

## 5 Direkte Messung des Impulses

### Thema

In dem berühmten Experimentalphysikwerk von Pohl (das die Alten unter uns noch gut kennen) wird der Impuls unter der Überschrift „Hilfsbegriffe“ eingeführt [1]. Man definiert ihn über die Gleichung

$$p = m \cdot v \quad (1)$$

Der Impuls ist danach nichts als eine Abkürzung für das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit eines Körpers. Nach heutiger Überzeugung ist der Impuls eine der fundamentalen Größen der Physik, und diese Ansicht herrschte eigentlich auch schon zu Pohl's Zeiten. Den Impuls über Gleichung (1) zu definieren steht dieser Vorstellung aber im Weg. Tatsächlich ist diese Definition auch gar nicht aufrecht zu erhalten, denn es gibt Systeme und Zustände für die die Formel nicht gilt. Wir führen daher den Impuls als eigenständige Größe ein, mit einer eigenen Messvorschrift. Gleichung (1) sagt dann nur, dass der Impuls in vielen Fällen proportional zur Geschwindigkeit ist. Den Proportionalitätsfaktor nennt man die (träge) Masse.

Um diese Einführung des Impulses experimentell zu untermauern, machen wir eine Impulsmessung, ohne die Gleichung  $p = m \cdot v$  zu benutzen [2].

### Das Gerät

Der Impuls eines Körpers K soll bestimmt werden. Wir machen das Experiment mit einer 6 m langen Luftkissenbahn. Im Prinzip geht es so wie es Abb. 1 zeigt. Man erzeugt Impulseinheiten, indem man eine Reihe kleiner Körper  $E_1, E_2, \dots$ , die alle die gleiche Masse haben, auf die gleiche (negative) Geschwindigkeit bringt. Diese Körperchen stoßen, einer nach dem anderen, inelastisch gegen K, dessen Impuls gemessen werden soll. Irgendwann kommt K zum Stillstand. Dann weiß man, dass K am Anfang gerade so viel Impulseinheiten hatte, wie in diesem Augenblick kleine Körper an ihm kleben, Abb. 1.

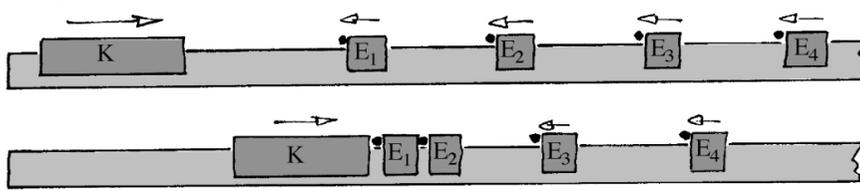


Abb. 1. Prinzip des Versuchs zur direkten Messung des Impulses eines Körpers K. Jeder der Körper  $E_i$  trägt eine Impulseinheit.

Man beachte, dass man, solange K noch nicht ruht, nicht sagen kann, wie viele Impulseinheiten er bekommen hat, denn die kleinen Körper, die an K hängen, bewegen sich ja noch zusammen mit K.

Für eine echte praktische Messung ist diese Methode allerdings nicht geeignet, denn die Messgenauigkeit ist schlecht, weil die Impulseinheiten groß sind.

Wir haben das Experiment daher etwas anders realisiert. Als Impulseinheiten nehmen wir Bleikugeln, wie sie in einem Luftgewehr verwendet werden, und wir schießen sie mit Hilfe des Laufs eines Luftgewehrs ab, der an eine Pressluftflasche angeschlossen ist. Mit einer Vorrichtung (Magazin) können wir die Kugeln in recht schneller Folge in Richtung K schießen, Abb. 2.

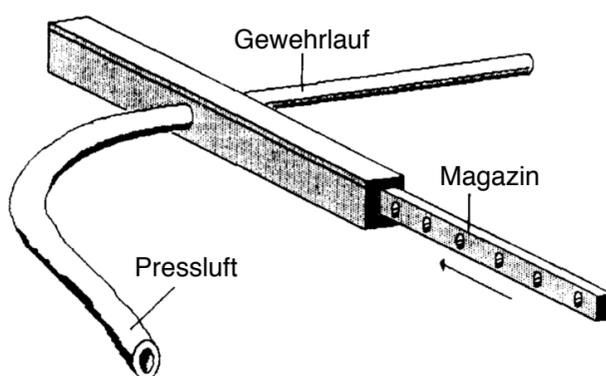


Abb. 2. Die Bleikügelchen werden mit Hilfe von Pressluft in die Richtung von Körper K geschossen.

Auf dem Gleiter K ist eine Auffangvorrichtung montiert: Eine Reihe von Pappscheiben, in die die Bleikugeln eindringen und (relativ zu K) zum Stillstand kommen, Abb. 3.

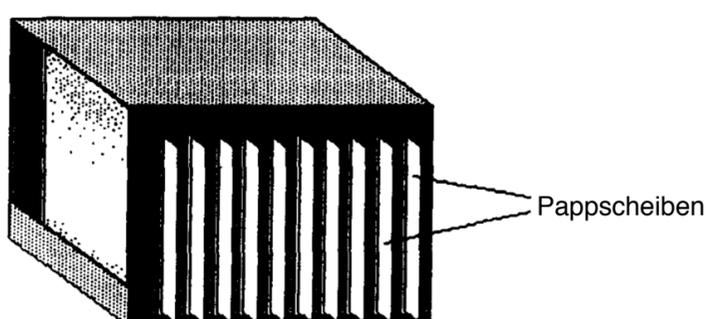


Abb. 3. Kugelfänger. Durch die Pappscheiben werden die Kugeln abgebremst.

### Der Versuch

Man versetzt K in Bewegung und misst, wie viele Impulseinheiten er enthält, indem man ihn mit Hilfe der Bleikügelchen zum Stillstand bringt. Man wiederholt den Versuch mit anderen Anfangsbedingungen.

Der Versuch ist natürlich nicht für die Schule geeignet: Einmal weil keine Schule eine 6-m-Schiene hat. Vor allem aber, weil er gefährlich sein kann, wenn man daneben schießt, und eine Kugel irgendwo unglücklich abprallt.

### Was man daraus lernen kann

Das Ziel ist nicht, den Impuls wirklich zu messen. Um die Beziehung zu prüfen ist er zu ungenau. Seine Funktion besteht vor allem darin, zu zeigen, dass man im Prinzip für die Messung des Impulses die Beziehung  $p = m \cdot v$  nicht braucht. Schließlich braucht man zur Messung der elektrischen Ladung auch nicht die zu (1) analoge elektrische Gleichung

$$Q = C \cdot U.$$

### Literatur

[1] Pohl, R. W.: Mechanik, Akustik und Wärmelehre, 1969, S. 45 (Erstaufgabe 1930)

Überschrift: **V. Hilfsbegriffe, Arbeit, Energie, Impuls**

Text: ... Dieser (Aufwand) läßt sich oft durch einige geschickt gebildete Hilfsbegriffe erheblich vermindern. Es sind dies Arbeit, Energie und Impuls.

[2] Herrmann, F. und Schubart, M.: *Measuring momentum without the use of  $p = mv$  in a demonstration experiment*, Am. J. Phys. **57**, 858 (1989)