

Isaac Newton über absolute und relative Zeit - ein aktueller Beitrag zur Lösung des Zeiträtsels

von Ed Dellian

I

Die philosophische Frage, was Zeit sei, beginnt nicht erst mit Augustinus, der alles darüber zu wissen meinte, aber nichts darüber sagen konnte¹, und sie endet nicht mit dem Versuch des unphilosophischen Physikers Stephen Hawking, in einer ‘Kurzen Geschichte der Zeit’ alles darüber zu sagen². Zwischen Augustinus und Hawking sozusagen steht Isaac Newton mit seinem Hauptwerk von 1687, den ‘Philosophiae naturalis principia mathematica’³, einem ebenso berühmten wie kaum gelesenen Buch. Zwar ist unter Fachleuten das Wissen wohl verbreitet, dass Newton dort Grundlegendes auch über die Zeit geschrieben hat. Was aber im einzelnen Newton lehrte, weiß kaum einer. Man begnügt sich gewöhnlich mit der Behauptung, dass Newton die Zeit schlechthin als etwas Absolutes angesehen habe, und dass er (auch) darin von Albert Einstein widerlegt worden sei⁴. Die Zeit, nach moderner allgemeiner Auffassung, ist nicht *absolut*, sondern ganz im Gegenteil *in jeder Hinsicht* (um nicht zu sagen: *absolut*) *relativ*⁵. Wir werden sehen, was das heißt.

Vor rund 30 Jahren schrieb, in Verfolgung eines von Paul Lorenzen initiierten Programms neuer methodischer Grundlegung der messenden Physik (‘Protophysik’), Peter Janich in einer Arbeit über die ‘Protophysik der Zeit’ dort, wo er im Kapitel ‘Zur Geschichte der Chronometrie’ Newtons Zeittheorie erwähnt, das Folgende:

„Auch bei Newton ist die Frage, wie im Rahmen seiner Physik über Zeit zu sprechen sei, ja nicht allein mit der Verbaldefinition der *absoluten* Zeit beantwortet, sondern die ausführlichere Darstellung findet die ‘relative, scheinbare und gewöhnliche Zeit’ (‘relativum apparens & vulgare’). Es lohnt daher, erneut die Frage zu stellen, ob nicht der ganze Komplex, der mit den *Newtonschen* Definitionen des ‘absoluten Raumes’ und der ‘absoluten Zeit’, einem neuen Interpretationsversuch unterworfen werden muss, denn die Lektüre des betreffenden Scholiums bei Newton vermittelt den Eindruck, als widerfahre der *Newtonschen* Physik (vor allem in der Gegenüberstellung von klassischer und relativistischer Physik in Physiklehrbüchern) Unrecht.“⁶

Janich fügt dem einige Überlegungen an, die allerdings nur in die Anregung münden, „dieses Stück der *Newtonschen* Naturphilosophie neu zu überdenken, da bisherige Interpretations-

versuche meistens von irgendwelchen theoretischen Positionen aus unternommen wurden, die hinderliche Vorentscheidungen enthalten.“

Es ist nicht bekannt, dass Peter Janich selbst oder irgendjemand sonst diese Anregung weiterverfolgt hätte. Das soll hier nachgeholt werden; das Ergebnis wird die Mühe lohnen. Festzustellen wird sein, dass Newtons naturphilosophische Überlegungen zu Raum und Zeit bislang in der Tat stets missverstanden wurden, von Immanuel Kant bis Ernst Mach, von Bertrand Russell bis Martin Heidegger, von James C. Maxwell bis Albert Einstein und Stephen Hawking, von Philosophen also und von Physikern gleichermaßen; oder genauer: von Physikern ganz besonders. Es ist wahr, was Janich vermutete: Der Naturphilosophie Newtons *widerfährt gerade bei der Gegenüberstellung von klassischer und relativistischer Physik in Physiklehrbüchern Unrecht*. Denn auch dort wird unterdrückt, dass Newtons Zeitlehre einen wesentlichen, bislang nicht verstandenen *philosophischen Beitrag zur Lösung des Zeiträtsels von elektrisierender Aktualität und Überzeugungskraft enthält*.

II

Wenn allerdings Peter Janich einen „neuen *Interpretationsversuch*“ zu Newtons Scholium über Raum und Zeit fordert, so soll ihm gerade darin nach Kräften *nicht* gefolgt werden. Der Newton-Interpretationen gibt es schon zu viele. Unterstützt von der subjektivistisch-relativistischen Philosophie, die nicht erst das 20. Jahrhundert beherrscht hat, haben viele Autoren keine Bedenken gehabt, Newton so zu interpretieren, wie es ihren eigenen Vorentscheidungen am besten entgegenkam. Nennen wir beispielhaft Immanuel Kant mit Namen. Er unternahm es (mit nachhaltiger Wirkung für Philosophie und theoretische Physik) bei der Propagierung der ‘Newtonschen Mechanik’, *gegen Newton* die Realität des Raumes und der Zeit und der Bewegung ‘an sich’ *zu leugnen* und zudem das Newton’sche Konzept der ‘Trägheitskraft’ - als einer eigenständigen, von der Materie wesensverschiedenen immateriellen Entität - zugunsten der *Trägheit als Materieeigenschaft* aus der rationalen Mechanik zu entfernen⁷. Dieser Schritt befestigte das *materialistisch-relativistische* Fundament der Leitwissenschaft Physik und den Missbrauch des Namens Newtons für diese Physik, in der Raum, Zeit und Bewegung nur als unselbständige Existenzformen der Materie gelten, dauerhaft⁸.

Einen gleichartigen Effekt hatte der Umstand, dass die geometrische Bewegungslehre Newtons im 18. Jahrhundert in den Formalismus der von dem philosophischen Newton-Antipoden Leibniz herrührenden algebraisch-arithmetischen Analysis gepresst wurde, die bis heute die mathematische Sprache der Wissenschaft prägt. Paolo Casini nennt das Resultat eine „positivistic interpretation“⁹. Ich denke, dass es sich um eine *materialistic corruption* des authentischen Newton handelte¹⁰. Seither werden diejenigen, die die Wurzeln der so entstandenen analytischen Mechanik in Newtons *Principia* suchen, regelmäßig enttäuscht. Die Reaktionen sind unterschiedlich, aber stets bemerkenswert: Der Nobelpreisträger von 1959 Emilio Segrè etwa räumt kurzerhand ein, dass er Newton nie wirklich verstanden hat¹¹. Der Wissenschaftshistoriker E.J. Dijksterhuis macht für seine Probleme mit dem Verständnis der Bewegungsgesetze Newtons den Autor Newton verantwortlich, mit der durch nichts begründeten Behauptung, dass „Axiomatisierung wohl nicht Newtons Stärke“ gewesen sei¹². Der Philosoph Jürgen Mittelstraß, da er bei Newton nicht findet was er sucht, schlägt in dieselbe Kerbe, indem er Newton beschuldigt, sich mangelhaft ausgedrückt zu haben¹³. Andere behaupten ganz einfach - auch wider besseres Wissen - *die Identität* der analytischen Mechanik mit Newtons Axiomen¹⁴, und wieder andere stellen diese Identität eben dadurch *scheinbar* her, dass sie Newtons geometrisch-synthetisch aufgebauter Lehre kurzerhand das Gewand der arithmetischen Analysis umhängen.¹⁵

Peter Janich hat Recht damit, dass die bisherigen Interpretationsversuche zu Newton in aller Regel „von theoretischen Positionen aus unternommen wurden, die hinderliche Vorentscheidungen enthalten.“ Ich denke aber, dass schon derjenige, der sich überhaupt auf das Feld der Interpretation begibt, Gefahr läuft, in eine falsche Richtung zu gehen. Interpretation ist das, was die Juristen *Auslegung* nennen. Es gibt dazu einen Satz der Rechtswissenschaft, der verdient, auch bei der Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen und philosophischen Texten beherzigt zu werden: *Was eindeutig ist, ist nicht auslegungsfähig*. Man weiß, dass gerade Isaac Newton sich bei den Formulierungen, die Eingang in die *Principia* finden sollten, außerordentlich um Eindeutigkeit bemüht hat. *Unsere Vorentscheidung* bei der Beschäftigung mit diesen Texten sollte deshalb sein, ernstlich Newtons Worte so zu akzeptieren, wie sie da eindeutig stehen, und nur dort zur Auslegung Zuflucht zu nehmen, wo es an Eindeutigkeit eindeutig mangeln sollte.

III

Halten wir uns also an Newtons Worte. Das *Scholium* über Raum, Zeit, Ort und Bewegung, wie es bereits in der ersten *Principia*-Ausgabe von 1687 enthalten war, nennt A. N. Whitehead zu Recht in einem Atemzug mit Platons *Timaios* einen der beiden großen kosmologischen Entwürfe der abendländischen Naturphilosophie¹⁶. Schon deshalb verdiente das *Scholium* im Ganzen wörtlich zitiert zu werden. Jedoch beschränken wir uns aus Raumgründen auf das, was Newton über Raum, Zeit und Ort schreibt und lassen die Ausführungen über absolute und relative Bewegung weg. Dennoch sollte stets mit bedacht werden, dass es Newton im *Scholium* und überhaupt mit den *Principia* gerade *um die Bewegung*¹⁷. Er schreibt dazu am Ende des *Scholiums*:

„Die wahren Bewegungen der einzelnen Körper 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, nicht sinnlich erfahren werden können.....Wie man aber die wahren Bewegungen aus ihren Ursachen, ihren Wirkungen und ihren scheinbaren Unterschieden... ermitteln kann, wird im Folgenden ausführlicher gezeigt werden. Denn zu diesem Zweck habe ich die folgende Abhandlung verfasst.“¹⁸

Newtons Lehre von Raum und Zeit ist essentieller Bestandteil der *Bewegungslehre*, die das eigentliche Thema der *Principia* ist. Die wahre, absolute oder wirkliche Bewegung der Körper findet statt als Ortsveränderung im absoluten Raum und in der absoluten Zeit¹⁹, auf welche sie sich bezieht. Absoluter Raum und absolute Zeit konstituieren also das *Bezugssystem* der wirklichen Bewegung. Von daher bestimmt sich die Bedeutung der Newton'schen Raum-Zeit-Lehre im Zusammenhang mit dem Plan der *Principia*, die Unterscheidbarkeit von wahrer und scheinbarer Bewegung zu zeigen. Dieses Vorhaben konnte, wie wir sehen werden, nur mit den Konzeptionen von absolutem *versus* relativem Raum und absoluter *versus* relativer Zeit gelingen.

Nun also zu Newtons Ausführungen über Raum, Ort und Zeit. Ich habe vorstehend bereits den Schluss des *Scholiums* in deutscher *Übersetzung* aus dem lateinischen Original zitiert. Dies scheint dem Vorsatz, sich unmittelbar an Newtons Worte halten zu wollen, zuwiderzulaufen. *Traduttore traditore*, so denunziert ein italienisches Bonmot den Übersetzer als Betrüger. Ein Wort von Benjamin Disraeli steht dagegen: Es empfiehlt dem, der eine Sache wirklich verstehen möchte, ein Buch darüber zu schreiben²⁰. Dies eben tut, wer Newton übersetzt.

Sicherlich müsste eine Bemühung um die Worte Newtons, die dessen Lehre nicht *interpretieren*, sondern möglichst *unverfälscht wiedergeben* möchte, schon vor und bei der Übersetzung beginnen. Indessen ist diese Arbeit im wesentlichen bereits getan, seit ich - mit sachkundiger Unterstützung - 1988 eine Auswahlgabe der *Principia* in neuer deutscher Übersetzung veröffentlichen konnte²¹. Ich weiß deshalb, dass jene Arbeit von der Vorstellung getragen war, es müsse möglich sein, den Interpretationsfallen, die sich jeder Übersetzungsarbeit entgegenstellen, bei entsprechender Aufmerksamkeit doch zu entgehen. Wenn Newtons Text einen verstehbaren eindeutigen Sinn hat, so sollte dieser in jeder Sprache wiederzugeben sein. Eine Übersetzung kann dann zwar immer noch mangelhaft und falsch, *sie kann aber auch richtig sein*. Ich habe Grund zu der Annahme, dass jene Übersetzung *cum grano salis* ihrem Anspruch gerecht geworden ist, richtig zu sein, die Wahrheit zu sagen, d.h. Newton verstanden zu haben und seine wahren Worte getreulich wiederzugeben. Er schreibt:

„An dieser Stelle schien es mir richtig zu erklären, in welchem Sinne weniger bekannte Begriffe im Folgenden aufzufassen sind. Zeit, Raum, Ort und Bewegung sind allen wohlbekannt. Dennoch ist anzumerken, dass man gewöhnlich diese Größen nicht anders als in Beziehung auf sinnlich Wahrnehmbares auffasst. Und daraus entstehen gewisse Vorurteile, zu deren Aufhebung man sie zweckmäßig in absolute und relative, wirkliche und scheinbare, mathematische und landläufige Größen unterscheidet.

(I) Die absolute, wirkliche und mathematische Zeit fließt in sich und in ihrer Natur gleichförmig, ohne Beziehung zu irgendetwas außerhalb ihrer Liegendem, und man nennt sie mit einer anderen Bezeichnung ‘Dauer’. Die relative Zeit, die unmittelbar sinnlich wahrnehmbare und landläufig so genannte, ist ein beliebiger sinnlich wahrnehmbarer und äußerlicher Messwert der Dauer, aus der Bewegung gewonnen (sei es ein genauer oder ungleichmäßiger [Messwert]), welchen man gemeinhin anstelle der wahren Zeit benützt, wie Stunde, Tag, Monat, Jahr.

(II) Der absolute Raum, der aufgrund seiner Natur ohne Beziehung zu irgendetwas außer ihm existiert, bleibt sich immer gleich und unbeweglich. Der relative Raum ist ein Messwert davon oder ein beliebiger veränderlicher Ausschnitt daraus, welcher von unseren Sinnen durch seine Lage in Beziehung auf Körper bestimmt wird, [und] mit dem gemeinhin anstelle des unbeweglichen Raumes gearbeitet wird; so der Ausschnitt des unterirdischen Raumes, oder des Luftraumes, oder des Weltraumes, die durch ihre Lage zur Erdoberfläche bestimmt sind. Der absolute und der relative Raum sind von Art und Größe gleich, aber sie bleiben nicht immer das Gleiche. Bewegt sich z.B. die Erde, so wird der Raum der Atmosphäre, der relativ zur Erde und im Hinblick auf sie immer derselbe bleibt, einmal ein bestimmter Teil des absoluten Raumes, in den die Atmosphäre eintritt, ein andermal ein anderer Teil davon sein, und so wird er sich, absolut gesehen, beständig ändern.

(III) Ort ist derjenige Teil des Raumes, den ein Körper einnimmt, und er ist je nach dem Verhältnis des Raumes entweder absolut oder relativ. Er ist ein Teil des Raumes, sage ich, nicht die Lage des Körpers oder eine ihn umgebende Oberfläche. Denn die Orte gleichartiger fester Körper sind stets einander gleichartig, während die Oberflächen wegen der Unähnlichkeiten der Gestalt der Körper meist ungleich sind. Die Lagen der Körper haben

genaugenommen gar keine Größe und sind nicht so sehr Orte, als vielmehr eine Folge der jeweiligen Ortsbefindlichkeit...

(IV) ...Die absolute Zeit wird in der Astronomie von der relativen durch eine Verstetigung des landläufigen Zeitbegriffs unterschieden. Die natürlichen Tage, die man allgemein für passend hält, um damit die Zeit zu messen, sind nämlich ungleich. Diese Ungleichheit korrigieren die Astronomen, damit sie die Himmelsbewegungen aufgrund einer richtigeren Zeit messen können. Es ist möglich, dass es keine gleichförmige Bewegung gibt, durch die die Zeit genau gemessen werden kann. Alle Bewegungen können beschleunigt oder verzögert sein; aber der Fluss der absoluten Zeit kann sich nicht ändern. Die Dauer oder die Beständigkeit des Daseins aller Dinge ist gleich, ob Bewegungen nun schnell, langsam oder gar nicht vorhanden sind. In der Tat wird die Dauer von ihren sinnlich erfahrbaren Messwerten mit Recht unterschieden und erst durch astronomische Verstetigung aus ihnen bestimmt. Die Notwendigkeit dieser Verstetigung zur zeitlichen Bestimmung der Erscheinungen wird sowohl durch das Experiment mit der Pendeluhr, als auch insbesondere durch die Verfinsternung der Jupitermonde erwiesen.

Wie die Anordnung der Teile der Zeit unveränderlich ist, so ist es auch die Anordnung der Teile des Raumes. Bewegten sie sich nämlich von ihren Plätzen, so bewegten sie sich sozusagen von ihrem eigenen Wesen weg. Denn die Zeiteile und die Raumeile sind gleichsam die Orte ihrer selbst und aller Dinge. Alle haben ihren Platz in der Zeit in Bezug auf ihre Abfolge und im Raum in Bezug auf die Anordnung ihrer Lage. Es gehört zu ihrem Wesen, dass sie Orte sind, und es ist ein Widerspruch in sich, wenn die ersten Orte beweglich sind. Sie sind daher absolute Orte, und nur Ortsveränderungen von diesen Orten weg sind absolute Bewegungen....

Die relativen Größen sind daher nicht diejenigen Größen, deren Namen sie tragen, sondern sie sind deren wahrnehmbare (wahre oder irrtümliche) Messwerte, deren man sich gemeinhin anstelle der wirklich zu messenden Größen bedient. Wenn aber die Bedeutung der Wörter durch ihren Gebrauch zu bestimmen ist, so hat man unter den Bezeichnungen Zeit, Raum, Ort und Bewegung eigentlich diese wahrnehmbaren Maße zu verstehen, und die Ausdrucksweise wird ungewöhnlich und rein mathematisch sein, wenn man die astronomisch gemessenen Größen darunter verstehen wollte. Deshalb tun diejenigen der Heiligen Schrift Gewalt an, die diese Bezeichnungen als astronomisch gemessene Größen dort hineininterpretieren. Aber nicht weniger besudeln diejenigen die Mathematik und die Philosophie, die die wirklichen Größen mit ihren Relationen und den gemeinhin verwendeten Messwerten durcheinanderbringen.“²²

IV

Die folgenden Überlegungen wollen wiederum nicht als *Interpretation*, sondern als *kommentierende Erläuterung* verstanden werden. Es soll hier nicht darum gehen, eine subjektive Auffassung des Autors dieses Aufsatzes zu verbreiten, sondern allein um das objektiv richtige Verständnis dessen, was *Newton* mit seinen Worten *insbesondere über die Zeit* der Mit- und Nachwelt mitteilen wollte.

1. Ausgangspunkt des *Scholiums* ist ersichtlich das *Wissen von der Relativität all unserer sinnlichen Wahrnehmungen von Räumen, Zeiten, Orten und Bewegungen*. Relativität meint hier 'Bezüglichkeit' in dem Sinne, dass wir diese genannten Erscheinungen immer nur „in Beziehung auf sinnlich Wahrnehmbares“ (Newton) wahrnehmen: Sinnlich erfahrbare Räume sind in Beziehung auf benachbarte Körper, jeder Innenraum eines Gefäßes ist in Beziehung auf die materiellen Gefäßwände bestimmt. Der Innenraum einer Kirche ist bestimmt in Beziehung auf die Architektur des Gebäudes, das ihn unmittelbar angrenzend einfasst. Newton nennt *unterirdische Räume, den Luftraum und den Weltraum*; diese sind, wie er sagt, „durch ihre Lage in Bezug zur Erdoberfläche“ bestimmt. Dies alles sind *relative Räume*, die sinnlich durch ihre Lage in Beziehung auf materielle Körper bestimmt werden. Newton bezeichnet sie als „Messwerte oder beliebige veränderliche Ausschnitte“ des *absoluten Raumes*.

In gleicher Weise bezeichnet er, nachdem er die *absolute Zeit* als „Dauer“ definiert hat, *relative Zeiten* als „beliebige sinnlich wahrnehmbare äußerliche *Messwerte* der Dauer, aus der Bewegung [eines Körpers, z.B. eines Uhrzeigers; ED] gewonnen.“ Danach dürfen wir *relative Zeiten*, in analoger Weise, wie die *relativen Räume* beliebige veränderliche *Ausschnitte* des absoluten Raums sind, als beliebige veränderliche *Ausschnitte* aus der *absoluten Zeit* betrachten. In beiden Fällen, bei den *relativen Räumen* wie bei den *relativen Zeiten*, haben wir es also mit *endlichen variablen Messwerten* von (absolutem) 'Raum' und (absoluter) 'Zeit' zu tun.

2. Das heißt aber, dass der absolute Raum und die absolute Zeit sozusagen als unveränderliche *Maßstäbe* dienen, von denen die Messwerte variabler relativer Räume und Zeiten abzulesen sind, so wie auch in der handwerklich-technischen Praxis in der Tat variable Messwerte endlicher Räume und Zeiten *relativ zu unveränderlichen Maßstäben* - Linealen, Zifferblättern - *bestimmt und von diesen abgelesen werden*.

Dazu müssen die Maßstäbe freilich *skaliert* sein. Dies nun leisten der absolute Raum und die absolute Zeit dadurch, dass sie - immer nach Newton - eine *Struktur* haben, dass sie, obwohl ungeteilt und unteilbar, nach Art eines Gitters doch aus 'Teilen' bestehen, die zueinander unveränderliche *Plätze* innehaben - *räumliche* „in Bezug auf die „Anordnung ihrer Lage“, *zeitliche* „in Bezug auf ihre Abfolge“, wie Newton sagt.

3. Man beginnt nun einzusehen, inwiefern der *absolute* Raum und die *absolute* Zeit Newtons für die Konstituierung einer realistischen Lehre von Raum, Zeit und Bewegung unverzichtbar sind, und warum und inwiefern sie ‘absolut’ sind und sein müssen: Sie müssen *unabhängig* von irgendetwas anderem und *vor* allem anderen *existieren*, damit die sinnlich erfahrbaren relativen Räume und Zeiten unseres täglichen Lebens *nicht nur relativ zu Körpern bestimmt werden müssen*: Dann nämlich wären sie nicht bloß relativ, sondern zudem auch noch von der Existenz von Bezugskörpern *abhängig* und hätten *keine selbständige Realität*: Der Raum im Innern eines Gefäßes wäre *nichts* ohne das ihn begrenzende materielle Gefäß, der Weg und die Zeit der Bewegung eines Körpers wäre *nichts* ohne den Bezugskörper. Erst die *absolute Wirklichkeit* der Existenz von Raum und Zeit als unveränderlichen Maßstäben *erfahrbarer* Räume und Zeiten *sichert also die Realität* dieser erfahrbaren und variablen Räume und Zeiten, insofern diese eben nicht weniger sind als verschiedene endliche variable *Messwerte des unendlichen unveränderlichen Absoluten*. Auf diese Weise, und *nur* auf diese Weise kann dargestellt werden, dass die erfahrbare räumlich-zeitliche Wirklichkeit der Welt *mehr ist* als bloß die sinnlich wahrnehmbare körperliche Materie mit den diversen subjektiven (räumlichen, zeitlichen, kausalen) Kategorien ihrer Ordnung, und Bewegung *mehr* als bloße Lageveränderung von Körpern relativ zu anderen Körpern, wie etwa Immanuel Kant sie beschrieben hat und alle Relativisten lehren²³. Nur die sichere, auf Messung beruhende Herleitung der endlichen Räume und Zeiten, in denen wir unser Leben fristen, vom unendlichen *Absoluten* gewährleistet, dass die Erfahrung dieser Räume und Zeiten (die unser tägliches Leben ausmacht) mehr ist als Märchen und Traum. Newton erkennt die Wirklichkeit der in Raum und Zeit erschaffenen bewegten *Welt* als endlichen, messbaren Teil des räumlich und zeitlich unendlichen *Universums*.

V

Unendlicher konstanter Maßstab und endlicher variabler Messwert, unendliches ruhendes Raumzeit-Universum und darin bewegte endliche Welt, unendliche Dauer der absoluten Zeit und endlich dauerndes Maß erfahrbarer relativer Zeiten: In diesen Rahmen ist die newtonische Kosmologie gespannt. Es ist ein Rahmen, der Ordnung und Maß hat. Raum und Zeit, der *absolute* Raum und die *absolute* Zeit, da sie - nach Newton - aus kleinsten elementaren Einheiten bestehen, garantieren dieses Maß und diese Ordnung. Sicher sind Raum und Zeit -

mit Kant gesprochen - *subjektive* 'Bedingungen der *Möglichkeit* von Erfahrung', da die Erfahrung relativer Räume und Zeiten die Begriffe von Raum und Zeit 'an sich' voraussetzt. Der absolute Raum und die absolute Zeit sind aber - newtonisch - *mehr* als bloß abstrakte ideale Begriffe; sie sind darüber hinaus auch *objektiv-reale* 'Bedingungen der *Wirklichkeit* von Erfahrung' und die realen Bausteine *der Wirklichkeit der Welt*, insofern erst *ihre* absolute Realität den an ihnen gewonnenen Messwerten von relativen Räumen und Zeiten *Wirklichkeit verleiht*. Der Raum erfüllt dieselbe Bausteinfunktion überdies auch bei der Konstituierung makroskopischer *Körper*, die - newtonisch - aus elementaren materiellen Teilchen bestehen (deren *Menge* in einem Körper macht die 'quantitas materiae' oder die 'Masse' dieses Körpers aus), *und aus* - notwendigerweise ebenfalls in Teilen, wenn auch unteilbar - *dazwischenliegendem leerem Raum*²⁴.

Wie hat man sich vorzustellen, dass die *absolute* Zeit als „Dauer“ den aus ihr geschnittenen, an ihr gemessenen endlichen relativen Zeiten *Wirklichkeit* verleiht? Ganz ebenso, wie man die *gewöhnliche* Zeit, die Minute, die Stunde (immer und notwendigerweise als *relative* Zeit!) von einem *Zifferblatt* abliest, relativ zu dem die Zeiger der Uhr sie durch ihre Bewegung markieren. Hier repräsentiert das Zifferblatt als Maßstab die *absolute* Zeit, die Dauer 'an sich', deren Unendlichkeit durch die anfang- und endlose Kreisform dieses Maßstabs genial symbolisiert wird. Die Spanne zwischen den Zeigern der Uhr wird erst dadurch zu einem *wirklichen (relativen) Zeitmaß*, zu einem gemessenen wirklichen, endlich dauernden Ausschnitt aus der unendlichen Dauer, *dass sie auf das Zifferblatt bezogen wird. Also ohne Zifferblatt - und das heißt hier: ohne absolute Zeit - auch keine wirklich dauernde 'relative' Zeit - und keine wirkliche Uhr*²⁵.

Man begreift an dieser Stelle, welcher Mangel an Wissen von der Zeit eine Zivilisation kennzeichnete, in der diese nicht an einem Maßstab *gemessen*, sondern einfach nur *gezählt* würde, in der die Uhren keine Zifferblätter hätten, sondern nur aus Zahlen bestünden, so dass sie keine *Dauer* kennen würden, keine endliche und keine ewige. In einer solchen Zivilisation wäre die Zeit in der Tat *relativ* in dem Sinne, dass ihr kein wirkliches objektives Maß zukäme, sondern sie stets identisch wäre mit der Zahlenanzeige einer jeden Uhr, die sie nennt. 'Zeit' wäre dort stets das, was die Uhr angibt; es wäre also *die Uhr*, die dort die Zeit *macht*, und ohne Uhr wäre keine Zeit. Und deshalb hätte jeder Träger einer Uhr seine 'Eigenzeit', was besonders dann bedeutsam würde, wenn sich zeigen sollte, daß die Geschwindigkeit des

Laufes der diversen Uhren von deren jeweiligem Bewegungszustand relativ zueinander abhängig ist. Dann wäre die Relativität der Zeit perfekt, woraus die erstaunlichsten Folgerungen gezogen werden könnten; zum Beispiel die, dass Zwillinge, die unterschiedliche Bewegungen vollführen, von ihren Uhren ablesen könnten, dass sie unterschiedlich schnell gealtert wären. Sie könnten, ja sie müssten diesen Schluss ziehen, weil eben ihre 'Zeit', wenn es dafür keinen absoluten Maßstab gibt, nichts anderes sein könnte, nichts anderes *wäre* als das, was ihre Uhren anzeigen²⁶.

Der Leser kennt diese Zivilisation. Es ist die unsere, insoweit sie ihr Weltbild unkritisch gläubig von den Dogmen der modernen Physik her bezieht und folgerichtig auch dazu übergegangen ist, Uhren ohne Zifferblatt und Zeiger zu bauen.

VI

Das Zifferblatt: Das Wesentliche daran sind zweifelsohne die Ziffern. Genauer gesagt: Das Wesentliche daran ist, wie schon oben bemerkt wurde, *die Skalierung*, die Unterteilung des Kreises in gleichartige Maßeinheiten. Sie erst macht das Zifferblatt zu einem *Maßstab*. Dabei kommt es nicht darauf an, dass es gerade *Ziffern* sein müssten, die die Unterteilung leisten. Jede Markierung, die eine Skala darstellt, genügt, ob es Punkte sind oder Striche oder eben Ziffern oder was immer.

Angenommen die Zeit wäre ein strukturloses Kontinuum, wie manche im Gefolge des Aristoteles noch immer glauben²⁷. So wäre die Skalierung von Zifferblättern, damit man durch sie die Zeit messen kann, eine vielleicht praktische, aber jedenfalls *willkürliche* Maßnahme, eine *subjektive Entscheidung* auch dann, wenn alle Uhrenbauer durch Konvention gehalten wären, die Zifferblätter in *zwölf gleiche* Teile zu unterteilen. Die relativ zu einer solchen Skala messbare, durch die Messung *erfahrene* endliche Zeit, d.h. die gemessene Zeitspanne wäre kein wirklicher, sondern ein willkürlicher Teil und Ausschnitt des Zeitkontinuums. Die *Dauer* dieser Spanne wäre lediglich durch die Konvention bestimmt, sie hätte also keine objektive Wirklichkeit und kein eigenständiges Sein. Sie wäre in der Tat auch relativ in Bezug auf den Bewegungszustand der Uhr, von der sie abgelesen wird, wenn sich zeigen sollte, dass gegeneinander bewegte Uhren Gangdifferenzen aufweisen. Da hülfe es auch nichts, dem Zeitkontinuum *als solchem* Realität zuzubilligen.

Wenn also die Zeit *wirklich* sein soll, damit unser Leben und Sterben kein Traum ist, so muss schon die Zeit ‘an sich’, also die absolute Zeit, *skaliert sein*, auf dass sie als Maßstab für die Ablesung erfahrener Zeiten relativ zu ihr dienen kann, die dann als wirkliche *Ausschnitte endlicher Dauer* aus der Unendlichkeit der Dauer der absoluten Zeit erkannt werden können, *an deren Wirklichkeit sie teilhaben*.

„Die relativen Größen sind daher nicht diejenigen Größen, deren Namen sie beanspruchen, sondern sie sind deren wahrnehmbare (wahre oder irrtümliche) Messwerte, deren man sich gemeinhin ...bedient“,

schreibt Newton. Wir verstehen jetzt, was er damit meint: Die relativen Messwerte von Raum und Zeit sind *nicht* ‘der Raum’ und nicht ‘die Zeit’. Die Zeitspanne, die meine Uhr angibt, ist *nicht* ‘die Zeit’ schlechthin, sondern sie ist ein *Messwert* der absoluten, wirklicher oder wahren Zeit, der „wahr oder irrtümlich“ sein kann, d.h. richtig oder falsch, je nachdem, wie richtig oder falsch die Uhr geht. Da nun die absolute Zeit ihrerseits *per definitionem* von nichts anderem abhängig, also immer gleichförmig ist, folglich auch nicht in ihrem Gang vom Bewegungszustand einer Uhr abhängt, so wird die bewegte Uhr, wenn sie gegenüber der ruhenden Uhr eine Gangdifferenz aufweisen sollte, *aus newtonischer Sicht* nichts anderes beweisen, als dass der Bewegungszustand einer Uhr *deren* Gang beeinflusst - aber doch nicht den Gang *der Zeit selbst*.

Für den Gang der absoluten, wahren Zeit ist die konstante *Gleichförmigkeit* des Aufeinanderfolgens der *Teile* der Zeit schlechthin konstitutiv. Deswegen ist es für die *Messung* der Zeit durch Uhren entscheidend wichtig, diesen einen *gleichförmigen Gang* zu geben. Und hier liegt die Schwierigkeit für den Uhrmacher, der eine genaue Uhr bauen, und für den Naturforscher, der die Zeit messen will. Woran kann man vergleichend prüfen, ob die Uhr genau geht? Noch nicht einmal die Dauer des natürlichen Tages eignet sich dazu. Um Newton nochmals zu zitieren:

„Die absolute Zeit wird in der Astronomie von der relativen durch eine Verstetigung des landläufigen Zeitbegriffs unterschieden. Die natürlichen Tage, die man im allgemeinen für passend hält, um damit die Zeit zu messen, sind nämlich ungleich. Diese Ungleichheit korrigieren die Astronomen, damit sie die Himmelsbewegungen aufgrund einer richtigeren Zeit messen können. Es ist möglich, dass es keine gleichförmige Bewegung gibt, durch die die Zeit genau gemessen werden kann. Alle Bewegungen können beschleunigt oder

verzögert sein; aber der Fluss der absoluten Zeit kann sich nicht ändern. Die Dauer oder die Beständigkeit des Daseins aller Dinge ist gleich, ob Bewegungen nun schnell, langsam oder gar nicht vorhanden sind.“

Deshalb - so Newton weiter -

„...wird die Dauer [d.h. die absolute, wahre Zeit, ED] von ihren sinnlich erfahrbaren Messwerten mit Recht unterschieden und erst durch astronomische Verstetigung aus ihnen bestimmt. Die Notwendigkeit dieser Verstetigung zur zeitlichen Bestimmung der Erscheinungen wird sowohl durch das Experiment mit der Pendeluhr, als auch insbesondere durch die Verfinsterungen der Jupitermonde erwiesen.“

Das „Experiment mit der Pendeluhr“ und die Beobachtung der „Verfinsterungen der Jupitermonde“, letztere ebenso wie ersteres als Zeitmessung durch Bewegung verstanden, zeigen beide Unstetigkeiten auf, weil die zugrundeliegenden körperlichen Bewegungen (der Teile der Uhr ebenso wie der Himmelskörper) das Ideal der absoluten Gleichförmigkeit nicht erreichen. Deshalb ist die „astronomische Verstetigung des landläufigen Zeitbegriffs“, wie Newton sagt, für die Astronomie unerlässlich. Die *astronomisch gemessenen Zeiten* bleiben aber trotz dieser Verstetigung *relative Zeiten* im Sinne Newtons^{27a}, nämlich endliche Messwerte der unendlichen absoluten Zeit, die in Bezug auf diese selbst bestimmt sind. Jedoch sind sie, wenn die „Verstetigung“ korrekt durchgeführt wird, wiederum mit Newtons Worten „*wahre*“ Messwerte und „Ausschnitte“ aus der absoluten wahren Zeit, an deren Wirklichkeit sie dann uneingeschränkt teilhaben.

Es wäre demnach ein Fehler, wollte man Newton so interpretieren, als hätte er mit „absoluter Zeit“ die verstetigte *astronomische Zeit* gemeint, also die *genaue* im Unterschied zur *ungenau*, vielleicht auch *gar nicht* gemessenen, sondern nur *subjektiv empfundenen* und *insofern* ‘relativen’ Zeit - im Unterschied zu dem ‘Augenblick’ etwa, der dem Wartenden so lang und der Liebe so kurz erscheint. Über die subjektive und *insofern* relative, nämlich auf das empfindende Subjekt bezogene *psychologische Zeit*²⁸ verliert Newton kein Wort. Sie ist ebenso wie die ungenau gemessene und deshalb falsche Zeit kein Thema einer Philosophie von Raum, Zeit und Bewegung, die sich mit dem befasst, was *unabhängig* von den subjektiven Empfindungen der Menschen *objektiv wirklich existiert*.

In der Schulphysik, für die heutigen Physiker, gilt es als ausgemacht, (1) dass Newton die Zeit schlechthin für ‘absolut’ erklärt hat²⁹, (2) dass die klassische Mechanik die Zeit demgemäß als absolut auffasst³⁰, dass aber (3) die Zeit in Wahrheit - Einstein habe es gezeigt - ‘relativ’ ist³¹. Was heißt dies alles, vor dem Hintergrund des jetzt gewonnenen Verständnisses der *authentischen* newtonischen Lehre von der Zeit?

1. Die Zeit als messbare Variable der Bewegungslehre ist auch für Newton *nicht* absolut, sondern *relativ* - relativ *bezogen auf die unendliche absolute Zeit*, von der sie einen endlichen Messwert darstellt. Die Behauptung, Newton habe *die Zeit schlechthin* als ‘absolut’ angesehen, ist falsch.

Hinter dieser falschen Behauptung steckt aber etwas anderes, was richtig ist. Es geht dabei um die philosophische Frage der *objektiven Wirklichkeit* der Zeit. Gerade diese Wirklichkeit der Zeit - als einer immateriellen Entität - war zwischen den Philosophen verschiedener Richtungen seit den ältesten Zeiten umstritten³². Auch zwischen Newton und seinem philosophischen Antipoden G.W. Leibniz war sie umstritten³³. Leibniz - Kant sozusagen vorwegnehmend - wollte die Zeit lediglich als eine relative Ordnungskategorie der Materie sehen, und ohne Materie keine Zeit. Leibniz bezieht also die relative Zeit auf die *Materie*. Eine Bezugsgröße oder gar einen *Bezugsmaßstab* ‘absolute Zeit’ kennt er nicht. Die Zeit ist deshalb für Leibniz *von der Materie abhängig* und also nichts Wirkliches ‘an sich’³⁴. Dagegen leitet sich in Newtons Zeitlehre, wie wir gesehen haben, von der Wirklichkeit der absoluten Zeit auch die Wirklichkeit der physikalisch messbaren relativen Zeiten her. Man wird also sagen dürfen, dass Newton die Zeit - die absolute *und* die (genau gemessene) relative - für schlechthin *wirklich* gehalten habe, nicht aber die Zeit schlechthin für *absolut*.

2. Falsch ist auch die Behauptung, dass die Zeit *in der klassischen Mechanik* im Newton’schen Sinne als absolut behandelt werde. Wir haben gesehen, dass es die Newton’schen *relativen* Zeiten sind, von denen die Mechanik handelt, die gemessenen, *endlichen Maße* der Zeit als *variable Messwerte*. Die *absolute* Zeit, wie Newton sie meint, müsste im Gegensatz dazu *als unveränderliche Größe*, als *Konstante* in der Mechanik auftreten. Tatsächlich kennt die klassische Mechanik *keine* derartige Konstante, sondern nur *variable* Zeiten.

Auch hier steckt aber wieder etwas anderes hinter der soeben widerlegten Behauptung. Es verbirgt sich dahinter, dass in der klassischen Mechanik die gemessene relative Zeit als objektive Realität, *als etwas Wirkliches angesehen und behandelt wird*. Und das ist allerdings richtig³⁵. Dabei fällt auf, dass in der Tat die Überzeugung von der Wirklichkeit der Zeit in der klassischen Mechanik nicht mehr war bzw. ist als eben eine *Überzeugung*. In der Bewegungsgleichungen der Schulmechanik fehlt für sie jeder Anhaltspunkt, da diese über die Wirklichkeit der physikalischen Terme, die sie zum Gegenstand haben, nichts aussagen. Anders - noch einmal - bei Newton, dem die wirkliche *absolute* Zeit als Maßstab gemessener *relativer* Zeiten die objektive Realität dieser relativen Zeiten *gewährleistet*. Gerade der Umstand, dass Newtons Konzept der absoluten Zeit in der klassischen Mechanik nicht existiert, hat also zur Folge, dass diese *die Wirklichkeit* der gemessenen Zeiten von nirgendwo herleiten, sondern nur als Konvention zugrundelegen und *glauben* kann. Es liegt auf der Hand, dass der Weg von hier zur *Zerstörung* dieses Glaubens und zu der positivistischen und - wie wir sehen werden - auch relativistischen Überzeugung, 'die Zeit' sei eben das, was eine Uhr anzeigt³⁶, nicht weit ist.

3. Was schließlich die von der Physik behauptete *generelle Relativität der Zeit* angeht, so hat man zu beachten, dass den entsprechenden Überlegungen Albert Einsteins eine *Hypothese* zugrunde liegt: es ist das positivistische *Dogma* (denn allerdings ist es nichts anderes als ein *Dogma*, d.h. eine geglaubte und zu glaubende Überzeugung), dass die Physik sich auf die Untersuchung *beobachtbarer* bzw. *messbarer* Dinge in der Natur zu beschränken habe, weil diese und *nur* diese die Wirklichkeit ausmachen³⁷. Nun sind aber, wie wir gesehen haben, *messbare* Dinge *immer relativ*, nämlich immer auf einen *Maßstab* bezogen, an dem sie gemessen werden und von dem her sie ihr Maß beziehen. Woher also den Maßstab nehmen, z.B. den Maßstab für die genaue Messung der Zeit? Gibt die Natur keinen solchen Maßstab beobachtbar vor, dann in der Tat kann *jede beliebige* Zeit als Maßstab angenommen und als Maßeinheit gesetzt werden, zum Beispiel die Zeit von einem Vollmond zum nächsten, oder die Zeit von einer Tagundnachtgleiche zur nächsten, oder die Zeit von einem Mittag zum nächsten, oder die Stunde als der vierundzwanzigste Teil dieser Zeit, oder was immer³⁸. Die Messung der Zeit ist dann beliebig. Soweit sie nach einem allgemein gebrauchten Maßstab geschieht, beruht sie allein auf Konvention. Die Zeit 'ist' dann in der Tat *identisch* nichts

anderes (was denn auch) als die so bestimmten *gemessenen Zeiten*, und ohne Messung ist dann keine Zeit ‘an sich’.

Halten wir also fest, dass die Behauptung, es gäbe keine natürliche ‘absolute’ Zeit als Maßstab zur Bestimmung relativer gemessener Zeiten, *dazu zwingt*, die Zeit *überhaupt* mit ihrem (nach einem beliebigen, auf Konvention beruhenden Maßstab gemessenen) Messwert zu *identifizieren*. Zeit und Zeitmessung ist dann ein und dasselbe. Dies gilt unabhängig von aller Einstein’schen Relativitätstheorie *allein schon dann*, wenn man, weshalb auch immer, einen absoluten, natürlichen Maßstab der Zeit nicht voraussetzen will. Da nun, wie gezeigt wurde, die klassische Mechanik zwar die - gemessenen ! - Zeiten für *wirklich* hält, einen absoluten natürlichen Maßstab der Zeit aber keineswegs voraussetzt, so *hält* sie ganz einfach diejenigen Zeiten für *wirklich*, die *allein aufgrund gesellschaftlicher Verabredung über den gleichen Gang von Uhren* jeweils von einer ganggenauen Uhr abgelesen werden.

Auf dieser Grundlage können wir nun verstehen, inwiefern Einsteins Theorie behauptet, dass die Zeit schlechthin relativ sei, und daß es keine absolute Gleichzeitigkeit gebe: Einstein geht ganz selbstverständlich von der (schon ‘klassisch’, freilich aber nicht ‘newtonisch’ gegebenen) *Identität* von Zeit und Zeitmessung aus. Sodann führt er aus, dass der Gang zweier Uhren, auch wenn sie unter Zugrundelegung der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes synchronisiert sind, von ihrer Bewegungsgeschwindigkeit relativ zueinander abhängig ist und ungleiche Messwerte in Abhängigkeit von Bewegungsunterschieden der Uhren liefert. Gemäß seiner Voraussetzung, dass Zeitmessung und Zeit ein und dasselbe ist, ergibt sich dann, dass in der Tat die Zeit insofern schlechthin relativ ist, als ihr Maß, nämlich der Gang der Uhr, vom jeweiligen Bewegungszustand des Zeitmessers abhängt, so dass es für relativ zueinander bewegte Beobachter der Zeit auch keine - messbare! - Gleichzeitigkeit mehr gibt³⁹.

Kritiker der Einstein’schen Zeittheorie haben verschiedentlich darauf hingewiesen, dass in dieser Theorie vielleicht die Relativität der *Zeitmessung*, aber doch nicht die Relativität *der Zeit selbst* gezeigt werde⁴⁰. Aus den dargestellten Gründen erhellt ohne weiteres, dass dieser Einwand berechtigt ist - *und dennoch nicht trifft*, weil eben für die Einstein’sche Theorie Zeit und Zeitmaß ein und dasselbe *sind*. Dem kritischen Einwand liegt unausgesprochen die tiefverwurzelte herkömmliche Überzeugung zugrunde, dass es eine *Zeit* und insbesondere eine *Gleichzeitigkeit* ‘an sich’ gebe, die stets ein und dieselbe und unabhängig davon sei, wie eine

Zeitmessung gegebenenfalls ‘richtig’ oder ‘falsch’ ausfällt. Gerade diese Voraussetzung macht aber Einsteins Theorie *nicht*. Im Gegenteil geht sie (mit Leibniz und Kant) dogmatisch von der Nicht-Existenz der Zeit „an sich“ aus, weshalb es dann in dieser Theorie auch keine Grundlage, d.h. *keinen Maßstab* dafür gibt, von zwei je nach Bewegungszustand des Zeitmessers verschiedenen gemessenen Zeiten die eine für richtig, die andere für falsch zu halten. Beide sind für den jeweiligen Zeitmesser *gültig*. Die Theorie spricht griffig von dessen ‘Eigenzeit’⁴¹. Die Relativisten, insoweit sie den besagten Einwand für irrelevant erklären, setzen also die Hypothese von der Identität von Zeit und Zeitmessung voraus, auf der Einsteins Theorie beruht. Sie setzen sozusagen die Richtigkeit der Einstein’schen Theorie voraus, um von hier aus dann den Einwand zu verwerfen. Andererseits setzen aber auch die Kritiker voraus, dass es die Zeit ‘an sich’ und folglich einen Unterschied zwischen Zeit und Zeitmessung gebe. Wer hat Recht? Kann darüber vielleicht ein Experiment entscheiden?

VIII

Es lohnt sich in jedem Fall, die Einsicht festzuhalten, dass Einsteins Theorie Zeitmessung und Zeit gleichsetzt. Denn damit haben wir die Möglichkeit gewonnen, den von der Physik behaupteten experimentellen Nachweis für die Richtigkeit der Einstein’schen Theorie kritisch zu überprüfen. Wir können die konkrete Feststellung der Physiker, dass die Abhängigkeit des Ganges zweier Atomuhren von ihrer Relativbewegung experimentell bestätigt sei⁴², ohne weiteres akzeptieren. Sie beweist dann die Bewegungsabhängigkeit bzw. ‘Relativität’ der *Zeitmessung*. Sie beweist aber *nicht* diejenige - hier natürlich entscheidende - *Hypothese* der Einstein’schen Theorie, die - gegen Newton und gegen unsere natürliche Empfindung der Zeit - behauptet, die *Zeitmessung* sei dasselbe wie *die Zeit schlechthin*. Das Argument der Relativisten wird eben nur dadurch schlüssig, dass sie die selbständige Existenz einer *absoluten, vom Bewegungszustand der Zeitmesser unabhängigen Zeit* neben der relativen, gemessenen Zeit ebenso wie schon Leibniz und Kant gegen Newton *bestreiten, weil man diese nicht messen kann, und* (hier noch einmal das positivistische Argument) *weil das, was man nicht messen kann, nicht existiere*⁴³.

Also: wie steht es danach mit der Existenz der absoluten Zeit? Wir haben diese mit Newton als *Maßstab* erkannt und definiert. Natürlich kann man diesen Maßstab nicht wiederum an

etwas anderem *messen*. Wie steht es aber tatsächlich um die Wirklichkeit von Newtons *absoluter Zeit*, wenn man diese nicht messen kann?

Wenn wir im Kontext der newtonischen Naturphilosophie argumentieren wollen, so müssen wir beachten, dass diese sich zu allererst auf die sinnliche Erfahrung gründet, wie Newton stets betont hat⁴⁴. Die *experimentelle Naturphilosophie*, wie er seine Lehre auch nannte, arbeitet ganz streng empirisch. Ein Unterschied zum Empirismus (Kants beispielsweise) besteht aber darin, dass Newton nicht bei dem empirischen Material beschreibend stehen bleibt. Er benützt dieses Material vielmehr, um daraus die zugrundeliegenden Prinzipien *deduktiv* zu ermitteln. Erst das, was auf diese Weise als ein *Prinzip* erkannt ist, wird dann sozusagen *induktiv* zu einer allgemeinen Erkenntnis erweitert⁴⁵. Entscheidend ist dabei ersichtlich der *deduktive* Schritt. Er führt von der sinnlichen Erfahrung zum sinnlich nicht erfahrbaren und insofern *abstrakten* oder *transzendenten* Prinzip⁴⁶. Newton zielt also gerade auf dasjenige *Transzendente* ab, welches Kant für dem menschlichen Erkenntnisvermögen (wegen dessen angeblicher Beschränktheit auf das sinnlich Gegebene) verschlossen hielt⁴⁷.

Die Zeit, und zwar *gerade nicht* die *gemessenen Zeiten*, mit denen die Physik sich befasst, sondern die Zeit 'an sich' ist nun ganz ohne jeden Zweifel ein Gegenstand unmittelbarer sinnlicher Erfahrung. Jedermann kann und muss sie an seinem eigenen und an dem Älterwerden aller anderen erfahren und sozusagen 'sehen' - ein Beispiel, das auch Newton gebraucht hat⁴⁸. Wie das Beispiel zeigt, ist nicht nur diese Zeit an sich - und das ist die *absolute* Zeit ! - *durchaus* Gegenstand direkter Erfahrung⁴⁹, sondern auch ihre *topologische Struktur*, d.h. das Aufeinanderfolgen von Ereignissen oder die sogenannte *Irreversibilität* der Zeit, die Richtung ihres Flusses von der Vergangenheit in die Zukunft, in der wir alle stets älter werden und niemals jünger. Aus der Erfahrung des Alterns lernen wir also *deduktiv* den Begriff der Zeit 'an sich' und die Richtung ihres Flusses; und diesen Begriff, dieses erkannte Prinzip verallgemeinern wir sodann *induktiv* dahin, dass *alles*, was aufeinanderfolgend geschieht, *in der Zeit geschieht*.

Noch einmal: Es ist, der Sache nach, die *absolute* Zeit im Sinne Newtons, die wir als Zeit der unmittelbaren Erfahrung kennen, die Zeit 'an sich' als *Dauer*. Sehr viel mehr Schwierigkeiten als diese birgt der Begriff der *relativen, variablen, endlichen* Zeit, der Begriff des 'Wieviel' der Zeit, die Frage nach ihrem richtigen physikalischen Maß also, das *Messen* der Zeit als ein

zugleich *philosophisches* und *technisches* Problem. In *philosophischer* Hinsicht galt es dazu, den *absoluten Maßstab* zu finden, der die genaue Zeitmessung möglich macht. Dieser Maßstab kann nicht in der Bewegung materieller Körper gefunden werden, nicht in der Wiederkehr des Nilhochwassers, nicht in der Wiederkehr der Mondphasen, nicht im (scheinbaren regelmäßigen) täglichen Umlauf der Sonne um die Erde; denn - wie Newton richtig sagt - „*es ist möglich, dass es keine gleichförmige Bewegung gibt, durch die die Zeit genau gemessen werden kann. Alle Bewegungen können beschleunigt oder verzögert sein.*“ Das einzige, was wirklich absolut gleichförmig verläuft, ist der Fluss der absoluten Zeit selbst; deshalb fährt Newton fort: „*Aber der Fluss der absoluten Zeit kann sich nicht ändern. Die Dauer oder die Beständigkeit des Daseins aller Dinge ist gleich, ob Bewegungen nun schnell, langsam oder gar nicht vorhanden sind.*“

Diese „*Dauer oder Beständigkeit des Daseins aller Dinge*“ ist also der einzige in Betracht kommende absolute Maßstab der Zeitmessung. Um nun diese absolute Zeit wirklich als nutzbaren Maßstab zu erkennen, musste *philosophisch* gegen Aristoteles die *Diskontinuität* (sagen wir ruhig: die *Quantisierung*) oder die *Struktur* der absoluten Zeit, ihr Bestehen aus elementaren gleichen Einheiten erkannt werden; denn - wie schon oben ausgeführt wurde - : *Erst die Skalierung* macht den Maßstab aus. Es verwundert nicht, dass die ersten einigermaßen brauchbaren technischen Lösungen des Problems der genauen Zeitmessung mittels einer ‘absoluten’ Skala eben zu der Zeit - im 15. Jahrhundert - aufkamen, als die abendländische Philosophie in der Renaissance begann, sich von der Autorität des Aristoteles und seiner Lehre grundsätzlich abzuwenden⁵⁰.

Heben wir nochmals hervor, dass die Einsicht in die *diskrete Struktur* der Zeit als eine Frucht philosophischer Analyse der *Erfahrungstatsache Zeit* anerkannt werden muss, als Resultat einer *Deduktion aus der Erfahrung*: Die *Erfahrung* lehrt die *Wirklichkeit* der absoluten Zeit; die *Philosophie* lehrt ihre *diskrete Struktur*; denn nur das, was eine solche Struktur hat, ist sinnlich als wirklich erfahrbar. Deshalb muss also die Zeit, *weil* sie erfahrbar ist, eine Struktur haben. Das gilt ganz ebenso für den Raum und für die Materie, und Newton weiß das auch. Hier tut sich ein weiterer Abgrund zwischen der analytischen Mechanik - die eine *Kontinuumsmechanik* ist - und Newtons authentischer ‘Quantentheorie’ des Raumes, der Zeit, der Kraft und der Bewegung auf. Und hier schließt sich der Kreis der Argumentation. Man sieht nun ein, weshalb alle diejenigen, die die Zeit für ein unstrukturiertes *Kontinuum*

erklären, ihr folgerichtig auch keine absolute Wirklichkeit zubilligen und von einer Messung der Zeit relativ zu einem absoluten Maßstab nichts wissen⁵¹ oder doch nichts wissen wollen.

IX

Die absolute Zeit, die relative Zeit: Selbst wenn diese newtonische Differenzierung nur eine heuristische Grundlage exakter Zeitmessung wäre, so wäre dieses Modell genial zu nennen: Stellt es doch in jedem Fall eine Theorie dar, die die Messung der Zeit *im Prinzip* von den Ungenauigkeiten ihrer Bestimmung durch die Bewegung von Körpern unabhängig macht. Für die *Praxis* der Zeitmessung kann es dann nur noch darum gehen, Messgeräte zu konstruieren, welche die *Gleichförmigkeit* des Flusses der absoluten Zeit möglichst genau nachbilden, so dass am Maßstab abgelesene *gleiche* relative Zeiten auch wirklich ‘gleiche’ Zeiten sind.

Newtons Lehre von der Zeit hat aber, wie wir gesehen haben, auch noch den Vorteil, dass sie nicht nur genial *erfunden*, sondern *aus der Erfahrung gewonnen ist* und deshalb etwas über die *Wirklichkeit* der Zeit aussagt. Es handelt sich gerade bei der *absoluten* Zeit *nicht* um eine *Hypothese*, nicht um eine „Annahme“ Newtons⁵², sondern um eine erfahrbare und erfahrene ‘physikalische’ Realität. Newton hat es bekanntlich wiederholt entschieden abgelehnt, seine Lehre auf Hypothesen zu gründen⁵³. Dies war keine ad-hoc-Äußerung, um etwa der Frage nach der Ursache der Gravitation auszuweichen⁵⁴, sondern eine wohlbegründete *erkenntnistheoretische Grundposition* der Newton’schen Philosophie⁵⁵. Dass die Wissenschaft Newton in diesem Punkt nie beim Wort und Ernst genommen hat⁵⁶, steht auch an dieser Stelle dem Verständnis seiner Lehre im Weg. Denn der positivistische Schluss von der Nicht-Messbarkeit auf die Nicht-Existenz der absoluten Zeit erweist sich als ganz verfehlt, wenn man einmal verstanden hat, dass die *gemessene* Zeit immer eine *relative* Zeit ist, und dass die *absolute* Zeit Newtons demnach *natürlich nicht* ihrerseits zu messen ist, sondern den *Maßstab* für die Messung *relativer* Zeiten liefert.

Wenn dies nun richtig sein soll, dann wird man folgern müssen, dass die so *als Realität begriffene* absolute Zeit auch in den newtonischen Bewegungsgesetzen *erscheint* und eine entsprechende mathematische Funktion hat. Wir brauchen uns bei der Untersuchung dieser Frage nicht mit den Bewegungsgesetzen aufzuhalten, die die sogenannte ‘klassische’ oder analytische Mechanik kennt: Dass diese eine mathematisch-physikalische Größe ‘absolute

Zeit' nicht enthalten, sondern nur von relativen, variablen Zeitabschnitten handeln, ist hinlänglich dargelegt worden und allgemein bekannt. Freilich sind diese Bewegungsgesetze auch nicht diejenigen Newtons; ich habe das speziell für das hier maßgebende Zweite Bewegungsgesetz andernorts nachgewiesen⁵⁷. Ich habe dort gezeigt, dass dieses Gesetz in der authentischen Newton'schen Fassung eine *Proportionalitätskonstante* fordert, die bei seiner Umformulierung in die Sprache der Analysis im 18. Jahrhundert abhanden gekommen ist. Ich habe dort auch gezeigt, dass diese Proportionalitätskonstante - die 'newtonische Konstante' - ein Quotient aus den elementaren konstanten Bestandteilen des absoluten Raumes und der absoluten Zeit ist. Für das Zweite Newton'sche Bewegungsgesetz gilt danach die viergliedrige Proportion

$$\text{Kraft} : \text{Bewegungsänderung} = \text{Raumelement} : \text{Zeitelement}.$$

Die absolute Zeit - in Gestalt ihres *unveränderlichen, konstanten* 'kleinsten Teilchens' - ist also in der authentischen Newton'schen Bewegungslehre als mathematisch-physikalische Größe mit einer eindeutig definierten mathematischen Funktion *tatsächlich präsent*. Q.e.d.

Fügen wir noch hinzu, dass dieselbe absolute Zeit ebenso bei Galilei nachweisbar ist.

Galileo Galilei erläutert in den *Discorsi* von 1638⁵⁸ die Entstehung von Bewegungsquantitäten im Verhältnis zur Zeit. Die gleichförmige Bewegung definiert er als diejenige, bei welcher die in irgendwelchen Zeiten vom Körper zurückgelegten Stecken untereinander gleich sind, die beschleunigte Bewegung als diejenige, bei der der bewegte Körper von Anfang an in gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeitszuwüchse erfährt. Galilei bezieht sich dabei auf die „Verwandtschaft der Begriffe der Zeit und der Bewegung“ und schreibt:

„Wie die Gleichförmigkeit der Bewegung durch die Gleichheit der Zeiten und Räume bestimmt und erfasst wird (denn wir nannten diejenige Bewegung gleichförmig, bei der in gleichen Zeiten gleiche Strecken zurückgelegt werden), so können wir durch ebendieselbe Gleichheit der Zeiteile die Geschwindigkeitszunahmen als einfach zustandegekommen erfassen. Mit dem Geist erkennen wir diese Bewegung als einförmig und in gleichbleibender Weise stetig beschleunigt, da in irgendwelchen gleichen Zeiten gleiche Geschwindigkeitszunahmen sich addieren. So dass, wenn man vom Anfangspunkte der Zeit an ganz gleiche Zeiteilchen nimmt von der Ruhelage aus, die Fallstrecke hindurch, die Geschwindigkeit des ersten Zeiteils mitsamt dem Zuwachs des zweiten auf den doppelten Wert hinansteigt: in drei Zeiteilchen ist der Wert der dreifache, in vierten der vierfache vom

ersten...Und so werden wir nicht fehlgehen, wenn wir die Vermehrung der Geschwindigkeit der Zeit entsprechen lassen.“

Allererste Voraussetzung dieser Überlegungen ist die erkannte Unterteilung der Zeit (und des Raumes) in gleiche, gleichartig aufeinanderfolgende ‘Teilchen’. Offenbar hat jedes einzelne dieser Elemente dasselbe unveränderliche Maß. Dieses Maß ist zu begreifen als elementare Naturkonstante ‘Zeit’ (Dimension [T]), sofern wir nur überhaupt die Zeit als eine erfahrene Realität der Natur anzuerkennen bereit sind.

Galileis zeichnerische Darstellungen zur gleichförmigen Bewegung wie auch zur gleichförmig beschleunigten Bewegung⁵⁹ zeigen die Unterteilung der Zeitachsen JK bzw. AO in diese gleichartigen Zeiteilchen (und ebenso die entsprechende Unterteilung der Raum- bzw. Streckenachsen GH bzw. CE, JN, OR, Dimension [L]).

Die Tatsache, dass diese ‘Teilchen’ des wirklichen absoluten Raumes und der wirklichen absoluten Zeit gleiche konstante Maße haben, aus denen sich zu messende variable oder relative Räume und Zeiten zusammensetzen, und der ihr entsprechende Ausdruck, dass das Verhältnis [L/T] dieser absoluten Elemente von Raum und Zeit *konstant* ist, macht die geometrische Beweisführung Galileis erst schlüssig. Sie legt nämlich *die Metrik des wirklichen raumzeitlichen Bezugsrahmens* eindeutig fest, ohne den eine Lehre von der wahren Bewegung der Körper nicht möglich ist⁶⁰.

X

Raum und Zeit, der *absolute* Raum [L] und die *absolute* Zeit [T], sind als elementarste *Naturkonstante* in Gestalt der *newtonischen Konstante* [L/T]⁶¹ sowohl ontologisch wie auch logisch und mathematisch unverzichtbare Bestandteile der *authentischen* Newton’schen Lehre von der *absoluten* Bewegung der Körper in Raum und Zeit. Die *positivistic interpretation* (P. Casini), welche Newtons Lehre im Lauf des 18. Jahrhunderts erfuhr, bestand im wesentlichen in der *Eliminierung* dieser Konstante als Proportionalitätsfaktor aus dem Konzept der mathematischen Beziehung zwischen *Kräften* (verstanden als *Bewegungsursachen*) und *Bewegungen* (verstanden als *Wirkungen* erzeugender Kräfte). Newton hatte diese mathematische Beziehung in seinem zweiten Bewegungsgesetz durch die Formulierung „mutationem motus *proportionalem* esse vi motrici impressae“ zum Ausdruck gebracht. Das

Ergebnis der *positivistic interpretation* lautet ‘Kraft gleich Massebeschleunigung’ - das bekannte sogenannte ‘Grundgesetz der klassischen Mechanik’. Nur der Umstand, dass der Mechanik mit dieser Verballhornung des Newton’schen Prinzips, d.h. mit der Eliminierung der newtonischen Proportionalitätskonstante, das absolute *raumzeitliche Bezugssystem* der Bewegung abhanden gekommen war, machte den Weg frei für die im Lauf des 19. Jahrhunderts vollzogene gänzliche Abkehr von einer ‘absoluten’ Bewegungslehre und die Installierung des Relativitätsprinzips als Leitdogmas der Physik des 20. Jahrhunderts. Wenn meine Arbeit nun zeigt, dass diese Physik sich tatsächlich für *kein einziges* ihrer Prinzipien auf Newton berufen kann, sondern in Wahrheit genau die der Lehre Newtons von der Beziehung des Relativen auf das Absolute entgegengesetzte *relativistische* Perspektive von Descartes, Huygens, Leibniz, Berkeley, Hume, Kant, und Mach zu der ihren gemacht hat, so ist dies vielleicht das zweitwichtigste Ergebnis. Wichtiger scheint mir zu sein, dass die wahre Lehre Newtons von Raum, Zeit und Bewegung nach alledem erst noch zu entdecken ist, also keineswegs als widerlegt gelten kann, sondern ihre bisher unerkannte Erklärungskraft wohl immer noch hat und entfalten kann. Die formal-mathematische Übereinstimmung zwischen dem korrekt wiedergegebenen Zweiten Bewegungsgesetz Newtons⁶² und gewissen elementaren Energie-Impuls-Proportionen der modernen Physik gibt dafür starke Hinweise, denn

„the view that a formal identity between mathematical relations betrays the identity of the physical entities involved ...harmonizes with the spirit of modern physics ...Physical entities which satisfy identical formalisms have to be regarded as identical themselves, a result in which the mathematization of physics, started by the Greeks (Plato) has reached its logical conclusion.“⁶³

Berlin-Zehlendorf, 14. Oktober 1999

Anmerkungen

- 1) Augustinus, Confessiones Buch XI. Siehe dazu im einzelnen Kurt Flasch, Was ist Zeit? Frankfurt a.M. 1993.
- 2) Stephen Hawking, Eine kurze Geschichte der Zeit, Hamburg 1988.
- 3) Isaac Newton, Philosophiae naturalis principia mathematica, in Opera quae extant omnia, Samuel Horsley Hrsg., London 1779-1785.
- 4) Siehe statt aller Stephen Hawking aaO. S. 37: „Die [Einstein’sche] Relativitätstheorie

- macht der Vorstellung den Garaus, es gebe eine absolute Zeit.“
- 5) Siehe statt aller Paul Davies, *Die Unsterblichkeit der Zeit*, München 1998 S.33/34:
„Einsteins Relativitätstheorie führte den Begriff einer an sich [!] flexiblen Zeit in die Physik ein...Es war nicht mehr möglich, von *der* Zeit zu sprechen, nur noch von meiner Zeit und deiner Zeit, je nachdem, wie man sich bewegt. Das Schlagwort lautet: Zeit ist relativ.“
 - 6) Peter Janich, *Die Protophysik der Zeit*, Mannheim 1969, S. 170.
 - 7) Siehe Immanuel Kant, *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, in *Schriften zur Naturphilosophie*, Frankfurt a.M. 1977 S. 26/27 (Raum und Zeit) und S. 118 (Trägheitskraft).
 - 8) Siehe dazu näher Ed Dellian, *Newton, die Trägheitskraft und die absolute Bewegung*, *Philos. Nat.*26 (1989) Nr.2 S.34.
 - 9) Paolo Casini, *Newton's Principia and the Philosophers of the Enlightenment*, in A. Rupert Hall und D. G. King-Hele (Hrsg.), *Newton's Principia and its Legacy*, London 1988, S.35.
 - 10) Vgl. Ed Dellian, *Nochmals: Die Newtonische Konstante*, *Philos. Nat.*36 (1999) Nr.1 S.27 .m.w.N.
 - 11) Emilio Segrè, *Von den fallenden Körpern zu den elektromagnetischen Wellen, die klassischen Physiker und ihre Entdeckungen*, München 1984 S. 78.
 - 12) E.J. Dijksterhuis, *Die Mechanisierung des Weltbildes*, Berlin 1983, S.528.
 - 13) Jürgen Mittelstraß, *Neuzeit und Aufklärung*, Berlin 1970 S.289: „Dass im Rahmen dieser erweiterten rationalen Mechanik [Newtons] die Proportionalität von Kraft und Beschleunigung nicht auftritt, *ist allerdings mehr als ein bloßer Schönheitsfehler*“.
 - 14) Hans-Georg Schöpf, *Newton zwischen Geometrie und Erfahrung*, in: Gottfried Wilhelm Leibniz im philosophischen Diskurs über Geometrie und Erfahrung, H. Hecht Hrsg., Berlin 1991, S.167: „Der Sachverhalt, den wir heute prägnant durch die Formel 'Kraft gleich Masse mal Beschleunigung' ausdrücken, ist *Inhalt schlechthin* des Grundgesetzes der Mechanik Newtons, seiner 'lex secunda'.“
 - 15) Isaac Newton, *Mathematische Prinzipien der Naturlehre*, J.Ph. Wolfers Hrsg., Darmstadt 1963, neuestens S. Chandrasekhar, *Newton's Principia for the Common Reader*, Oxford 1995.
 - 16) A.N. Whitehead, *Prozeß und Realität*, Frankfurt a.M. 1995 S. 183.
 - 17) Max Jammer, *Das Problem des Raumes*, Darmstadt 1980 S.125: „Die Existenz wahrer Bewegung und des absoluten Raumes zu beweisen - das ist das Programm der *Principia*.“

- 18) Zitiert nach Isaac Newton, *Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie*, Ed Dellian Hrsg., Hamburg 1988, S. 51.
- 19) Wie Anm. 10.
- 20) Aus Max Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics*, New York 1974 S.278.
- 21) Siehe Anm. 18.
- 22) Isaac Newton, wie Anm. 18, S.43 ff.
- 23) Vgl. Immanuel Kant aaO. S. 26,35,122 ff.,132, Ernst Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung* S.233: „Die Ansicht, dass die ‘absolute Bewegung’ ein sinnloser, inhalts-leerer, wissenschaftlich nicht verwendbarer Begriff sei, ... wird heute von vielen und namhaften Forschern vertreten...Die Zahl der Relativisten ist in rascher Zunahme begriffen... Wahrscheinlich wird es bald keinen bedeutenden Vertreter der Gegenansicht mehr geben.“;
- Max Born, *Die Relativitätstheorie Einsteins*, Berlin 1984, S.268, Stephen Hawking aaO. S.31/32, Paul Davies aaO. S.57.
- 24) Siehe Isaac Newton, wie Anm. 18, S. 37 (Definition I mit Erläuterung).
- 25) Es liegt auf der Hand, dass Geräte, die nur irgendwelche *Zahlen* anzeigen, z.B. *11.55*, *allein dank allgemeiner Konvention* als ‘Uhren’ gelten und ggf. mitteilen können, dass es ‘5 vor 12 Uhr’ ist, obwohl sie offensichtlich keine *Zeitmessgeräte*, sondern bloße *Zeitansagegeräte* sind.
- 26) Dank der Relativitätstheorie ‘ist’ für die moderne Physik tatsächlich ‘Zeit’ das, *was die Uhr angibt*: Siehe z.B. Paul Davies aaO. S.65: „Zumindest für die Physiker ist Zeit das, was die Uhren messen.“ Immerhin ist hier noch von „messen“ die Rede. Aber *woran, in Bezug worauf* misst eine Uhr die Zeit, wenn nicht in Bezug auf einen *Maßstab*, sei dieser das Zifferblatt? Und was *repräsentiert* der Maßstab, wenn nicht die *absolute* Zeit ? Vgl. dazu Klaus Mainzer, *Zeit*, München 1996 S. 26 ff.
- 27) Zu Aristoteles’ Theorie von der Zeit als *Kontinuum* vgl. Peter Janich aaO. S.158 ff.
- 27a) Ebenso Alexandre Koyré, *Newtonian Studies*, Chicago 1965, S.104: „Even astronomical time, by which we correct our common time measures, is no more than an approximation.“
- 28) Vgl. Klaus Mainzer aaO. S.27.
- 29) Vgl. statt aller Stephen Hawking aaO. S.33,35,37,181.
- 30) Vgl. Albert Einstein, *Grundzüge der Relativitätstheorie*, Braunschweig 1969 S. 28.
- 31) Vgl. Banesh Hoffmann, *Einsteins Ideen*, Heidelberg 1997 S. 122: „Durch das

Prinzip der Relativität wird die Zeit selbst relativ.“

- 32) Platon und wohl alle Platoniker dafür, Aristoteles und alle Aristoteliker dagegen. Hier findet auch jeder ‘theoretische Physiker’ des 20. Jahrhunderts seinen Ort.
- 33) Siehe dazu Samuel Clarke, Der Briefwechsel mit G.W. Leibniz von 1715/1716, Ed Dellian Hrsg., Hamburg 1990.
- 34) Siehe z.B. Leibniz in Samuel Clarke aaO. S.73: „Da der Raum an sich wie die Zeit nur eine in der Vorstellung vorhandene Sache ist“.
- 35) Vgl. Albert Einstein aaO. S.31 f.
- 36) Paul Davies aaO. S. 65 (vgl. oben Anm.26).
- 37) Vgl. z.B. Max Born aaO. S.24: „Die Physik wird, wenn sie an dem Grundsatz festhalten will, *nur physikalisch Feststellbares als wirklich anzuerkennen*, die Begriffe von Raum und Zeit zu einer höheren Einheit verschmelzen müssen“.
- 38) Dementsprechend ist die als Zeiteinheit festgelegte ‘Sekunde’ durch die 13. Generalkonferenz für Maße und Gewichte von 1967 definiert als „das 9192631770fache der Periodendauer der dem Übergang zwischen den beiden Hyperfeinstruktur-niveaus des Grundzustandes von Atomen des Nuklids ¹³³Cs entsprechenden Strahlung“ (nach Brockhaus Enzyklopädie 1973 unter ‘Sekunde’).
- 39) Vgl. Albert Einstein aaO. S.19,31.
- 40) Vgl. statt vieler Karl Brinkmann, Grundfehler der Relativitätstheorie, Tübingen 1988, S.82.
- 41) Albert Einstein aaO. S.48.
- 42) Siehe Paul Davies aaO. S. 63 (‘Hafele-Keating-Experiment’).
- 43) Vgl. Anm. 37.
- 44) Vgl. Anm. 53.
- 45) Vgl. Ed Dellian, Neues über die Erkenntnistheorie Isaac Newtons, Zeitschr. f. philos. Forschung 1992 Nr. 1 S.89.
- 46) *Transzendent*, nämlich *außerhalb der sinnlichen Erfahrung*, sind bei genauer Betrachtung *sämtliche* Grundelemente der newtonischen Bewegungslehre: der absolute Raum und die absolute Zeit (als Maßstäbe), die bewegende Kraft (als immaterielles verursachendes Prinzip) und die geradlinig-gleichförmige (widerstandsfreie) Bewegung.
- 47) Immanuel Kant, Kritik der reinen Vernunft, Vorrede zur 2. Auflage, B XIV - XVIII.
- 48) Vgl. J.E. McGuire, Existence, Actuality and Necessity: Newton on Space and Time, Annals of Science Nr. 35 (1978), S. 463 ff. (465).

- 49) Gegen Mainzer aaO. S. 34.
- 50) Räderuhren mit Federwerk im 14./15. Jahrhundert; Johann Peter Henlein (1510) in Nürnberg, im Umkreis Albrecht Dürers.
- 51) Hawking aaO., Davies aaO. (statt aller).
- 52) Entgegen Mainzer aaO. S. 39 („Newtons Annahme einer absoluten Zeit...“).
- 53) Isaac Newton, Mathematische Grundlagen der Naturphilosophie, aaO. S. 230: „Eine theoretische Erklärung für die Eigenschaften der Schwere habe ich aus den Naturerscheinungen noch nicht ableiten können, und bloße Hypothesen denke ich mir nicht aus. Was immer nämlich sich nicht aus den Naturerscheinungen ableiten lässt, muss *Hypothese* genannt werden, und Hypothesen...haben in der *experimentellen Philosophie* keinen Platz.“
- 54) Vgl. z.B. Janich aaO. S. 171.
- 55) Briefwechsel mit Pardies; siehe bei Ivo Schneider, Isaac Newton, München 1988, S.95.
- 56) Vgl. I.B. Cohen, The Newtonian Revolution, Cambridge 1980, S. 100. Vgl. Janich aaO. S.171.
- 57) Wie Anm. 10.
- 58) Galileo Galilei, Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze attinenti alla Mecanica & i Movimenti Locali, Leyden 1638, deutsch Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend, A.v. Oettingen Hrsg., Darmstadt 1973. - Natürlich ist „movimento locale“ nicht durch „Fallgesetz“ zu übersetzen, sondern meint die ‘örtliche Bewegung’ im Raum, d.h. die *absolute* Bewegung.
- 59) Galilei aaO. (deutschsprachige Ausgabe) S. 142 Fig. 40 und S. 160 Fig. 48.
- 60) ‘Wahre Bewegung’ - der Erde: Copernicus; Galilei („eppur si muove“).
- 61) Zur *newtonischen Konstante* vgl. nochmals Anm. 10.
- 62) Die korrekte mathematische Form des newtonischen Gesetzes stimmt mit der aus der Quantenmechanik bekannten Proportion E/mv bzw. $E/p = c$ [L/T] überein, die auch in der Speziellen Relativitätstheorie präsent ist; vgl. Ed Dellian, Nochmals: Die Newtonische Konstante aaO. (siehe Anm. 10).
- 63) Max Jammer, The Philosophy of Quantum Mechanics, aaO. S. 54.
-