *räumlichen und zeit-*

lichen Maßstäbe zugrunde, ohne die ein Gesetz der »absoluten« oder *wirklichen* Bewegung nicht formuliert werden könnte. Relativ zu diesen Maßstäben werden die *variablen* Räume, die ein gleichförmig-geradlinig bewegter Körper durchmisst, und die *variablen* Zeiten, die er dazu benötigt, als Messwerte bestimmt. Die diskreten Elemente dieses absoluten Raumes und dieser absoluten Zeit gehen notwendigerweise in den Lehrsatz bzw. in das Bewegungsgesetz mit ein. Galileis Lehrsatz I liegt deshalb eine *viergliedrige geometrische Proportion* (griech. *tetraktys*) zugrunde. Diese zeigt das Verhältnis der zueinander proportionalen *relativen Räume* und *relativen Zeiten*, wobei die unveränderlichen Elemente der absoluten Maßstäbe »Raum« und »Zeit« als *Proportionalitätsfaktor* fungieren: Die viergliedrige Proportion des Lehrsatzes I beschreibt also die rationale mathematische (d. h. geometrische) *Beziehung der Bewegung zu Raum und Zeit* in der Form, dass die messbaren (relativen) Räume und Zeiten einer gleichförmigen Bewegung erwiesenermaßen zueinander proportional sind, was nur möglich ist, weil auch die absoluten Maßstäbe des Raumes und der Zeit, relativ zu denen sie bestimmt werden, zueinander proportional sind.

Der Beweischarakter dieser geometrischen Proportion wird aber dann durch eine bloße Behauptung oder *Hypothese* ersetzt, wenn man, wie es in den Anmerkungen von Oettingens und in der von ihm zugrunde gelegten analytisch-algebraischen oder »klassischen« Mechanik seit Leonhard Euler überall geschieht, für diese Bewegungsform nur die zweigliedrige Beziehung »relativer (variabler) Weg durch relative (variable) Zeit« verwendet, die man als Geschwindigkeitsmaß *definiert* und dazu kurzerhand *ohne* Angabe eines Bezugssystems, d. h. ohne Realitätsbezug und *ohne Beweis* erklärt, dass eben dieses Maß »logischerweise« bei der *gleichförmigen* Bewegung *invariant* sei. Sicherlich ist diese »reduktionistische« und hypothetische, zweigliedrige Geschwindigkeitsdefinition, das elementarste »Bewegungsgesetz« der klassischen Mechanik, im Sinne von Oettingens »einfacher« als der viergliedrige synthetisch-geometrische Satz Galileis; aber dafür fehlt ihr eben dessen beweiskräftige Verbindung

mit einem bestimmten raumzeitlichen Maß- und Bezugssystem, d. h. es fehlt ihr der Bezug zu der einen, objektiven, wahren Realität oder eben zur *Wirklichkeit und Wahrheit der in Raum und Zeit existierenden »Natur«*. Hier liegt der Grund, weshalb die klassische Mechanik im Lauf des 19. Jahrhunderts ohne formal-mathematische Veränderung von ihrer nur dogmatischen Bindung an einen absoluten Raum und eine absolute Zeit gelöst werden und auf eine strikt »relativistische« (und wiederum »logische«) Perspektive (Ernst Mach 1883) reduziert und festgelegt werden konnte, in der ausschließlich *variable* Räume und Zeiten vorkommen, die dann erst bei der praktischen Anwendung *von Fall zu Fall* relativ zu beliebig angenommenen *materiellen* Bezugssystemen, nämlich *relativ zu benachbarten materiellen Objekten* bestimmt werden, ganz ebenso wie in der aristotelischen Physik. Dieser »materialistische« Ansatz führte im Weiteren zu den Relativitätstheorien Einsteins (1905, 1915), insoweit ihnen das Prinzip der »Gleichberechtigung aller (stets materiellen) Bezugssysteme« zugrunde liegt. Dass diese Entwicklung so nicht hätte stattfinden können, wenn die authentische, synthetisch-geometrische Form des realitätsbezogenen Bewegungsgesetzes Galileis und Newtons verstanden und beibehalten worden wäre, liegt auf der Hand.

Die Mangelhaftigkeit der Übersetzung von Oettingens hängt also eng mit einer jahrhundertealten reduktionistischen analytischen Fehlinterpretation der Lehre Galileis zusammen, die deren methodischem Gehalt, ihrem spezifischen Wirklichkeitsbezug und ihrem daraus folgenden Wahrheitsanspruch nicht gerecht wird. Diese »Anpassung« der Lehre Galileis an die spätere analytische oder klassische Schulmechanik wird in der Übersetzung von Oettingens im Übrigen von einer durchgreifenden Revision des barocken Satzbaues Galileis begleitet. Auch sie dient dazu, Galileis Lehre im Lichte der Schulmechanik und materialistischen »Physik« des 19. Jahrhunderts wiederzugeben, wodurch der wahre epochale Gehalt der *Discorsi* nachhaltig weiter verdunkelt wird. Ich habe, um diesen Effekt zu vermeiden, auch den Satzbau Galileis so weit wie möglich beibehalten.

Hinzugefügt habe ich die fortlaufende Nummerierung der Diskussionsbeiträge an den einzelnen »Tagen«, was die Orientierung in dem umfangreichen Werk erleichtert. So bezeichnet z. B. die Chiffre III,17 den berühmten Diskussionsbeitrag Salviatini (durch dessen Mund Galilei spricht) aus dem »Dritten Tag«, in dem nachgewiesen wird, dass bei gleichförmig beschleunigter Bewegung die Geschwindigkeit nicht proportional zur zurückgelegten Wegstrecke (d. h. zum eindimensionalen »Raum«), sondern *proportional zur verstrichenen Zeit* anwächst.

Galilei verstand sich sehr entschieden als Mathematiker *und Philosoph*. Die Lektüre seiner viel zu wenig bekannten originalen Werke zeigt in der Tat: Seine methodische Wahrheitssuche wie auch die darauf aufbauende »Philosophia naturalis« Newtons unterscheidet sich *fundamental* von der damaligen wie heutigen, allein auf die menschliche Logik gegründeten, damals wie heute aristotelisch-scholastisch geprägten akademischen Philosophie (einschließlich der »Naturphilosophie« des Neuscholastikers René Descartes). Diese ist eine Schule des folgerichtigen menschlichen Denkens. Hier leitet man mit Hilfe der Logik Gedanken aus anderen her, sucht und findet Gründe, zieht Folgerungen, und urteilt *anthropozentrisch*; Bezugssystem ist allein die menschliche Vernunft. »Wahr« ist hier, was logisch vernünftig oder »plausibel« ist, und verworfen wird, wofür ein logisch hinreichend »vernünftiger Grund« nicht zu finden ist. Galilei dagegen sucht nicht *logische Gründe*, sondern die *wirklichen natürlichen Ursachen* beobachtbarer Phänomene. Sein Werkzeug ist nicht die formale Logik des Aristoteles, sondern die geometrische »Analogie«, d. h. die Lehre von den natürlichen *Proportionen*; es ist die realistische Onto-logik der euklidischen Geometrie. Die »nuova scienza« Galileis ist wie Newtons Lehre ein bis heute kaum verstandener, revolutionärer *kosmozentrischer* Gegenentwurf zu aller herkömmlichen, anthropozentrischen »Philosophie« und philosophischen Welterklärung. Sie ist keine *Philosophie der Natur*, denn sie wendet nicht die traditionelle, logische und hypothetisch-deduktive philosophische Methode auf die Natur an. Sie ist nicht »Physik« (und Galileis Buch ist

gewiss kein physikalisches Lehrbuch), weil sie keine bloße »monistische« Materielehre ist, sondern eine *dualistische* Philosophie von Geist und Materie in Wechselwirkung. Sie ist *Philosophia naturalis*, »natürliche Philosophie« – nämlich die erfolgreiche Unternehmung, *allein aus der natürlichen Erfahrung* wahre Erkenntnis über das Wirken der Natur zu gewinnen, d. h. zunächst die grundlegenden realen Gesetzmäßigkeiten *der materiellen Bewegung und ihrer immanenten nichtmateriellen Ursachen* zu entdecken und in der geometrischen Sprache darzustellen, welche die Sprache »der Natur selbst« ist. Die so begründete neue, die geometrische »natürliche« Philosophie, ist also kein *logisches* System, und sie ist auch kein *geschlossenes* System. Galilei hat, wie er mehrfach betont, *mit Hilfe der Geometrie einen allerersten Anfang gemacht*, wobei er für alle Zeiten geltend wahre Teile des *Fundaments der Realität* freilegen konnte. Und er, der oft als eingebildet und besserwisserisch Gescholtene, straft seine Verleumder Lügen, wo er bescheiden anmerkt, er habe nur den methodischen Weg zu weiteren Erkenntnissen gewiesen, »in qua ingenia meo perspiciora abditiores recessus penetra-bunt«.

Allerdings: Die tragenden Prinzipien, die Galilei fand (und auf denen Newton aufbaute), bleiben gegen alle logisch-philosophische Spitzfindigkeit und gegen alle relativistischen Interpretations- und Umdeutungsversuche bestehen, weil und insoweit sie ebenso wahr sind wie die Natur selbst. Das zeigt sich an der Wiederkehr dieser analogen geometrischen Strukturen in der auf neue Erfahrungen gegründeten *modernen Physik*, wo in deren elementaren Sätzen die Variablen um »Naturkonstanten« als Proportionalitätsfaktoren angeordnet sind (1884 Poynting, 1900 Planck, 1905 Einstein, 1925 Heisenberg), welche Konstanten wie bei Galilei und Newton als Parameter des zugrundeliegenden natürlichen, raumzeitlichen Bezugssystems der Bewegung fungieren. Aber man erkennt den roten Faden, der von Galilei zur Moderne führt, und man gewinnt dieses tiefere Verständnis der bei allem Anwendungserfolg doch bislang *unverstandenen* »physikalischen« Theorien der Moderne nur, wenn man Galileis

Einsicht folgt, dass eben *Geometrie* die Sprache der Natur ist, wenn man die Prinzipien der natürlichen Philosophie Galileis und Newtons im Licht dieser Sprache studiert und verstanden hat, und wenn man sie dann auf die Prinzipien der modernen Physik anwendet. Wie das im Einzelnen möglich ist, und welche Einsichten dabei zu gewinnen sind, habe ich an anderer Stelle gezeigt. Im folgenden Teil II stelle ich die Grundlinien dieser Beweisführung vor.

II. EPPUR' SI MUOVE (... und sie bewegt sich doch!¹): Galilei beweist die wirkliche Bewegung der Erde und zugleich die Wahrheitsfähigkeit des Menschen.² Einige Bemerkungen zum Dritten und Vierten »Tag« der *Discorsi*.

Galileo Galilei verfasste die *Discorsi* (wie das Buch allgemein kurz genannt wird) in den Jahren nach seiner kirchlichen Verurteilung zu Widerruf, lebenslänglichem Arrest und Publikations-

¹ Das Wort »Eppur' si muove« ist historisch nicht verbürgt. Es gibt aber sehr gut wieder, was Galilei nach dem Urteilsspruch gedacht haben könnte: An der wahren Wirklichkeit und der wirklichen Wahrheit der Natur (der einzigen absolut verlässlichen Wahrheitsquelle) kann kein Urteilsspruch und kein Widerruf etwas ändern.

² Dass der Mensch – ohne Anleitung durch das oder den »Glauben« – »von Natur aus« wahrheitsfähig sei, wurde im Rahmen der hypothetisch-deduktiven aristotelisch-scholastischen Erkenntnislehre bestritten, und in jenem Rahmen zu Recht. Denn jene Methode kann, da sie von Hypothesen ausgeht, nur Einsichten deduzieren, die relativ zur jeweiligen Hypothese schlüssig, d. h. logisch »plausibel« sind. Weil aber die Hypothese selbst immer nichts anderes als eine unbewiesene Behauptung ist, so ist das, was aus ihr logisch hergeleitet wird, zwar vielleicht logisch möglich, aber gleichfalls unbewiesen. Die Methode hat deshalb keinen sicheren Zugang zur wirklichen Wahrheit der Natur. Dagegen setzte Galilei seine alternative, empirische Erkenntnismethode. Diese geht ohne Hypothesen unbedingt von der Erfahrung aus, und sie arbeitet »analog«, d. h. mit geometrischen Proportionen. Konnte Galilei damit auch nur eine einzige natürliche Wahrheit sicher beweisen, so hatte er gegen alle Skeptiker die Wahrheitsfähigkeit des Menschen für alle Zeit bewiesen.

verbot (1633). Wie es kam, dass das Buch trotz dieses Verbots im Jahre 1638 bei Elsevir in Leiden gedruckt und veröffentlicht werden konnte, geht aus der Widmung an Galileis Gönner, den Grafen von Noailles, hervor. Galilei hat sie offensichtlich dem Buch vorangestellt, um zu zeigen, dass die Drucklegung ohne sein Zutun geschah, d.h. ohne dass er selbst dem Urteilsspruch von 1633 zuwiderhandelte. Aus der Widmung geht allerdings auch hervor, dass Galilei Kopien seines Werkes in die Hände anderer Personen in anderen Ländern verschickte, damit man sehen sollte, dass er, wenn er auch notgedrungen schweige, dennoch sein Leben »nicht in gänzlichem Müßiggang verbringe«.

Aber was bewog diesen alten Mann (er stand, als er verurteilt wurde, im 70. Lebensjahr) trotz Krankheiten aller Art und fortschreitender Erblindung wirklich, die Mühe dieses Werkes auf sich zu nehmen? Der Inhalt der *Discorsi* und das Schicksal ihres Verfassers geben die Antwort. Das Inquisitionsverfahren war in Gang gekommen, nachdem Galilei 1632 das Buch »Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano« veröffentlicht hatte. Wie der Titel sagt, geht es darin um die Gegenüberstellung des traditionellen *ptolemäischen* (geozentrischen bzw. anthropozentrischen) und des neuen *copernicanischen* (kosmozentrischen) Weltbildes. Der aufmerksame Leser des Buches bemerkt schnell, dass der Autor Galilei auf der Seite des Copernicus steht und, wenn auch nicht ausdrücklich, so doch faktisch die Copernicanische Lehre von der Bewegung der Erde um die Sonne und von der kosmischen Bewegung beider Himmelskörper im absolut ruhenden Raum *als Wahrheit* erkennt. Damit aber verstieß er gegen das ihm 1616 von Kardinal Bellarmin auferlegte Gebot, diese Lehre (wie in der scholastischen Wissenschaftstheorie üblich) lediglich als Hypothese zu vertreten, also ohne ihre Wahrheit zu behaupten.

Tatsächlich hatte Galilei auch einen wirklich zwingenden Beweis für die Erdbewegung bis dahin noch nicht vorgestellt. Das Urteil von 1633 stützt sich wesentlich darauf, dass er das Gebot von 1616 ignoriert und in seinem Buch eine nicht bewiesene Hypothese *als Wahrheit* gelehrt habe.

Diesen Beweis nachträglich zu liefern war, so behauptete ich, das eigentliche Anliegen, das Galilei mit den *Discorsi* verfolgte. Und Galilei hat, so behauptete ich weiter, die Grundlage für die Beweisführung, dass sich die Erde *wirklich* bewegt, in diesem Buch, im Kapitel »Dritter Tag, Über die örtliche Bewegung im Raum« [De motu locali] tatsächlich geliefert.

Zu beweisen war, dass entgegen dem Anschein die Erde wirklich und wahrhaftig eine Bewegung von Ort zu Ort im Raum [motus localis] anhaltend vollzieht. Aber was ist und wie erkennt man Bewegung – und wie beweist man sie? Diese scheinbar einfache Frage betrifft ein keineswegs einfaches Problem; deshalb auch war sie seit unvordenklicher Zeit ungeklärt. Dem waren unter anderem die uralten Bewegungsparadoxa des Zenon geschuldet, etwa das von Achilles und der Schildkröte.³ Bis Galilei ihnen die Grundlage entzog, als er das geometrische Naturgesetz der wirklichen Bewegung in Raum und Zeit entdeckte und mit dem räumlich-zeitlichen Maß- und Bezugssystem der Bewegung zeigte, wie und woran eine wahre, wirkliche Bewegung messend zu erkennen ist.

Die neue, beweisende und messende Bewegungslehre, und in ihrem Mittelpunkt die beweisbare Wirklichkeit und Wahrheit von Bewegung, ist der eigentliche, zentrale Gegenstand der *Discorsi*. Man findet diese Lehre in den Kapiteln »Dritter Tag« und »Vierter Tag« dieses aus Gesprächen komponierten Buches, die sich in der ersten Ausgabe über vier »Tage« erstrecken. Galilei schreibt hier in der Einleitung zum »Dritten Tag« (gemäß der Bedeutung des Themas in Latein):

³ Dieses Paradoxon behauptet, dass der Läufer Achilles eine Schildkröte, die – unter einer gewissen Vorgabe – mit ihm demselben Ziel zustrebt, niemals ein- und überholen könne. Der »Beweis« wird geführt, indem (unter der Hand) das ruhende Bezugssystem der beiden Bewegungen, nämlich die Grundlinie, von der Achilles startet, willkürlich wiederholt so an die Startlinie der Schildkröte verschoben wird, dass diese relativ zur jeweiligen Startposition des Achilles immer einen Vorsprung behält. Dieser wird dann zwar stetig kleiner, verschwindet aber niemals ganz.

»De subjecto vetustissimo novissimam promovemus scientiam. MOTU nil forte antiquius in natura, et circa eum volumina nec pauca nec parva a philosophis conscripta reperiuntur; symptomatum tamen, quae complura et scitu digna insunt in eo, adhuc inobservata, necdum indemonstrata, comperio.«

(Über einen sehr alten Gegenstand bringen wir hier eine vollkommen neue Erkenntnis. Nichts in der Natur ist älter als die BEWEGUNG [Großschreibung im Original], und über diese gibt es sehr viele und umfangreiche Schriften der Philosophen. Dennoch habe ich darüber eine Menge wissenswerter Merkmale in Erfahrung gebracht, die bisher nicht beobachtet oder doch nicht bewiesen wurden.)

Galilei beschließt diese Einleitung bescheiden mit dem (oben lateinisch zitierten) Satz, er stelle hier nur die Anfänge der neuen Bewegungslehre vor; »in ihre tieferen Geheimnisse einzudringen bleibt Geistern vorbehalten, die dem meinen überlegen sind.«

Was ist und wie erkennt man Bewegung? Zunächst scheint es ein eindeutig beobachtbares Phänomen zu sein. Die Sonne bewegt sich am Himmel vom Morgen zum Abend. Aber: Bewegt sie sich *wirklich*? Bewegung ist ein *relationales* Phänomen; sie bezieht sich auf anderes, das nicht bewegt ist, d. h. das ruht. Nur in Bezug auf etwas Ruhendes kann von einem Ding gesagt werden, dass es (relativ zu diesem Ruhenden) bewegt sei. Regelmäßig beziehen wir die Bewegung eines Körpers auf einen anderen *Körper*, von dem wir annehmen, dass er ruhe. Im Fall der Bewegung der Sonne ist die Erde, die wir als ruhend annehmen, bzw. der Beobachter auf der Erde, das »Bezugssystem«. So verhält es sich in der aristotelischen Bewegungslehre. Wie aber, wenn sich der Beobachter auf der Sonne befände? Würde er dann nicht die Erde sich um die Sonne bewegen sehen? Und wie, wenn sich in Wahrheit die Erde selbst *tatsächlich* im Raum um die Sonne bewegt?

Jeder, der einmal im Eisenbahnabteil sitzend auf die Abfahrt wartete, hat schon beobachtet, dass sich sein Zug relativ zu dem auf dem Nachbargleis stehenden in Bewegung zu setzen schien, während es, sobald der Bahnhof sichtbar wurde, doch der Nach-

barzug war, der sich relativ zu dem Gebäude und relativ zum Beobachter bewegte. Dieser hatte eben den Nachbarzug unwillkürlich als ruhendes Bezugssystem angenommen und daraus den Schluss gezogen, die örtliche Veränderung zwischen den beiden Zügen sei das Zeichen einer Bewegung des eigenen Zuges. Erst als der Bahnhof als Bezugssystem ins Sichtfeld kam, wurde der Irrtum offenbar. Aber: War es ein Irrtum? Wie, wenn es der Bahnhof wäre, der sich bewegt, da er doch fest mit der Erde verbunden ist, die sich – vielleicht – ihrerseits mitsamt dem Bahnhof im Raum bewegt?

Die Frage, was sich *wirklich und in Wahrheit* »absolut« bewegt, entscheidet sich mit der Existenz und Verfügbarkeit eines Bezugssystems, das seinerseits wirklich ruht. Ob aber ein *materielles* Bezugssystem (Eisenbahnzug, Bahnhof, Beobachter, Erde, Sonne, Fixsterne), d. h. ein *Bezugskörper*, wirklich ruht, ist ohne ein anderes, wirklich ruhendes Bezugssystem, relativ zu dem dieses Ruhen festzustellen wäre, wiederum nicht zu entscheiden.

Isaac Newton beschreibt das Dilemma wie folgt: »Eigentümlichkeit der Ruhe ist es, dass Körper, die wirklich ruhen, im Verhältnis zueinander ruhen. Obwohl es nun möglich ist, dass irgendein Körper in den Bereichen der Fixsterne oder weit jenseits davon absolut ruht, ist es unmöglich, aufgrund der gegenseitigen Lage der Körper in unseren Weltgegenden eine sichere Kenntnis darüber zu erlangen, ob irgendeiner von ihnen eine gegebene Position zu jenem weit entfernten Körper beibehält oder nicht: Die wahre Ruhe kann aus ihrer Lage zueinander nicht erschlossen werden«.⁴

Zu Zeiten Galileis und Newtons war bereits bekannt, dass selbst die Fixsterne nicht mit Sicherheit als wirklich ruhend gelten können. Somit scheiden alle bekannten und beobachtbaren materiellen Körper, da sie prinzipiell alle beweglich sind, als

⁴ Isaac Newton, Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie, aus dem Lateinischen übersetzt und herausgegeben von Ed Dellian, Hamburg 1988; 3. Aufl. Sankt Augustin 2011, S. 90.

wirklich ruhende Bezugssysteme aus. Die Lösung des Problems liegt deshalb in der *Entdeckung eines unbegrenzten und nicht-materiellen Bezugssystems der Bewegung*. Das ist für Galilei wie für Newton der unendliche (und folglich notwendigerweise ruhende) *absolute Raum*. Wirkliche Bewegung kann nun verstanden und erkannt werden *relativ zu diesem absolut ruhenden absoluten Raum*, und zwar als *Ortsveränderung* in diesem Raum, d. h. als »*motus localis*«, wie Galilei es nennt, als Veränderung eines Körpers weg von einem notwendigerweise *immateriellen Ort in diesem absoluten immateriellen Raum, hin zu einem anderen solchen Ort*, wobei diese Örter im Raum – wie wiederum Newton erläutert – ihrerseits notwendigerweise ebenso unbeweglich sind wie der Raum selbst. »Sie sind daher absolute Örter, und nur Ortsveränderungen von diesen Örtern weg sind absolute [wirkliche, wahre] Bewegungen«. ⁵

Gibt es ihn wirklich, den leeren »absoluten Raum«, den Raum »an sich«, und die unbeweglichen Örter dieses Raumes? Ich denke, die Realität des absoluten, unendlichen, nichtmateriellen Raumes steht außer allem vernünftigen Zweifel. Sie erschließt sich unmittelbar bereits dem unbefangenen Beobachter, der des Nachts zwischen den Sternen hindurch den Blick in die Unendlichkeit richten kann. Dieser wirkliche, in jede mögliche Richtung unendlich sich ausdehnende immaterielle Raum ist freilich kein »Behältnis« materieller Objekte, die sich »in« ihm befänden. Im Gegensatz zu einem notwendigerweise *allseitig begrenzten*, also »dreidimensionalen«, nach Länge, Breite und Höhe ausmessbaren und folglich *endlichen* Behältnis ist er *allseitig unbegrenzt* und unendlich. Sein geometrisches Maß ist das Maß der »eindimensionalen« Ausdehnung oder Erstreckung in alle denkbaren Richtungen. ⁶ Materielle Körper sind nicht »in« diesem

⁵ Ebd., S. 89.

⁶ Galilei beweist, »dass es keinen klar umschriebenen [d. h. allseits begrenzten] Körper geben kann, der unendlich wäre« (siehe I, 84). Im Widerspruch hierzu hat Albert Einstein (so wie auch andere Anhänger der empirizistischen Relativitätstheorie, die scheinbar keinen absoluten Raum kennt) den unendlichen absoluten Raum der Newtonschen Lehre

Raum, sondern sie bewegen sich und existieren *relativ zu ihm*, und *nur* so bewegen sie sich und existieren sie *überhaupt*. Der Raum, die reale Existenz des Raumes, ist somit gewissermaßen die *Existenzbedingung der Wirklichkeit der Welt*. Sein geometrisches Maß, die eindimensionale allseitige Ausdehnung, die Erstreckung, ist vor- und darzustellen als gerade, aus dem grenzenlosen Unendlichen kommende und ins Unbegrenzte führende Linie, nicht als zweidimensionale begrenzte Fläche, nicht als dreidimensional begrenztes Behältnis. Der absolute Raum »an sich« hat nur *ein* Maß, eine »Dimension«; dieses Maß ist »Weg«, »Länge«, »Strecke«, »Abstand«, »Zwischenraum«, »spatium«, »space«. Als Symbol dafür steht hier das Zeichen [S].

Der Raum als Weg, Strecke oder Abstand, ist aber auch absoluter *Maßstab*. Jeder materielle Stab legt bereits durch seine bestimmte Länge eine bestimmte endliche Strecke [s] relativ zum absoluten Raum [S] als Maß fest. Diese endliche Strecke [s] kann somit als »relativer Raum« (Abstand, Strecke, Weg) bezeichnet werden. Der relative Raum ist immer ein endlicher Ausschnitt aus dem unbegrenzten absoluten Raum, und der unendliche absolute Raum ist die Zusammenfassung aller möglichen derartigen endlichen Maße. Das heißt aber, dass der absolute Raum *selbst der Maßstab ist*, der alle endlichen Wege, Längen, Strecken und Abstände umfasst, so dass er zu deren Messung dient. Die Messung einer endlichen Strecke ist immer die Bestimmung des Maßes dieser Strecke relativ zu einem prinzipiell unbegrenzten, skalierten (gleichmäßig unterteilten) Maßstab. Dieser skalierte Maßstab ist der unbegrenzte absolute Raum, der insofern skaliert ist, als er aus einer unendlichen Anzahl von endlichen Teilen zusammengesetzt ist. Dieser Maßstab vermittelt allen relativen endlichen Räumen (Wegen, Strecken, Abständen) im Messprozess ihre reale Individualität, d. h. ihre erfahrbare Wirklichkeit.

mehrfach als »Behältnis« ironisiert. Einstein konnte wohl nicht sehen, dass ein »unendliches« Behältnis eine Absurdität ist, weshalb das Maß oder die Dimension des sich *real* ins Unendliche erstreckenden »absoluten Raumes« Galileis und Newtons nur die allseits *eindimensionale* Ausdehnung sein kann.

Das Maß *hat teil* an der Wirklichkeit des Maßstabs. Man mag deshalb den absoluten Raum mit Kant als »Bedingung der Möglichkeit von Erfahrung« verstehen; er ist aber darüber hinaus die aller Erfahrung voraus liegende reale *Existenzbedingung der Wirklichkeit der Welt*. Alles Endliche, was wirklich in der Welt »ist«, existiert relativ zum absoluten Raum, und ohne diesen und seine Realität gäbe es kein wirkliches, *wahres Sein* endlicher Dinge.

Analog zu diesem Verständnis des absoluten, wirklichen Raumes ist auch die absolute, wirkliche Zeit »an sich« als skalierter Maßstab zur Messung, d. h. zur erfahrbaren Individualisierung wirklicher endlicher, »relativer« Zeiträume zu verstehen. »Analog« heißt hier: »in genauer geometrischer Entsprechung«, oder auch: *proportional zum metrisch skalierten absoluten Raum*. Die *geometrische Proportionalität* (griech. *analogia*) von Raum und Zeit zeigt sich in der Übereinstimmung der Vielfachen ihrer Elemente: Dem Dreifachen der Elemente des eindimensionalen Raumes entspricht das Dreifache der Elemente der Zeit, dem Vierfachen das Vierfache usw. (Euklid, Elemente, Buch V, Definition 5). Geometrische Proportionalität ist die Lehre von den Verhältnissen der diskreten, d. h. ganzzahligen »Gleichvielfachen« heterogener Entitäten (vgl. Isaac Newton, *Principia*, *Scholium* nach Lemma X). *Geometrische Proportionentheorie ist also im ursprünglichsten Sinn »Quantentheorie«*, und die authentische geometrische Bewegungslehre Galileis und Newtons ist unabweisbar eine »Quantentheorie der Bewegung«.

Man erkennt die *geometrische Proportionalität von Raum und Zeit* und die Übereinstimmung ihrer ganzzahligen Vielfachen am Beispiel einer Analoguhr mit rundem Zifferblatt und Zeigern. Das Zifferblatt soll rund herum, wie es üblich ist, skaliert sein, d. h. das Rund ist unterteilt in gleiche endliche Teile (Strecken, Abstände), welche endliche Zeit-Räume symbolisieren, z. B. 60 endliche Abstände, die für 60 Minuten stehen. Die Zeiger der Uhr messen ersichtlich die Zeit »am Raum«, d. h. an räumlichen Strecken als Minuten-Abständen, was eben deshalb und *nur deshalb* möglich ist, weil Raum und Zeit zueinander geome-

trisch proportional sind. Wie man sieht, repräsentiert das skalierte Zifferblatt der Uhr, oder genauer: der skalierte räumliche Kreisumfang dieses Zifferblattes, die absolute Zeit als Maßstab, an dem endliche Zeiträume als relative Zeiten messend bestimmt werden, wobei das Rund dieses Maßstabs, d. h. die Kreisform, mit der er in sich selbst zurückläuft, die Unendlichkeit des Maßstabs »absolute Zeit« genial symbolisiert. Man sollte deshalb aber nicht die absolute Zeit als zirkulär missverstehen. Sie weist, wie die Erfahrung lehrt, immer in einer Richtung, von der Vergangenheit in die Zukunft, niemals zurück; und da der Raum, zu dem sie proportional ist, sich in gerader Linie aus dem Unendlichen überall hin ins Unendliche erstreckt, so verläuft auch die unendliche absolute Zeit in gerader Linie vom Unendlichen ins Unendliche. Und alles Endliche, was wirklich in der Welt zeitlich existiert und also »ist«, existiert relativ zur absoluten Zeit.

Alle endlichen Dinge existieren in diesem Sinne »in Raum und Zeit«, d. h. nichts ist ohne den Raum, und nichts geschieht außer in der Zeit. Raum und Zeit sind aber allen endlichen Räumen und endlichen Zeiten (d. h. der endlichen, in Raum und Zeit geschaffenen *wirklichen Welt*) als Maßstäbe voraus, so wie jeder Maßstab seiner messenden Anwendung immer voraus ist. Somit stellen Raum und Zeit (der grenzenlose absolute, wirkliche Raum und die unendliche absolute, wirkliche Zeit) das *absolute raumzeitliche Maß- und Bezugssystem* allen wirklichen Seins und aller wirklichen Veränderung, d. h. aller wirklichen Bewegung dar. Die Wirklichkeit und Wahrheit dieses absolut ruhenden *kosmischen Maß- und Bezugssystems* der wirklichen, absoluten Bewegung vermittelt dieser ihre Wirklichkeit und Wahrheit, so dass die wirkliche, wahre und absolute Bewegung eines jeden Körpers einschließlich der Erde nun relativ zu diesem kosmischen, realen und wirklich ruhenden immateriellen Bezugssystem eindeutig erkannt und beschrieben werden kann.

Besonders ist festzuhalten, dass hier »Wahrheit« und »Wirklichkeit« in eins gesetzt werden. Diese Auffassung von Wahrheit stimmt mit der hebräischen des Alten Testaments, aber auch mit dem Neuen Testament überein, insoweit es darin um theologi-

sche Zusammenhänge geht. Man begegnet ihr in den Schriften der Gemeinde vom Qumran und im Evangelium des Johannes. Wahrheit in diesem Sinne ist nichts anderes als die – von Gott ausgehende – Wirklichkeit.⁷ Das Wort Wahrheit meint dann nicht (wie in der aristotelischen Philosophie) eine Eigenschaft von Aussagesätzen, die gegeben ist, wenn ein solcher Satz sich »logisch schlüssig« aus einer vorausgesetzten Hypothese herleiten lässt. Das Wort Wahrheit bezeichnet hier vielmehr ein »ontologisches« (d.h. die *Wirklichkeit des Seins selbst* anzeigendes) Charakteristikum der Wirklichkeit, oder der »Natur«. Die Natur »ist«, und indem sie ist, ist sie *zugleich wirklich und wahr – und widerspricht sich nicht*. Diese Gründung der Wahrheit im wirklichen Sein findet man auch dort, wo Jesus von Nazareth sagt: »Ich bin die Wahrheit«. Die »Wahrheit der Natur«, die in aller Welt und im ganzen Kosmos notwendigerweise ein und dieselbe und deshalb »absolut« ist: Sie ist der reale »tragende Grund« von Allem, und ohne sie »ist« nichts.

Es wäre wohl gegen alle Vernunft, die wirkliche »absolute« Wahrheit der Natur als »totalitär« zu kritisieren und, etwa um der Freiheit willen, zu ignorieren oder zu leugnen. Tatsächlich entzieht Galileis *natürliches Wahrheitsverständnis* allen Bedenken den Boden, die pauschal gegen »die absolute Wahrheit« bzw. gegen »unbedingte« Wahrheitsansprüche immer wieder erhoben werden.⁸ Solche Bedenken sind wohl berechtigt, wo *hypothesen-*

⁷ Ich beziehe mich hier auf den Eintrag »Wahrheit« in Reclams Bi-bellexikon, 6. Aufl. 2000, S. 539 f. Dort heißt es am Ende: »Die berühmte Pilatusfrage ›Was ist Wahrheit?‹ (Joh 18,38) soll wohl die Unangemessenheit des griech. [aristotel.] Wahrheitsverständnisses gegenüber Jesus veranschaulichen: Pilatus fragt nach einer sagbaren Vernunft-Wahrheit, verkennt jedoch, dass er es in Jesus mit der geschichtlichen [d.h. real gegenwärtigen] Wahrheit Gottes zu tun hat.« Der »logischen« Vernunft-wahrheit, die nur relativ zur menschlichen Ratio oder anthropozentrisch zu bestimmen ist, steht die »onto-logische« oder kosmozentrische absolute Wahrheit des wirklichen, natürlichen Seins gegenüber.

⁸ Hätte die christliche Kirche jemals die »Wahrheit der Natur« und die »natürliche Wahrheit« so angenommen und gelehrt, wie das in dem (platonischen) Wahrheitsverständnis des Jesus von Nazareth angelegt

bezogene relative Wahrheiten absolut gesetzt werden, oder wo »heilige Bücher« als Quellen der absoluten Wahrheit angesehen werden, die doch nur Menschenwerk sind. Die Bedenken sind jedoch unberechtigt gegenüber der Wahrheit von Erkenntnissen, die sich auf das »Buch der Natur« als Quelle der Wahrheit stützen.

Die innige Verbindung von wirklicher Wahrheit oder wahrer Wirklichkeit und wirklichem Sein liegt auch der platonischen Methexis-Lehre zugrunde, wonach alle wirklichen Dinge ihre Wirklichkeit und Wahrheit von ihren absoluten Urbildern als realen Maßstäben herleiten, an deren Wirklichkeit und Wahrheit sie »teilhaben«. Die absolute Wirklichkeit und Wahrheit des unbegrenzten Raumes und der unendlichen Zeit verleiht den endlichen relativen Messwerten (Erfahrungswerten) von Räumen und Zeiten, mittels derer wir uns unserer Existenz in Raum und Zeit versichern, ihre Wirklichkeit und Wahrheit.

Die platonisch inspirierte Erkenntnistheorie, nach der alles Erkennen ein *Messen*, und alles Messen ein *Vergleichen mit einem Maßstab* ist, findet man in neuerer Zeit erst wieder bei Nicolaus von Kues (Cusanus), in dessen Buch »De docta ignorantia« von 1440. Es ist offensichtlich eine *geometrische* Erkenntnislehre, und sie bedient sich der geometrischen *Proportionentheorie*, wie Euklid sie in seinem (heute leider kaum mehr bekannten) Lehrbuch vorstellt.

Die geometrische Lehre von der messend erkennbaren wirklichen Bewegung aller Körper ermöglicht auch die messende Bestimmung der Bewegung der Erde selbst. Diese Bewegung ist nicht etwa relativ zu dem Himmelskörper »Sonne« oder »helio-

ist, so hätte sie wohl den dogmatischen Irrweg des vernunftlosen Glaubens vermeiden und den missionarischen »Totalitätsanspruch« der natürlichen (naturgemäßen) Wahrheit des Christentums für jedermann einsichtig begründen können. Denn *diese* Wahrheit hätte denselben unanfechtbaren Status der objektiven »Wissenschaftlichkeit« gehabt, welcher heute den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen unter Anerkennung ihres »totalitären« Geltungsanspruchs weltweit zugestanden wird. Einen »Fall Galilei« hätte es dann nicht gegeben.

zentrisch« zu bestimmen, sondern eben *relativ zu dem oben erläuterten, absolut ruhenden, kosmischen, raumzeitlichen Bezugssystem*.⁹ Die Lehre von der Bewegung der Erde ist deshalb im Gegensatz zu der »geozentrischen« Lehre des Ptolemäus, in der die als ruhend angenommene irdische Weltkugel (genauer: *der Beobachter*, der sich auf dieser Kugel befindet) das zentrale Bezugssystem der Bewegungen der Himmelskörper ist, richtigerweise nicht »heliozentrisch« zu nennen, sondern »kosmozentrisch«. Das in Raum und Zeit aufgespannte Bezugssystem der wahren Bewegung ist nicht die Sonne, sondern es ist *der räumlich-zeitlich existierende Kosmos selbst*. Das gilt umso mehr, als in der copernicanisch-galileischen Kosmologie das »Zentrum« aller Bewegungen der Himmelskörper keineswegs *helios*, »die Sonne« ist, sondern *der Schwerpunkt* des Sonnensystems, der als bloßer Punkt im leeren, absolut ruhenden Raum liegt (Copernicus, *De revolutionibus orbium coelestium*, Buch I Kapitel X; Galileo Galilei, *Dialogo*; Isaac Newton, *Principia*, Drittes Buch, Proposition XI und XII).

⁹ Der Terminus »heliozentrisch« – als Gegenüberstellung zu »geozentrisch« – behauptet, dass ebenso, wie geozentrisch (nach Ptolemäus) *gaia*, die Erde, das zentrale Bezugssystem der Umkreisung bildet, hier *helios*, die Sonne, im Zentrum der Bewegung ruhe. Nun war aber schon zu Galileis Zeit bekannt, dass die Sonne keineswegs ruht, folglich auch nicht als ruhendes Bezugssystem in Betracht kommt; sie rotiert nämlich ihrerseits um einen ruhenden Punkt (der freilich sehr nahe bei ihrem immensen Umkreis liegt). Im Übrigen beweist Galilei hier in den *Discorsi*, in dem aus gutem Grund beigefügten »Anhang«, dass das Schwerezentrum zweier und mehrerer Körper *niemals mit dem Mittelpunkt eines dieser Körper zusammenfallen kann*. Tatsächlich hat Galilei niemals behauptet, dass »die Sonne« bzw. ihr Zentrum der ruhende Mittelpunkt der kosmischen Bewegungen sei (wie es ihm die »Sachverständigen« des Hl. Offiziums jedoch schon 1616 unterstellt hatten). Deshalb halte ich es für richtig, die Copernicanische Lehre, wie Galilei sie vertritt, »kosmozentrisch« zu nennen. Ihr ruhendes Bezugssystem ist eben nicht *helios*, die materielle Sonne oder deren Mittelpunkt, sondern der immaterielle kosmische absolute Raum, d. h. *der Kosmos selbst*.

Galileo Galilei bezeichnet seine Bewegungstheorie als Lehre von der »örtlichen Bewegung«: »De motu locali« setzt er als lateinische Überschrift über den »Dritten Tag« der *Discorsi*, welches Kapitel zusammen mit dem »Vierten Tag«, »Über die Bewegung geworfener Körper«, das Hauptthema des Buches (und des Schicksals Galileis) behandelt. Die Bewegung eines Körpers ist »motus localis«, ist *örtliche* Bewegung, ist also – wie oben unter Berufung auf Isaac Newton dargelegt – *Veränderung der Lage des Körpers von einem Ort an einen anderen Ort im absoluten Raum*. Diese Veränderung von Ort zu Ort, *relativ zum ruhenden absoluten Raum*, bestimmt und kennzeichnet eine *absolute, wirkliche oder wahre Bewegung*. Die Wahl des Terminus »motus localis« zeigt, dass Galilei eine »absolute« Bewegungslehre vorstellt, eine *Lehre von der wirklichen Bewegung* relativ zum absoluten, absolut ruhenden, aus absoluten, unbeweglichen Orten zusammengesetzten, real existierenden immateriellen, unendlichen Raum.

Auch Isaac Newton lehrt die Erkennbarkeit der absoluten oder wirklichen Bewegung relativ zum absoluten Raum. Rund fünfzig Jahre nach Galileis *Discorsi* veröffentlicht er seine *Principia* – das Buch über *die mathematischen Prinzipien der natürlichen Philosophie*. Zu welchem Zweck er das Buch schrieb, teilt Newton darin ausdrücklich mit. Er schreibt am Ende des *Scholiums* über absoluten und relativen Raum, absolute und relative Zeit, und wahre und scheinbare Bewegung, welches er den Bewegungsgesetzen vorausschickt:

»Die wahren Bewegungen der einzelnen Körper [im absoluten Raum] zu erkennen und von den scheinbaren durch den wirklichen Vollzug zu unterscheiden, ist freilich sehr schwer, weil die Teile jenes unbeweglichen Raumes, in dem die Körper sich wirklich bewegen [nämlich die Örter], nicht sinnlich erfahren werden können. Die Sache ist dennoch nicht gänzlich hoffnungslos [...]. Wie man 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 Folgen-

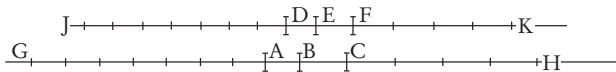
den ausführlicher gezeigt werden. Denn zu diesem Zweck habe ich die folgende Abhandlung verfasst.« (»Hunc enim in finem tractatum sequentem composui«).¹⁰

Isaac Newton also schrieb sein Jahrtausendwerk zum Nachweis der wahren Bewegung von Körpern im absoluten Raum. Könnte man wahre Bewegungen nicht von scheinbaren unterscheiden, so wäre der Wahrheitssuche in der Natur insgesamt der Boden entzogen, da doch nahezu alle natürlichen Phänomene solche der (wirklichen? scheinbaren?) Bewegung von Körpern sind, im Kosmos nicht anders als im Mikrokosmos, in der belebten Materie nicht anders als in der unbelebten. Es geht also mit dem Nachweis der Erkennbarkeit wirklicher Bewegung *um die Wahrheitsfähigkeit des Menschen überhaupt*, und damit gewiss um einen Gegenstand von so hoher Bedeutung, dass es wohl gerechtfertigt war und ist, ein Lebenswerk daran zu wenden.

Auch das Lebenswerk Galileis gilt diesem Gegenstand. Galilei erwähnt im *Dialogo* von 1632 ein Beispiel, das ich, ausführlicher und etwas verändert, so wiedergebe: Ein Mann führt des Nachts auf mondheller Gasse seinen Hund aus, während der volle Mond über den Hausdächern auf der gegenüberliegenden Seite der Gasse am Himmel steht; oder besser gesagt, nicht *steht*, sondern *sich bewegt*: Der Mond hüpfet, wie es aus der Sicht des Mannes scheint, im Takt seiner Schritte von Dach zu Dach, und ebenso scheint es aus der Sicht des Hundes zu sein, was diesen veranlasst, den hüpfenden Mond wütend anzubellen. In der Tat »hüpft« dieser Mond aus der Sicht eines jeden Beobachters (Mensch oder Tier), der die Beobachtung »anthropozentrisch« (oder eben gegebenenfalls »aus der Hundeperspektive«) *relativ zu sich selbst* als Bezugssystem identifiziert. Was den menschlichen Beobachter vom Hund unterscheidet, ist die Fähigkeit, anstelle der anthropozentrischen Sicht eine »kosmozentrische« Perspektive einzunehmen und so als wahr zu erkennen, dass die Hüpfbewegung des Mondes nur eine scheinbare ist, ausgelöst durch das Auf und Nieder im Takt der Schritte von Mann und Hund.

¹⁰ Isaac Newton, a. a. O., S. 94.

Galilei kennt, als er 1632 den *Dialogo* schreibt, das Problem, und er stellt in den *Discorsi* von 1638 die Lösung vor. Die realistische kosmozentrische, wahrheitsfähige Betrachtungsweise *bezieht die Bewegung auf den wirklich ruhenden absoluten Raum und auf die absolute Zeit*. Während Isaac Newton dieses Bezugssystem ausführlich begründet und beschreibt,¹¹ verliert Galilei in den *Discorsi* kaum Worte darüber. An ihre Stelle setzt er zu Beginn des Kapitels »De motu locali« eine einfache, freilich höchst aufschlussreiche Zeichnung, die alles Notwendige sagt, und mehr: Sie zeigt nämlich die Parameter »Raum« und »Zeit« des raumzeitlichen Maß- und Bezugssystems der absoluten Bewegung. Sie zeigt *die eindimensionale Ausdehnung* als geometrisches Maß (Dimension) des absoluten Raumes in Gestalt der (beiderseits unbegrenzten, beiderseits ins Unendliche weisenden) Linie GH, und sie zeigt damit zugleich *die »Quantisierung« von Raum und Zeit*.



Diese Zeichnung dient Galilei zur Erläuterung des nachfolgenden »Theorems I, Lehrsatz I«. Der Lehrsatz lautet: »Wenn ein gleichförmig bewegter Körper mit derselben Geschwindigkeit zwei Räume [spatia] durchmisst, so verhalten sich die Zeiten des Vollzugs zueinander ebenso wie die durchmessenen Räume.«

Die obere, beiderseits unbegrenzte gerade Linie JK symbolisiert die unendliche, absolute Zeit, unterteilt in endliche Elemente der Zeit, als skalierten Maßstab zur Messung endlicher erfahrbarer Zeiten. Die untere, beiderseits unbegrenzte gerade Linie GH symbolisiert den unbegrenzten, absoluten Raum, unterteilt in endliche Elemente des Raumes, als skalierten Maßstab

¹¹ Ich sehe das bekannte *Scholium* in Newtons *Principia*, das gleich eingangs des Buches auf die »Definitionen« folgt, als Erläuterung des raumzeitlichen Bezugssystems der »absoluten« oder *wahren* oder *wirklichen* Bewegung, um die es Newton ersichtlich geht. Siehe dazu Newton, a. a. O., S. 87–94.

zur Messung endlicher erfahrbarer Räume (Abstände, Entfernungen, Strecken, Wege). An diesem grenzenlosen, unendlichen, raumzeitlichen Bezugssystem also, d.h. relativ zu diesem System, misst Galilei die wirkliche Bewegung von Körpern.

Beiläufig sieht man hier: Galilei weiß, dass Raum und Zeit keine unstrukturierten Kontinua sind. Sie sind vielmehr »diskrete« natürliche Entitäten, d.h. sie sind in Teile unterteilt und gegliedert, d.h. *skaliert*, was sie erst zu tauglichen *Maßstäben* macht. Galilei weiß offensichtlich, dass Raum und Zeit *quantisiert* sind, wie es auch Newton unter Zurückweisung der aristotelisch-scholastisch-cartesischen Kontinuumsvorstellung von Raum und Zeit im Detail zeigt und lehrt.¹² Und auf dieser Grundlage ergibt sich unabweisbar, dass die Bewegungslehre Galileis wie auch diejenige Newtons eine *Quantentheorie der Bewegung* ist. Sie hat mit der Kontinuumstheorie der Bewegung, welche die »klassische Mechanik« lehrt, nichts zu tun. Zwischen unstrukturierten Kontinua gibt es kein mathematisches Verhältnis, d.h. keine geometrische Proportionalität. Das bedeutet aber, dass eine geometrische, mit geometrischen Proportionen arbeitende Bewegungslehre wie die Galileis und Newtons nur eine diskrete *Quantentheorie der Bewegung* sein kann.

Das geometrische Bewegungsgesetz, welches das »Theorem I, Lehrsatz I« Galileis repräsentiert, kann nun auf der beschriebenen quantisierten Grundlage so angegeben werden, dass sich bei

¹² Die Feststellung, dass Galileis und Newtons *geometrische* Bewegungslehre zugleich mit der Messbarkeit von Räumen, Zeiten, Kräften und Bewegungen auch die diskrete metrische Struktur dieser Entitäten sichtbar macht, entzieht der modernen Auffassung den Boden, wonach Newtons Mechanik »Kontinuumsmechanik«, und »Quantenmechanik« eine Errungenschaft erst des 20. Jahrhunderts sei. Tatsächlich ist die Kontinuums-hypothese *ein Element der aristotelischen Physik*, wie sie in neuerer Zeit von Descartes, Leibniz, Euler und Kant vertreten und von Euler ab 1736 zur Grundlage der (un- und anti-newtonischen) »logisch-analytischen Mechanik« gemacht wurde. Die Bewegungslehre Galileis und Newtons ist unübersehbar »Quantenmechanik« im ursprünglichsten und eigentlichen Sinn (vgl. Fritz Bopp, 1985, Newtons Wissenschaftslehre als Basis der Quantenphysik).

der gleichförmigen Bewegung die variablen Wege (Strecken, Abstände, Räume) verhalten wie die entsprechenden Zeiten. Wenn man für die endlichen Wege oder Räume das Symbol s , für die endlichen Zeiten das Symbol t verwendet, ergibt sich die von Galilei vorgestellte Beziehung in der Form

$$s_1 : s_2 = t_1 : t_2 ; s_2 : s_3 = t_2 : t_3 \text{ usw.}$$

Die Messwerte der variablen endlichen Räume s und Zeiten t folgen dem geometrischen »Gesetz der gleichen Vielfachen« (Euklid, Elemente, Buch V Def. 4 und 5), d. h. sie sind zueinander *proportional* (Euklid, Def. 6). Sind aber zwei Größen s, t zueinander proportional, so ist ihr Verhältnis eine Konstante, der »Proportionalitätsfaktor«. Diese Konstante ist in Galileis Gesetz der gleichförmigen Bewegung *implizit* enthalten. Sie ist gegeben durch das aus der obigen graphischen Darstellung ersichtliche, stets gleiche Verhältnis einander entsprechender (d. h. zueinander proportionaler) *Elemente* S, T der zueinander proportionalen Maßstäbe »absoluter Raum« (Linie GH) und »absolute Zeit« (Linie JK); denn nur dieses konstante Verhältnis gewährleistet die Proportionalität oder »Verhältnisgleichheit« *der gleichen Vielfachen* von gemessenen variablen Räumen und Zeiten. Das Gesetz zur Beschreibung der gleichförmigen Bewegung kann danach auch in der Form $s_1 : t_1 = S : T = s_2 : t_2 = S : T$ usw. geschrieben werden, oder einfach

$$s : t = S : T = C = \text{konstant,}$$

das heißt: Die variablen Messwerte (also die diskreten Vielfachen) s und t von endlichen Räumen (Abständen, Entfernungen, Wegen, Strecken) und endlichen Zeiten (Zeiträumen) der gleichförmigen Bewegung verhalten sich zueinander ebenso, wie die invarianten diskreten Elemente S, T der zugrunde liegenden Maßstäbe des unbegrenzten absoluten Raumes und der unendlichen absoluten Zeit sich zueinander verhalten. Hierbei wird lediglich die in Galileis Schreibweise *implizit* enthaltene Proportionalitätskonstante C *explizit* gemacht, ohne dass dies den mathematischen Gehalt der Beziehung verändert. Bei jeder

gleichförmig-geradlinigen Bewegung sind also die zurückgelegten Wege (Strecken, Abstände, Räume) und die dazu benötigten Zeiten (Zeiträume) zueinander proportional, weil die zugrundeliegenden Maßstäbe des Raumes und der Zeit zueinander proportional sind, d. h. weil das Verhältnis aller ihrer einander entsprechenden Elemente zueinander stets dasselbe, d. h. konstant ist. *Die Konstante C mit der Dimension [S/T] kennzeichnet die Metrik des wirklichen raumzeitlichen Bezugssystems der absoluten oder wirklichen oder wahren Bewegung. Diese Konstante ist der »Parameter« dieses kosmischen, metrischen Maß- und Bezugssystems.*

Es versteht sich, dass *jedes* Bewegungsgesetz, welches eine absolute oder wirkliche Bewegung zum Gegenstand haben soll, diese Konstante, die den metrischen Bezug des Gesetzes zu dem notwendigerweise zugrundeliegenden raumzeitlichen Maß- und Bezugssystem herstellt, implizit oder explizit enthalten muss. Umgekehrt wird jedes Bewegungsgesetz, das diese Konstante enthält, auch ein Gesetz der *absoluten* oder *wirklichen*, relativ zu dem absoluten raumzeitlichen Bezugssystem bestimmten Bewegung sein.¹³ Wir werden sehen, dass dies auch und gerade für die moderne Physik, d. h. für das realistische Bewegungsgesetz der sog. Relativitätstheorie und auch der Quantenmechanik gilt.

Isaac Newton behandelt in seinen 1687 veröffentlichten *Principia* die neue geometrische Lehre von der wahren Bewegung im absoluten Raum und in der absoluten Zeit in jeder Hinsicht weit ausführlicher als Galilei, dessen Lehre er allerdings zugrundelegt. Newton gründet seine Darstellung auf drei elementare Bewegungsgesetze. Die Kenntnis der ersten beiden Gesetze schreibt er ausdrücklich Galilei zu.¹⁴ Das zweite dieser beiden

¹³ Ich habe hierauf erstmals vor 28 Jahren aufmerksam gemacht, mit dem Aufsatz »Die Newtonische Konstante« (Philos. Nat. 22, Nr. 3, 1985). Der Ansatz ist bis heute unwidersprochen, freilich auch unbeachtet geblieben.

¹⁴ Newton schreibt (a. a. O., S. 102): »Mit Hilfe der beiden ersten Gesetze und der beiden ersten Corollarien fand Galilei heraus, dass der Fall schwerer Körper nach dem Quadrat der Zeit geschieht und dass

Gesetze hat die raumzeitliche *Änderung* der Bewegung (mutatio motus) eines Körpers als Wirkung einer ursächlichen äußeren »Kraft« (vis motrix impressa) zum Gegenstand. Galilei beweist im Kapitel »Vierter Tag«, dass die bestimmte Kraft »vis impressa« oder auch »Impetus«, welche ein Körper beim beschleunigten Fall durch eine bestimmte Strecke gewonnen hat, diesem Körper, wenn seine Bewegung auf eine Horizontale abgelenkt wird, eine proportionale Geschwindigkeit vermittelt: Die ursächliche unkörperliche Bewegungskraft, welche die Bewegung erzeugt, und die von ihr als Wirkung hervorgebrachte veränderte körperliche Bewegung sind zueinander proportional. Das ist in der Tat Newtons zweites Bewegungsgesetz. Die »Bewegung« eines Körpers, der die Materiemenge oder »Masse« (m) hat, definiert Newton aufgrund der Erfahrung quantitativ als *Produkt* (mv) *aus Geschwindigkeit* (v) *und Materiemenge* (m).¹⁵ »Geschwindig-

die Bewegung von Geschossen in einer Parabel abläuft, in Übereinstimmung mit der Erfahrung, sofern nicht jene Bewegungen durch den Widerstand der Luft etwas verzögert werden. 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 sie die ganze Geschwindigkeit, die der Zeit proportional ist.« Offensichtlich ist das eine »quantisierte« Beschreibung der Fallbewegung, die durch *stufenweises Anwachsen* der Geschwindigkeit (von Zeiteilchen zu Zeiteilchen) geschieht – ganz im Gegensatz zu der kontinuierlich beschleunigten »stufenlosen« Entwicklung der Fallgeschwindigkeit, welche die Schulmechanik lehrt. Galilei beschreibt das quantisierte Modell z. B. (in I, 164) so, »dass bei einer immer gleichen Beschleunigung in gleichen Zeiten gleiche Teile neuer Bewegung und Geschwindigkeitsgrade hinzukommen.«

¹⁵ Die Erkenntnis, dass »Bewegung« sich *quantitativ* erst mit dem Produkt mv aus der Materiemenge oder »Masse« m des Körpers und seiner Geschwindigkeit v ergibt, ging aus einer Untersuchung hervor, die in den Jahren 1669 bis 1671 die Gelehrten John Wallis, Christiaan Huygens und Christopher Wren im Auftrag der Londoner Royal Society durchführten. Das Ergebnis lehrt u. a., dass zwar die *Fallgeschwindigkeit* aller Körper (im Vakuum) gleich ist, nicht aber ihre *Fallbewegung*; diese wird sehr wohl von der Masse bzw. dem masseproportionalen jeweiligen

keit« ist nun der Ausdruck für das proportionale Raum-Zeit-Verhältnis der gleichförmig-geradlinigen Bewegung (mv), welches Verhältnis, wie oben gezeigt, in den Proportionalitätsfaktor C als konstanten Parameter des zugrundeliegenden räumlich-zeitlichen Bezugssystems der Bewegung mündet. Das heißt aber, dass dieses Bezugssystem und dieser Parameter implizit auch der absoluten Bewegungslehre Newtons zugrundeliegt. Sein zweites Bewegungsgesetz hat demgemäß, wenn man den Proportionalitätsfaktor explizit macht, mit den Symbolen ΔF für die »Kraft« und $\Delta(mv)$ für die »Bewegungsänderung«, die geometrische Form »Kraft ΔF zu Bewegungsänderung $\Delta(mv) = C$ «, d. h.

$$\Delta F : \Delta(mv) = C (= \text{konstant}).$$

Man kann dafür auch schreiben: $\Delta F \propto \Delta(mv)$, was dann mit dem alten Zeichen $\propto$ die Proportionalität der beiden heterogenen Variablen F und (mv) richtig zum Ausdruck bringt, wobei der implizit enthaltene Faktor C in dieser Schreibweise nicht erscheint.

Tatsächlich aber ist diese Konstante in allen bekannten modernen Lehrbuchdarstellungen der Bewegungslehre Galileis und Newtons weder implizit noch explizit präsent.¹⁶ Der Grund

Gewicht des fallenden Körpers mit bestimmt – was derjenige spürbar erfahren hat, dem einmal ein Tennisball, ein anderes Mal eine gleich große Eisenkugel aus der Hand und auf den Fuß gefallen ist.

¹⁶ Es gibt vereinzelt Darstellungen, in denen der Proportionalitätsfaktor erscheint, den Newtons Gesetz unbedingt fordert. Er wird von diesen Autoren aber sofort wieder eliminiert, und zwar mit dem Argument, man könne »durch Wahl geeigneter Maßeinheiten« bewirken, dass er »gleich 1« gesetzt werden und folglich ersatzlos weggelassen werden könne. Übersehen wird dabei, dass bei der *geometrischen* Proportionalität zwei *dimensionsverschiedene* Variable zueinander ins Verhältnis gesetzt werden, so dass aus ihrem Verhältnis niemals eine dimensionslose Zahl »1« hervorgehen kann. Anders gesagt: Wer so argumentiert, setzt implizit voraus, dass die proportionalen Variablen *dimensionsgleich* seien, was nichts anderes heißt, als dass sie mathematisch »gleich« seien. Er setzt also das voraus, was erst bewiesen werden müsste (petitio principii). Siehe z. B. Jürgen Mittelstrass, *Neuzeit und Aufklärung*, Berlin 1970, S. 288.

ist, dass nach Newtons Tod (1727) die Bewegungslehre durch Leonhard Euler (1736) und andere auf der Basis von Vorarbeiten Descartes' und der Leibnizschen Analysis neu, nämlich arithmetisch-analytisch, d. h. *auf die Logik gegründet*, algebraisch, und »relativistisch«, d. h. ohne ein absolutes, räumlich-zeitliches »Bezugssystem« formuliert wurde – ein Paradigmenwechsel, der niemals bisher von irgend jemandem thematisiert worden ist: Die neue Lehre heißt in den Büchern bis heute unverändert »klassische« oder »Newtonsche« Mechanik, so, als hätte es von Galilei und Newton zu Euler keine Änderung der Mechanik gegeben. Dabei treten aber nun Raum und Zeit (mit der Cartesisch-Leibnizisch-Kantischen Philosophie) nur noch in Gestalt *endlicher, variabler Erfahrungsräume und -zeiten* auf; die früheren geometrischen Proportionen werden *durch analytische Äquivalenzrelationen (Gleichungen)* ersetzt und die Proportionalitätskonstante, d. h. der Parameter des raumzeitlichen Bezugssystems der Bewegung, entfällt. Das zeigt sich insbesondere bei dem Verhältnis von »Ursache« (Kraft) und »Wirkung« (Bewegungsänderung). Hier setzt sich nun Leibniz' Maxime »causa aequat effectum« durch, so dass Kraft und Bewegungsänderung nicht mehr als voneinander verschiedene (heterogene) Entitäten verstanden werden, die einander keinesfalls »gleich«, sondern nur »geometrisch proportional« gesetzt werden können. Mit der Leibnizschen Maxime werden sie jetzt willkürlich und gewaltsam »homogenisiert« und so der arithmetisch-analytischen Darstellung in einer *Gleichung*, einem »calcul« (Leibniz), zugänglich gemacht, wobei der geometrische Proportionalitätsfaktor *C ersatzlos entfällt*. Galileis Prinzip der gleichförmigen Bewegung schreibt man jetzt einfach als analytisch-algebraische *Definition der Geschwindigkeit* v , also $v = s/t$, und Newtons zweites Bewegungsgesetz wird dem entsprechend in die aus allen Schulbüchern bekannte logische, 1750 von Leonhard Euler in Berlin vorgestellte analytisch-algebraische Form »Kraft gleich Masse mal Beschleunigung«

$$F = m(dv/dt)$$

umgegossen, die nicht mehr eine geometrische Proportion von Kraft (Ursache) und Bewegungsänderung (Wirkung) – also das *Kausalgesetz* – vorstellt, sondern eine algebraische Äquivalenzrelation, die eine bloße *Behauptung* oder *Hypothese* ist und als *mathematisch-logische Definition der Kraft* F verwendet wird. Entfallen ist hier nicht nur das Symbol $\propto$, welches die mathematische Logik generell nicht kennt (was folgerichtig und sehr aufschlussreich ist). Entfallen ist vielmehr mit dem Verlust der Proportionalitätskonstante C die ganze geometrische Struktur, nämlich der absolute Raum S und die absolute Zeit T , d. h. *der Bezug* der Bewegung zu Raum und Zeit, und zugleich damit ist die kausale Erklärungskraft, die das authentische Bewegungsgesetz Newtons charakterisiert, abhanden gekommen. Denn eine logische Definition, die (nach dem Muster $A = A$) besagt, dass »Kraft« und »Bewegungsänderungsrate« (oder »Massebeschleunigung«) einander gleich sind, *erklärt* gar nichts. Tatsächlich ist mit dem reversiblen Prinzip »Kraft gleich (konstanter) Massebeschleunigung« der irreversible zeitliche »Prozesscharakter« des Gesetzes der realen Bewegung verloren gegangen. Die Eulersche Formel beschreibt weder die wirkliche zeitliche *Entstehung*, noch die zeitliche *Veränderung* von Bewegung (»*mutatio motus*«, wie Newton sagt). Sie erlaubt einzig die rechnerische Ermittlung des jeweiligen »fixierten« Bewegungs-*Zustands* eines Körpers zu verschiedenen Zeiten. »Kraft gleich Massebeschleunigung« ist also in Wahrheit gar kein »*Bewegungs-Gesetz*«, geschweige denn ein kausales »*Naturgesetz*« *von der Bewegung und ihrer Ursache* »Kraft«, sondern eine analytische *Formel zur Berechnung von Materiezuständen*.

Auf dieser willkürlich reduzierten Grundlage entsteht dann im 18. Jahrhundert an der Preußischen Akademie der Wissenschaften in Berlin unter den Händen von Leonhard Euler und Joseph Louis Lagrange die so genannte »klassische Mechanik« als eine neue, arithmetisch-analytische und algebraische, nur noch der (mathematischen) Logik verpflichtete Kunst, der infolge des Verlusts des raumzeitlichen Bezugssystems der Bewegung jeder innere Bezug zur kosmischen Wirklichkeit von Raum

und Zeit fehlt. Die Bewegungszustände eines materiellen Körpers sind hier, wie in der aristotelischen Physik, wieder ausschließlich relativ zu einem anderen, willkürlich als »ruhendes Bezugssystem« eingeführten Körper bestimmbar. Bewegung ist damit ein Gegenstand, über dessen Wirklichkeit nichts gesagt wird und nichts gesagt werden kann, da man nicht weiß, ob der Bezugskörper wirklich ruht. Ich nenne diese Kunst nach ihrem Geburtsort die »Berliner Mechanik«, nicht zuletzt in der Hoffnung, dass damit ihrer verbreiteten, missbräuchlichen und grob irreführend falschen Benennung als »Newtonsche Mechanik« ein Ende gemacht werden könnte.¹⁷

Da die analytische Bewegungslehre des 18. Jahrhunderts aus den dargestellten Gründen keinen Bezug zur realen kosmischen Raumzeit hatte, war es nicht mehr gerechtfertigt, im Sinne Galileis und Newtons von einer »absoluten« Bewegung in absolutem Raum und absoluter Zeit zu sprechen. Das bemerkten die Gelehrten im Lauf des 19. Jahrhunderts, ohne es freilich als Mangel oder Fehler zu begreifen, der etwa durch Rückbesinnung auf die authentische galilei-newtonische Lehre zu korrigieren gewesen wäre. Es war dann Ernst Mach, der 1883¹⁸ diese »klassische«

¹⁷ Manche Schriftsteller haben schon bemerkt, dass das Prinzip »Kraft gleich Massebeschleunigung« der klassischen Mechanik nicht bei Newton, sondern erstmals bei Leonhard Euler zu finden ist, in dessen analytisch-algebraischer Neubegründung der Bewegungslehre (*Mechanica*, 1736). Diese Erkenntnis hat inzwischen sogar Eingang in das »Wikipedia«-Lexikon gefunden. Die zwingende Folgerung, dass dann *Newtons Gesetz* eine *andere* mathematische Form haben muss, hat allerdings bisher außer mir niemand gezogen, geschweige denn, dass jemand diese Form ermittelt und ihre dramatischen Konsequenzen insbesondere für das Verständnis der modernen Physik aufgezeigt hätte. Hier wird bislang Eulers Konstrukt überall vorausgesetzt, fälschlich Newton zugeschrieben, und alsdann im modernen Sinn »verbessert« – wobei freilich im Gewand der modernen Proportionalität von »Energie« und »Impuls« ($E/p = c = \text{konstant}$) Newtons authentisches zweites Bewegungsgesetz unversehens wieder aufersteht.

¹⁸ Im Jahre 1883 veröffentlichte Ernst Mach das überaus folgenreiche Buch »Die Mechanik in ihrer Entwicklung«, das bis in die zwanziger

Bewegungslehre entschieden als eine *relativistische* Lehre verstand und interpretierte – und kurzerhand Newtons Rede vom absoluten Raum, von der absoluten Zeit und von der absoluten Bewegung für »sinnlos« erklärte. Das war, nachdem ja die diese Entitäten repräsentierende Konstante *C* längst aus der Mechanik entfernt worden war, folgerichtig. Ernst Mach befand sich dabei auch in Übereinstimmung mit der Philosophie Immanuel Kants, wonach der Raum »an sich« (d. h. der *absolute* Raum) und ebenso die Zeit »an sich« keinerlei Realität haben, sondern lediglich subjektive Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung sein sollten. Es war dann ebenfalls konsequent, dass Ernst Mach im Zuge dieser Philosophie *auch die Copernicanische Revolution* und die Lehre Galileis von der wahren und wirklichen Bewegung der Erde *zurücknahm*, indem er ausdrücklich das Copernicanische und das Ptolemäische System für »gleich richtig« erklärte.¹⁹

In der Tat: Wenn mangels eines absoluten raumzeitlichen Bezugssystems zwischen diesen beiden astronomischen Theorien »keine philosophisch gültige Auswahl und Entscheidung getroffen werden kann, dann, scheint es, ist Galileis Kampf für das »wahre« Weltsystem, in dem die Verfassung des Universums mit eindeutiger Bestimmtheit umschrieben und festgestellt ist, ein Kampf um Schatten gewesen«.²⁰ Dieses relativistisch-agnosti-

Jahre des 20. Jahrhunderts hinein eine Vielzahl von Neuauflagen erlebte. Nicht nur Einstein stand ganz im Banne der relativistischen und explizit anti-newtonischen Thesen Ernst Machs.

¹⁹ Siehe Ernst Mach, a. a. O., S. 222, 226 der Ausgabe Leipzig 1912 (im Kapitel II, Abschnitt 6 »Newtons Ansichten über Zeit, Raum und Bewegung«). Machs Argument verliert aber jede Grundlage, sobald erkannt ist, dass die Copernicanische Alternative keine »kinematische«, sondern eine »mechanische« ist, in der die unterschiedlichen Massen der Himmelskörper eine Rolle spielen, so dass diese Lehre nicht »heliozentrisch«, sondern »kosmozentrisch« konzipiert ist und verstanden werden muss (siehe dazu oben Anm. 9).

²⁰ Ernst Cassirer, in seiner Ausgabe der Leibnizschen »Hauptschriften zur Grundlegung der Philosophie«, Band I, Band 108 der Philosophischen Bibliothek Meiner (Hamburg 1966), Einleitung zu den »Streitschriften zwischen Leibniz und Clarke«, S. 110.

zistische Fazit zog im Jahre 1904 Ernst Cassirer. Der Naturforscher Galilei, der in der Natur die »eindeutige Bestimmtheit« oder eben die Wahrheit sucht, und jeder andere Wahrheitssucher auch wird jetzt zum Don Quichotte, der gegen Windmühlenflügel kämpft.

Sicherlich war mit der Behauptung Ernst Machs von 1883, wonach alle (nun wieder, wie bei Aristoteles, ausschließlich materiellen) Bezugssysteme gleich richtig und gleich berechtigt seien, der Wahrheitsanspruch der Naturwissenschaft insgesamt verworfen und für ebenso tot erklärt, wie Friedrich Nietzsche in seiner »Fröhlichen Wissenschaft« etwa zur selben Zeit (1882/1887) und durchaus im selben Zusammenhang Gott für tot erklärte und jegliche Wahrheitssuche als vergeblich verwarf. Der damit erreichte Erkenntnisstand der Moderne entspricht dem anthropozentrischen Agnostizismus und Skeptizismus der vorchristlichen Antike. Er gilt allerdings bis heute Vielen seit Kant als ein »aufgeklärter« Höhepunkt der Menschheitsentwicklung, hinter den man weder wissenschaftlich noch philosophisch zurückgehen könne, ohne sich lächerlich zu machen.

Es ist nun freilich eine Ironie der Weltgeschichte (oder ein Zeichen Gottes, wie man will), dass etwa ab der Mitte des 19. Jahrhunderts das verlorengegangene absolute raumzeitliche Bezugssystem der Bewegung und damit der Wirklichkeits- und Wahrheitsbezug in die Wissenschaft zurückkehrte, wenn auch unerkant, bzw. missdeutet. Die Rede ist wieder von der Naturkonstante C – jetzt c geschrieben, aber, als Quotient von »Raum« und »Zeit«, von gleicher geometrischer Dimension wie C , worauf es allein ankommt – als einem tragenden Element der Faraday-Maxwellschen Theorie des Elektromagnetismus, d. h. der Lehre von der Bewegung elektrisch geladener Körper im elektromagnetischen »Feld«. Da diese Konstante c als Quotient aus Elementen des Raumes und der Zeit, d. h. als Maß einer Geschwindigkeit erschien, so wurde sie positivistisch als »Ausbreitungsgeschwindigkeit c des Lichts im Vakuum« interpretiert, sobald man zeigen konnte, dass sie, als gemessene Zahl, mit dem Messwert dieser Vakuumlichtgeschwindigkeit übereinstimmte.