

189 Die Definition der Kraft

ZUSAMMENFASSUNG

Gelegentlich wird gesagt, die Kraft sei definiert als Änderungsrate des Impulses. Wäre sie tatsächlich so definiert, so wäre das zweite Newtonsche Gesetz kein Gesetz, sondern eine Definition.

Gegenstand

„Sie [die Kraft] ist als die Änderungsrate des Impulses definiert, sodass für ihren Betrag gilt:

$$F = dp/dt . "$$

„Die Gleichung [$F = m \cdot a$] ist eine Definition der Kraft, welche die äußere Einwirkung auf einen Körper mithilfe der Beschleunigung des Körpers messbar macht.“

„Der Kraftbegriff geht auf Isaac Newton zurück, der im 17. Jahrhundert in den drei newtonschen Gesetzen die Grundlagen der Mechanik schuf und darin die Kraft als zeitliche Änderung des Impulses definierte.“

Mängel

Ich muss die Leser schon wieder mit Newton belästigen (oder beglücken).

1. Wenn man die Kraft als Änderungsrate des Impulses *definierte*, wäre das zweite Newtonsche Gesetz kein Gesetz, sondern eine Definition. Es ist aber ein Gesetz, denn es macht eine Aussage, die durch das Experiment überprüft werden kann: Man misst die Änderungsrate des Impulses des betrachteten Körpers und unabhängig davon die Gesamtkraft, die auf den Körper wirkt.

2. Wäre die Kraft durch die Gleichung $F = dp/dt$ definiert, so wären die Kräfte in jeder statischen Anordnung gleich null. Die Ingenieure hätten ein Problem.

3. Wenn man meint, die Kraft sei als dp/dt definiert, so müsste sich das in der Sprache niederschlagen. Es wäre dann etwa erlaubt zu sagen, Körper A übe auf Körper B eine Impulsänderung aus.

Wird die Physik durch die in den Schulbüchern zur Schau gestellte, aber nicht durchgehaltene Strenge nicht in die Nähe gebracht von Theorien wie etwa dem so genannten wissenschaftlichen Sozialismus oder der Psychoanalyse? Das hat sie doch hoffentlich nicht verdient. Und ist es ein Wunder, dass die Physik das unbeliebteste Schulfach ist?

Herkunft

Das Entstehen eines neuen Schulbuchs könnte man sich so vorstellen: Beim Schreiben orientiert sich der Author an vorliegenden älteren Werken. Er stellt Unstimmigkeiten, Ungeschicklichkeiten und vielleicht auch Fehler fest, und korrigiert entsprechend. Dabei werden die Physikbücher nach und nach immer besser. Ja, so könnte man es sich vorstellen – aber so ist es nicht. Die Bücher werden mal besser, aber auch immer mal wieder schlechter. Eine Sache, die eigentlich längst klar ist, wird wieder verunstaltet oder verdreht. Besonders deutlich zu besichtigen im Fall der Mechanik.

So glaubt manch einer, er könne es besser als Newton, aber er irrt sich. Newtons Sprache ist für uns Heutige zwar etwas schwer zu lesen, aber seine Logik hat noch niemand überboten (auch nicht der große Ernst Mach oder Ludwig Lange, der Erfinder des Inertialsystems).

Hier zur Erinnerung noch einmal Newtons Definition der Kraft:

Def. IV.

Vis impressa est actio in corpus exercita, ad mutandum ejus statum vel quiescendi vel movendi uniformiter in directum.

Oder in deutscher Übersetzung (von Jacob Philipp Wolfers 1872):

„Eine angebrachte Kraft ist das gegen einen Körper ausgeübte Bestreben, seinen Zustand zu ändern, entweder den der Ruhe oder den der gleichförmigen geradlinigen Bewegung.“

Hier steht nicht, die Kraft sei durch die Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers definiert.

Entsorgung

Wir können eine Kraft F_1 , die auf einen Körper wirkt, über dp/dt messen: Wenn wir dafür sorgen, dass keine andere Kraft F_2 auf den Körper wirkt. Das ist manchmal einfach, und manchmal weniger einfach. Das heißt aber nicht, dass wir dadurch die Kraft über dp/dt definieren.

Man stellt bei solchen Experimenten fest, dass immer gilt

$$dp/dt = F ,$$

wo F die Summe aller auf den Körper wirkenden Kräfte ist. Man stellt damit fest, dass der Impuls eine Erhaltungsgröße ist. Es wäre auch denkbar gewesen, dass man findet

$$dp/dt > F ,$$

oder

$$dp/dt < F .$$

Dann hätte man im ersten Fall geschlossen, dass Impuls erzeugt, und im zweiten Fall, dass er vernichtet werden kann.

Der Fehler in unseren Zitaten wäre nicht gemacht worden, wenn man die Größe F von vornherein als Impulsstromstärke interpretiert hätte. Dann sagt uns unsere Anschauung nämlich sofort, wie die Beziehung zwischen F und dp/dt ist: Da p eine erhaltene Größe ist, ist die Änderung der Menge des Impulses gleich der Gesamtstromstärke des in den Körper hinein fließenden Impulses.

Die Impulsmenge ändert sich nicht, wenn ein Strom nur durch den Körper hindurchfließt. Dann ist Zufluss gleich Abfluss. Oder in der Newtonschen Sprache: Auf den Körper wirken zwei entgegengesetzt gleiche Kräfte; es herrscht Kräftegleichgewicht.