



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Universitätsbibliothek Paderborn**

### **Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften**

**Natorp, Paul**

**Leipzig [u.a.], 1910**

§ 7. Die drei Gesetze Newtons.

**urn:nbn:de:hbz:466:1-35817**

§ 7. (*Die drei Gesetze Newtons.*) Nach diesen Erwägungen ergibt sich für den Beharrungssatz und so überhaupt für die „Grundsätze“, besser „Prinzipien“ der reinen Mechanik die folgende Auffassung: Diese Sätze haben überhaupt nicht die Aufgabe, direkt und als solche den Verlauf von Bewegungen in der Natur zu beschreiben; sondern die obersten Voraussetzungen zu formulieren, gemäß welchen eine theoretische Darstellung der Bewegungen nach ihrem gesetzlichen Zusammenhange überhaupt nur möglich ist.

Die erste Frage ist, wie überhaupt der Zustand eines Beweglichen zu gegebener Zeit auszudrücken sei. Darauf ist jetzt geantwortet. Nämlich er ist grundsätzlich darzustellen und zum Verständnis zu bringen als Summe gegebener Bewegungstendenzen, deren jede für sich, ohne Rücksicht auf solche Umstände, die anderswoher modifizierend hinzutreten, eine geradlinige und gleichförmige Bewegung bestimmen würde. Als auf den gegebenen Punkt der Zeit und des Raumes bezogen, ist eine solche Bewegungstendenz infinitesimal zu denken.

Die Begründung dieser Aufstellung sehen wir darin: Es ist keineswegs selbstverständlich, was unter Bewegung eines Punktes zu verstehen sei. Sinnlich, das heißt aber: vorgehend und unbestimmt, mag man wohl es sich vorstellen können; aber diese Vorstellung zu sichern und bestimmt zu machen ist nun erst die Aufgabe. Geometrie bietet dafür die ersten, notwendigen Vorbedingungen: Punkt, Richtung und Distanz, also Weglänge; aber sie liefert noch nicht die Bewegung selbst; bloß geometrisch wäre überhaupt nicht zu verstehen, was es heißt, daß ein Punkt sich bewegt, eine Stelle ihre Stelle wechselt. Ist es doch vielmehr ihr ganzer Sinn und gleichsam ihre Pflicht, zu stehen, wo sie steht, und um keinen Preis sich zu verrücken. Doch läßt man schon in bloß geometrischer Konstruktion den Punkt einen Weg „beschreiben“; nicht eigentlich, indem man ihn selbst aus seiner Stelle rückt; vielmehr der Gedanke durchläuft eine



stetige Reihe von Stellen, indem er an ihnen gewisse gesetzmäßige Beziehungen, vom gegebenen Anfang an in kontinuierlichem Fortgang, zur Erkenntnis bringt. So durchläuft das Denken in der Entwicklung einer Funktion die stetige Zahlreihe, deren Stellen dabei doch zweifellos fest bleiben und nicht sich verrücken sollen. In der mechanischen Konstruktion tritt noch die Zeit hinzu; die mechanische Konstruktion der Bewegung besteht in der eindeutigen Zuordnung einer Folge von Raumpunkten zueinander, mit der Maßgabe, daß je ein Punkt des Raumes zu einer Zeit zugeordnet werde einem bestimmten andern zu einer anderen Zeit, in beiderseits stetigem Übergang. Aber auch das genügt noch nicht, denn es muß nun noch das, was im Wechsel der Zeiten als Merkmal von Ort zu Ort sich übertragen, abgesehen von dieser Übertragung aber in seinem Grundbestand identisch bleiben soll, definiert werden. Für diese noch fehlende Bestimmung nun trägt der Beharrungssatz soviel bei: daß das Bewegliche zu gegebener Zeit allem voraus, d. h. mit Absehung von hinzutretenden ändernden Bestimmungen, zu definieren sei durch die in diesem Zeitpunkt gegebene Bewegungstendenz, d. h. einen die wirklich eintretende Bewegung mitbestimmenden Faktor, zu messen durch einen bestimmten, in gleichen Zeiten immer gleichen Weg, der also in den weiteren Stadien der Bewegung dieses selben Beweglichen sich erhalten, d. h. in die, seine Bewegung durch alle einzelnen Stadien hindurch ausdrückende Rechnung als konstanter Faktor miteingehen muß.

Der letzte erkenntnisgesetzliche Grund dieses Ansatzes ist die allgemeine Denkforderung der Erhaltung des Seins in seinem Grundbestand. „Sein“ besagt zuletzt nichts anderes als Bestimmtheit, Identität; also ist der gesuchte Grundbestand notwendig zu denken als eine gewisse Bestimmtheit oder Identität, die hier nur sein kann: die Identität eines die Bewegungen ursprünglich mitbestimmenden Faktors, nämlich einer Bewegungstendenz von ein-



deutiger Richtung und Geschwindigkeit. Der Satz der Beharrung dient also an seinem Teile die Forderung der Substantialität zu erfüllen; nicht im Sinne des Ausschlusses von Veränderung überhaupt (denn das Natur-Sein ist überhaupt nur Sein des Veränderlichen), sondern vielmehr der Erhaltung der Änderungstendenz und damit der Veränderung selbst in ihrer Substanz (d. i. letzten Identität). Das ist das große Paradoxon, mit dessen Erkenntnis der allererste Zugang zu einer Wissenschaft von den Veränderungen der Natur gewonnen, das „Tor der gesamten Physik“ (wie Hobbes im Hinblick auf Galilei sagt) erschlossen war: daß der positivste Bestand des Seins in der Veränderung nichts anderes ist als die Substanz der Veränderung selbst. Wenn nichts vorginge, d. h. sich änderte, so wäre es so gut, als ob überhaupt nichts wäre; allgemeiner Stillstand wäre allgemeiner Tod, Zunichtewerden des „physischen“ Seins, das eben Sein des Werdens ( $\phi\acute{\upsilon}\epsilon\sigma\theta\alpha\iota$ ), nicht Sein als Gegensatz des Werdens ist. Die Veränderung selbst in ihrem Grundbestand sich erhaltend denken, heißt „Natur“ denken. Das liegt als tiefster Sinn in der Forderung der Erhaltung des Bewegungszustands und nicht des Orts, d. h. der Nicht-Bewegung.

Die Beharrung für sich allein definiert indessen noch nicht selbst ein Geschehen; sondern schafft nur die allererste Vorbedingung, um ein Geschehen definierbar zu machen; nämlich als Änderung des durch die Beharrung definierten Zustandes, mithin, sofern die reale Änderung als solche positiv zu denken ist, als Beschleunigung.

Daß der Satz der Beharrung und der der Beschleunigung eigentlich nur einer ist, ist wieder eine zutreffende Bemerkung Machs, die übrigens auch sonst in der Literatur über das Beharrungsaxiom öfters begegnet.<sup>1)</sup> Wenn übrigens hierbei

1) Neben Mach (134. 241) s. bes. Stadler (164, 185f.): „In der Tat, wenn eine Kraft keine Lage und keine Geschwindigkeit, sondern eine Beschleunigung, eine Geschwindigkeitsänderung bestimmt, so

Natorp, Grundlagen d. exakten Wissenschaften.



anerkannt wird, daß der Satz der Beschleunigung die entscheidende Entdeckung Galileis ist, so sollte um so weniger Zweifel darüber bleiben können, daß Galilei das Beharrungsgesetz in seiner ganzen radikalen Bedeutung wohl müsse begriffen haben; was mir in der Tat durch Wohlwill keineswegs widerlegt zu sein scheint.<sup>1)</sup>

Übrigens ist es darum nicht etwa zu beanstanden, daß Newton die in sich eine Erkenntnis nach ihren zwei Seiten in seiner *Lex* I und II deutlich auseinanderlegt. Die im gegebenen Zeitpunkt vorhandene Bewegungstendenz ist unerläßlich zu „beschreiben“ durch diese zwei Bestandstücke: die Fortdauer der durch den bisherigen Verlauf dem Beweglichen innewohnenden Bewegungstendenz, und die diese ändernden Umstände, die im gedachten Zeitpunkt hinzutreten. Aus dem Satze der Beschleunigung entwickelt dann Newton als bloße Folgerung den Satz vom Parallelogramm der Kräfte. Es ist eine Folgerung in demselben Sinne, wie der zweite Satz eine Folge des ersten ist; die gleiche Konsequenz der Methode, welche die beiden ersten Gesetze notwendig aneinander bindet, bindet an beide auch diese weitere Folge. Als das gemeinsame letzte Prinzip kennen wir schon den Satz der Eindeutigkeit, der gewöhnlich nur in laxerer Fassung als Satz des zureichenden Grundes ausgesprochen wird. Demnach wäre sachlich nichts dagegen einzuwenden, daß als drittes, selbständiges „Gesetz“ der Bewegung der „Satz der Unabhängigkeit“ (nämlich der Beschleunigungen, die durch verschiedene bewegungbestimmende Faktoren einem und demselben Beweglichen erteilt werden) aufgestellt würde. Daß damit eine logische Selbstverständlichkeit nicht ausgesprochen wird, hat

---

versteht es sich, daß, wo keine Kraft ist, auch keine Änderung der Geschwindigkeit stattfindet. Man hat nicht nötig, das besonders auszusprechen.“

1) S. auch darüber De Portu [150].



Mach<sup>1)</sup> überzeugend dargetan. Übrigens ist es, nach dem Vorgang von Wüllner u. a., als eigenes Prinzip auch schon von Streintz (120ff.) betont worden.

Die „Gesetze“ Newtons streben ersichtlich einen stetigen Fortgang der Determination des mechanischen Geschehens an. Die weitestgehende Abstraktion enthält der Beharrungssatz; eben damit weist er (wie z. B. Thomson und Tait [172] § 216 bemerkt haben) auf den Satz der Beschleunigung als seine notwendige Ergänzung schon hin; sah der Beharrungssatz von äußeren Kräften (bewegungsbestimmenden Faktoren) ab, so gibt der Satz der Beschleunigung an, nach welcher Maßgabe solche anzusetzen sind, nämlich nach den hinzutretenden Beschleunigungen, deren Zusammensetzung sich nach dem Unabhängigkeitsprinzip regelt. Das erste Gesetz formuliert (so dürfen wir mit Cohen [26], S. 287 sagen) „die allgemeine Substanzvoraussetzung der Bewegung“; das zweite entspricht dagegen, auch in seiner Einseitigkeit (vgl. oben S. 79ff.), dem Gesetze der Kausalität, welches die bloße Forderung der Substantialität überhaupt erst erfüllbar macht. Ganz offensichtlich aber bedeutet das dritte Gesetz Newtons die Vertiefung der Kausalität zur Wechselwirkung. Ohne Zweifel hat auch Kant bei der Aufstellung dieser seiner dritten Relationsart, neben und vielleicht vor Leibnizens *Commercium*, Newtons *Lex tertia* vor Augen gestanden (s. *Metaph.* Anfangsgr. 3. Hauptst. Lehrs. 4).

Das entscheidende Motiv für die Aufstellung auch dieses Gesetzes liegt aber, wie ebenfalls Kant gesehen hat, in der Erkenntnis der Relativität der Bewegung. Die Lageänderung zweier Körper gegeneinander kann, wenn man die Relativität beachtet, überhaupt nur als wechselseitige gedacht werden; soviel der eine Körper sich dem andern nähert, nähert auch dieser sich ihm; ihre beiderseitige Orts-

1) [110] S. 241. 242 (d). 192 f.



veränderung wird notwendig in der sie verbindenden Geraden bestimmt gedacht; also ergibt sich mit Notwendigkeit, daß jedem der beiden Körper der gleiche Anteil an der Verursachung der gegenseitigen Lageänderung, dem Betrage nach, aber in wie Plus und Minus entgegengesetzter Richtung, zuzuschreiben ist.

Kant bemerkt zu diesem Satze, daß Newton sich nicht getraut habe, ihn *a priori* zu beweisen. Nach der landläufigen Vorstellung des Apriori als unbegriffener, instinktiver Voraussetzung, die man kühnlich der Natur zum Gesetz mache, ist es natürlich auch voll berechtigt, die Apriorität dieses wie jedes Satzes, sei es der Naturwissenschaft oder der Mathematik oder selbst der reinen Logik, zu bestreiten. Nur ist dies, mindestens seit Kant, nicht der Sinn, in dem irgendeiner, der als Philosoph mitzählt, vom Apriori geredet hat; das Streiten dawider ist schlechthin nur *ignoratio elenchi*, zu deutsch: Einrennen offener Türen. Übrigens hat gerade Newton bemerkt, daß die Verneinung des dritten Gesetzes auch mit dem ersten in Widerspruch käme; worin liegt, daß die Konsequenz desselben Grundprinzips der Methode reiner Mechanik, das für die Aufstellung des Beharrungssatzes maßgebend war, auch dem Satze der Gegenwirkung die „Notwendigkeit“ gibt. Daß dieser Satz in der Tat durch das Prinzip der Eindeutigkeit unerläßlich gefordert ist, hat gerade Mach (197) hervorgehoben. Nun, so durfte er auch gegen seinen Apriori-Charakter nicht streiten, der nichts anderes besagen will als den Charakter einer unerläßlichen Bedingung zur „Möglichkeit der Erfahrung“, d. h. der eindeutigen Bestimmbarkeit der Naturvorgänge.

§ 8. (*Das Problem der Masse.*) Bei weitem die ernsteste der Fragen aber, die das dritte Gesetz heraufführt, betrifft den Begriff der Masse. Nach der Darstellung von E. Mach stände die Masse in der engsten Beziehung zum Gegenwirkungsprinzip. Beide hängen im System Newtons nicht