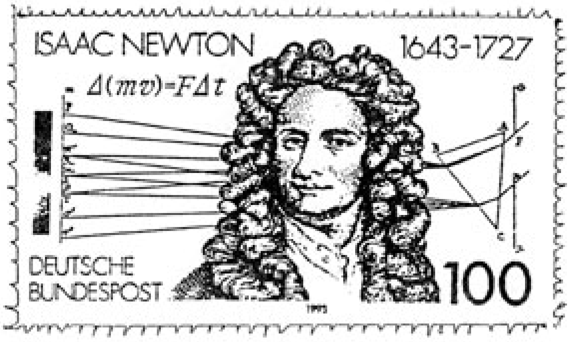
Newtonische Philosophie und Bewegungslehre

Vortrag auf der V. Physikhistorischen Tagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Mainz, 23. März 1993.



Abstract.

Sir Isaac Newton's second law of motion in Newton's original Latin reads "Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae", thus indicating *a proportion* between "vis motrix impressa", i.e. *the force of motion* impressed on a body, and "mutatio motus", *the change of motion* which the body accordingly performs. This proportion is tantamount to saying that the relation of the effected change of motion to the generating force *is constant*. Newton's second law evidently requires a *constant of proportionality* which is not known in classical mechanics. This "Newtonian constant" interrelates the *force of motion* (as *cause* of motion) and the generated *change of motion* (as *effect* of the generating force) to represent the physical-mathematical *law of causality,* "cause **:** effect = constant". An analysis of Newton's teaching brings the dimensions of that constant to light, showing that the constant is a geometric relation of "element of space" to "element of time" of dimensions [L/T]. With respect to dimensions [L/T], the *Newtonian constant* consequently can be considered as identical with the constant "vacuum velocity of light" *c* that controls most of modern physics. Once this constant is discovered as a necessary element of Newton's second law, Newton's theory of motion turns out as a most exact foundation of physics. This finding defeats all theories of modern physics that are due to the circumstance that Newton's realistic and true theory of motion erroneously had been identified and dismissed with the defective and unrealistic theory called "classical mechanics".

Das zweite Bewegungsgesetz Newtons lautet in der originalen lateinischen Fassung "Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae", d.h. Bewegungskraft "vis motrix impressa" und erzeugte Bewegungsändung "mutatio motus" sind proportional. Das Verhältnis von Bewegungskraft und Bewegungsänderung ist also konstant. Newtons Gesetz fordert demnach eine *Proportionalitätskonstante,* welche die Schulmechanik nicht kennt. Diese "Newtonische Konstante" verbindet die Bewegungskraft als *Ursache* mit der Bewegungsänderung *als Wirkung* z dem mathematisch-physikalischen Kausalgesetz "Ursache zu Wirkung = konstant". Das geometrische Maß "Wegelement zu Zeitelement", d.h. die Dimension [L/T] kann aus der Lehre Newtons hergeleitet werden; es zeigt die *Newtonische Konstante* als *dimensional identisch* mit der Naturkonstante "Vakuumlichtgeschwindigkeit" *c*, welche die moderne Physik bestimmt. Ihre Entdeckung als notwendiger Bestandteil der Gesetze Newtons macht diese zu *exakten* Instrumenten der Physik und nimmt allen Theorien die Grundlage, welche sich dem Umstand verdanken, dass Newtons realistische und richtige Bewegungslehre fälschlich mit der mangelhaften und unrealistischen Schulmechanik identifiziert und abgetan wurde.

(Vortragstext)

Zu Isaac Newtons 350. Geburtstag verkauft die Deutsche Post eine Gedenkmarke, an der Kritik zu üben ist. Erstens: Ist der Mann auf der Marke wirklich Newton? Das Bild ähnelt keinem der bekannten Newton-Portraits, zumal Newton meist ohne Perücke abgebildet wurde, weil er bis ins hohe Alter dichtes eigenes Haar trug. Zweitens: Ist das angegebene Geburtsjahr 1643 richtig? Newton selbst hätte gewiss 1642 als das Jahr genannt, an dessen 25. Dezember er das Licht der Welt erblickte. Zwar auf dem Kontinent schrieb man an diesem Tag dank der Kalenderreform bereits den 4. Januar 1643, aber eben nicht in Newtons England, wo diese Reform erst Jahrzehnte später vollzogen wurde. Im übrigen war für Newton der Umstand, dass er im selben Jahr 1642 geboren wurde, an dessen 8. Januar Galilei verstorben war, durchaus von Bedeutung, ebenso wie seine Geburt am Christtag, dem 25. Dezember - und nicht an einem beliebigen 4. Januar. Drittens: Was hat die auf der Marke vorgestellte Gleichung $\Delta(mv) = F\Delta t$ mit Newton zu tun? Ich meine, sie hat mit Newton so gut wie nichts zu tun; sie ist vielmehr ein Konstrukt seines philosophischen Antipoden Gottfried Wilhelm Leibniz.

Diese Gleichung ist zwar als Grundgesetz der so genannten *klassischen Mechanik* bekannt, die ich die Schulmechanik nenne, und in der Tat wird sie üblicherweise mit Newtons Zweitem Bewegungsgesetz identifiziert. Wer aber in Newtons lateinisch verfassten *Principia* von 1687 nachliest, findet etwas anderes. "Mutationem motus proportionalem esse vi motrici impressae", so lautet der Hauptsatz des zweiten Axioms, was heißt: *Die Bewegungsände-rung ist der eingedrückten Bewegungskraft proportional.* Verwendet man, mit der Brief-marke, für die Bewegungskraft das Symbol *F*, so erhält man

$$F \text{ ist proportional zu } \Delta(mv)\text{, oder: } F : \Delta(mv) = konstant = c,$$

worin $\Delta(mv)$ die Bewegungsänderung, d.h. die von der ursächlichen Kraft *F* erzeugte Wirkung, und *c* die Proportionalitätskonstante bezeichnet.

Nun ist in Fachkreisen durchaus bekannt, das Newtons Axiom II eigentlich nicht mit dem Grundgesetz der Schulmechanik übereinstimmt, und dass es durch die Beziehung $F : \Delta(mv) = konstant$ wiederzugebe wäre. Ich selbst beschäftige mich seit einiger Zeit mit dem Proportionalitätsfaktor, den ich die "Newtonische Konstante" genannt habe. Über die Bedeutung dieser Konstante in der Newtonischen Bewegungslehre und darüber hinaus will ich hier sprechen.

Ich untersuche zunächst, ob die Konstante verzichtbar ist. In der Schulmechanik, die sich auf Newtons Bewegungsgesetze beruft, kommt ja eine solche Konstante nicht vor. Zwar wird gelegentlich behauptet, der Proportionalitätsfaktor, den Newtons Gesetz fordert, sei die Masse *m*. Jedoch behandelt Newton die Masse m im Zweiten Bewegungsgesetz als Bestandteil des Produkts $\Delta(mv)$, welches die Bewegungsänderung ausdrückt, die ihrerseits der bewegenden Kraft proportional ist. Folglich steht der Faktor *m* nicht als Proportionalitätskonstante zwischen Kraft *F* und dieser Bewegungsänderung $\Delta(mv)$ zur Verfügung.

Mit einem anderen Ansatz wird behauptet, man könne durch Wahl geeigneter Maßeinheiten erreichen, dass der Proportionalitätsfaktor gleich 1 wird, so dass er entfallen könne. Dieses Argument setzt aber voraus, dass die Proportionalitätskonstante *dimensionslos wäre, dass sie also eine bloße Zahl ist.* Dann müssten aber die beiden zueinander "proportionalen" Ausdrücke ihrerseits dimensions*gleich* sein, was nicht ohne weiteres vorausgesetzt werden kann. Tut man es dennoch, so werden die beiden "proportionalen" Größen *äquivalent* und das ganze

Argument wird zirkulär: denn natürlich muss der "Proportionalitätsfaktor" gleich 1 und überflüssig werden, wenn die beiden "proportionalen" Ausdrücke äquivalent sind.

Um das Problem der *Newtonischen Konstante* zu lösen, müssen zwei Fragen beantwortet werden: Erstens: Ist es im Kontext von Newtons Bewegungslehre zulässig, die bewegungerzeugende Kraft "vis motrix impressa" und die erzeugte Bewegung "mutatio motus" *dimensional gleichzusetzen*? Wenn nicht, dann muss das Maß (die Dimension) der Kraft ein anderes sein als das Maß (die Dimension) der Bewegungsänderung; und dass geht aus dem Verhältnis "Kraft zu Bewegungsänderung" *notwendigerweise* ein Proportionalitätsfaktor hervor, der keinesfalls dimensionslos ist. Er muss vielmehr dann *ein eigenes Maß* (eine eigene Dimension) haben, so dass er, auch wenn er numerisch gleich 1 gesetzt werden könnte, nicht aus der Gleichung entfernt werden könnte, ohne deren Inhalt zu verändern. Die zweite Frage ist dann: Welches ist das Maß, welches ist die Dimension der *Newtonischen Konstante*?

Zur ersten Frage: Es ist ohne Zweifel unzulässig, im Kontext der Newton'schen Bewegungslehre die Ausdrücke für die "vis motrix impressa" und für die "mutatio motus" einander dimensional und damit wesensmäßig *gleich* zu setzen. Dass Newton selbst sie nicht *gleich*, sondern eben *proportional* setzt, hat einen tieferen Grund, der sich aus dem *Scholium* nach Lemma X in den *Principia* ergibt. Dieses *Scholium* handelt von der Anwendung der Proportionenlehre auf die Vergleichung von "quantitates diversorum generum", also von *Mengen verschiedener Art.* Tatsächlich ist die Proportionenlehre das *einzige* Instrumentarium, mit dem sich quantitative Beziehungen zwischen verschiedenen Entitäten mathematisch formulieren lassen. John Wallis, zum Beispiel, schreibt in seiner *Mechanica* von 1670, dass überhaupt nur und erst die Proportionenlehre es erlaubt, die Mathematik auf Gegenstände der Physik anzuwenden.

Der Zusammenhang zwischen Bewegungslehre und Proportionslehre wird klar, wenn man Newtons Philosophie mit einbezieht. Man muss wissen, dass Newton als Philosoph ein *Realist* war, also ein Naturforscher, der solche Entitäten wie *Kräfte* und *Bewegungen* als reale Gegebenheiten auffasste, die ein je eigenes Wesen haben und folglich voneinander verschieden sind. Insbesondere die "Kräfte", die er auch als "Kräfte der Natur" bezeichnet, sieht Newton als in Raum und Zeit substantiell vorhandene reale Wirkursachen an, die sich von dem, was sie ursächlich bewirken - nämlich von den erzeugten Bewegungen bzw. Bewegungsänderungen - wesensmäßig unterscheiden. Diese Eigenart des Newton'schen Kraftbegriffs betont auch Eduard Jan Dijksterhuis, der mit Recht darauf hinweist, dass Newtons Bewegungslehre einen Gegenentwurf zu den mechanizistischen (materialistischen) Konzeptionen etwa von René Descartes darstellt, wo "Kraft" (Ursache) stets mit "Bewegung" (Wirkung) *identifiziert wird* (die so genannte *Stoßmechanik*). Newtons realistische Bewegungslehre lebt geradezu davon, dass die Bewegungsursache "Kraft" *etwas anderes ist* als die von ihr verursachte materielle Bewegung. Newtons Kräfte der Natur sind von *immaterieller* Substanz, so dass es sich allerdings verbietet, die Proportion zwischen diesen Wirkursachen und ihren materiellen Wirkungen, in der die Wechselwirkung zwischen "Geist" und "Materie" zum Ausdruck kommt, durch willkürliche Eliminierung des Proportionalitätsfaktors auf eine *Gleichheit* zu reduzieren. Die *Newtonische Konstante* erweist sich im Kontext der Newton'-schen Philosophie als unverzichtbarer Bestandteil der kausalen Bewegungslehre.

Damit stellt sich nun die entscheidende Frage nach dem *Maß* oder der *Dimension* dieser Konstante, welches mathematisch aus dem Verhältnis des Maßes der Kraft zu dem Maß der erzeugten Bewegung/Bewegungsänderung hervorgehen muss.

Das Maß der Bewegung ist bekannt, als Produkt aus Masse m und Geschwindigkeit v des bewegten Körpers, symbolisiert durch (mv). Das Maß der *Kraft* ist vorerst *nicht* bekannt; denn ausgehend von der *Proportionalität* zwischen Kraft und erzeugter Bewegung/Bewegungsänderung ergibt sich das Maß der Kraft als Produkt aus dem Ausdruck (mv) für die erzeugte Bewegung und der Proportionalitätskonstante c; $F = \Delta(mv) \times c$. Solange die Dimension der Konstante c nicht bekannt ist, ist also auch das Maß der Newton'schen "vis motrix impressa" nicht bekannt.

Aus dieser Schwierigkeit gibt es aber einen Ausweg: Man muss sich dazu nur an den berühmten "Streit um das wahre Kraftmaß" erinnern. Bekanntlich hatte Leibniz 1686 die Frage nach dem richtigen geometrischen Maß der "Kraft" aufgeworfen und damit einen jahrzehntelangen Gelehrtenstreit ausgelöst. Leibniz trat für ein Konzept ein, nach dem die Kraft proportional zu dem Weg sein sollte, den ein beschleunigt bewegter Körper zurücklegt, und zwar gemäß der Proportion "(lebendige) Kraft zu Weg = Geschwindigkeit zu Zeit", wobei das Maß "Geschwindigkeit zu Zeit" die von Galilei her bekannte konstante Fallbeschleunigung ist. Leibniz nennt diesen Term die "tote Kraft", aus der durch Integration über den Weg die "lebendige Kraft" hervorgehen soll. Das Leibniz'sche Konzept "tote Kraft" entspricht vollständig der "Kraft" F auf der eingangs erwähnten Jubiläumsbriefmarke.

Dem Leibniz'schen Maß der Kraft nun setzten Isaac Newton und sein Schüler Samuel Clarke die *Proportionalität von Kraft und Geschwindigkeit* bzw. von Kraft und *erzeugter Bewegung/Bewegungsänderung* entgegen. Stellt man die Leibniz'sche *Kraft-zu-Weg*-Proportion entsprechend um, so erhält man die Beziehung "Kraft zu Geschwindigkeit = Weg zu Zeit", bzw., für die "Bewegung/Bewegungsänderung" des Körpers der Masse *m* : *Kraft* zu *Bewegung (mv) = Weg zu Zeit = konstant*. Der Proportionalitätsfaktor zwischen bewegender Kraft und erzeugter Bewegung/Bewegungsänderung, die *Newtonische Konstante*, trägt also das geometrische Maß "Weg durch Zeit".

Erst jetzt kennen wir auch das wirkliche Maß der newtonischen *bewegungerzeugenden Kraft* "vis motrix impressa": es ist das Produkt "Masse mal Weg durch Zeit, mal Weg durch Zeit", wobei der erste "Weg-durch-Zeit"-Faktor eine *Variable* (eben die *Geschwindigkeit* der Bewegung), der zweite eine *Konstante* ist (eben die *newtonische Konstante).* Zu beachten ist, dass die Dimensionen des variablen Geschwindigkeitsfaktors und des konstanten Faktors *nicht zum Geschwindigkeitsquadrat multipliziert werden können*, denn das Produkt aus einer Konstante und einer Variable ist nicht gleich dem Quadrat der Variable. Außerdem würde mit einer solchen Multiplikation genau das *Leibniz'sche* Maß der "lebendigen Kraft" - mv^2 - entstehen, welches nicht Newtons Maß ist, wenn es auch die Schulmechanik prägt. Man sieht hier, wie eng die Kraftkonzepte von Newton und von Leibniz in der viergliedrigen Proportion aus Kraft und Bewegung, Weg und Zeit einerseits zusammenhängen, und wie sehr sie sich doch andererseits durch die Verschiedenheit der Stellung der Ausdrücke innerhalb der Proportion und als Variable bzw. Konstante voneinander unterscheiden. Im Ergebnis steht Newtons Kraftmaß in *linearer*, das Leibniz'sche aber in *quadratischer* Beziehung zur Bewegungsgröße (d.h. zum *Impuls*). Newtons Kraft ist ein Vektor; die Leibniz'sche ist ein Skalar.

Mit der *Newtonischen Konstante* ist, so denke ich, erstmals der Zugang zur wahren Newton'schen Bewegungslehre gefunden. Diese Konstante als Quotient aus einer konstanten elementaren Länge L und einer konstanten elementaren Zeit T repräsentiert das Maß des raumzeitlichen Bezugssystems der Bewegung. Ich begreife dabei die elementare Länge L als Grundmaß oder Dimension des Raumes, dieses verstanden als Zwischenraum, als Abstand, als Leere zwischen den materiellen Dingen. Der unendliche Raum ist kein dreidimensionaler Hohlkörper.

Erst mit der *Newtonischen Konstante* wird Newtons Axiom II zu einem vollständigen Bewegungsgesetz; denn nicht erst seit Immanuel Kant weiß man, dass zum Bewegungsgesetz die Angabe des Bezugssystems notwendig dazugehört. Diese richtige Erkenntnis liefert einen zusätzlichen Beweis für die Richtigkeit meiner Analyse des Newton'schen Axioms II. Bedankt man nämlich, welche Bedeutung Newton selbst dem wirklichen oder absoluten Raum und der wirklichen oder absoluten Zeit für seine Bewegungslehre zuschreibt, so liegt auf der Hand, dass diese Entitäten im Bewegungsgesetz einen Platz haben müssen. Dann aber kann die Gleichung auf der eingangs genannten Briefmarke nicht Newtons Gesetz wiedergeben, wenngleich sie sicherlich das Bewegungsgesetz der Schulmechanik darstellt. Tatsächlich definiert ja die Schulmechanik "Bewegung" und "Bewegungsänderung" nicht, wie Newton, als "Ortsveränderung eines Körpers im Raum", sondern als "Lageveränderung eines Körpers relativ zu einem Bezugskörper". Hierfür gibt es also kein absolutes Bezugssystem, und damit stimmt die Formel auf der Briefmarke durchaus überein; ihr liegt eben eine *relativistische* Bewegungstheorie zugrunde - nicht *Newtons*, sondern die *Leibniz'sche* Lehre von der Bewegung. Newtons Lehre von der absoluten oder wirklichen Bewegung der Körper in Raum und Zeit, um deretwillen er nach eigenem Bekenntnis die *Principia* schrieb, macht ohne die Angabe des zugehörigen "ausgezeichneten" räumlich-zeitlichen Bezugssystems keinen Sinn. Diesen Sinn erfüllt die *Newtonische Konstante.*

Dank ihrer geometrischen Dimension wirkt diese Konstante zudem im Bewegungsgesetz als *endliche Impulsänderungsgeschwindigkeit*, wie die elektromagnetische Bewegungslehre sie kennt und verlangt. Newtons *authentische* Lehre enthält damit genau dasjenige *realistische* Element, dessen Fehlen in der Schulmechanik vor rund 100 Jahren als deren Hauptmangel erkannt wurde. Das damalige Problem, die elektromagnetische Bewegungstheorie mit der Mechanik in einer einheitlichen Theorie zusammenzufassen, findet nun dank der Einsicht in die richtige geometrische Struktur des Newton'schen Axioms II eine neue Lösung, die sich gegenüber derjenigen, welche seinerzeit Albert Einstein (von der Schulmechanik ausgehend) erzielte, nicht nur durch formale Einfachheit und logische Widerspruchsfreiheit, sondern auch durch ihre Wirklichkeitsnähe auszeichnet.
