

## Der Impuls: Eine Erhaltungsgröße

Wir kennen bereits einige sogenannte ‚Erhaltungssätze‘ in der Physik:

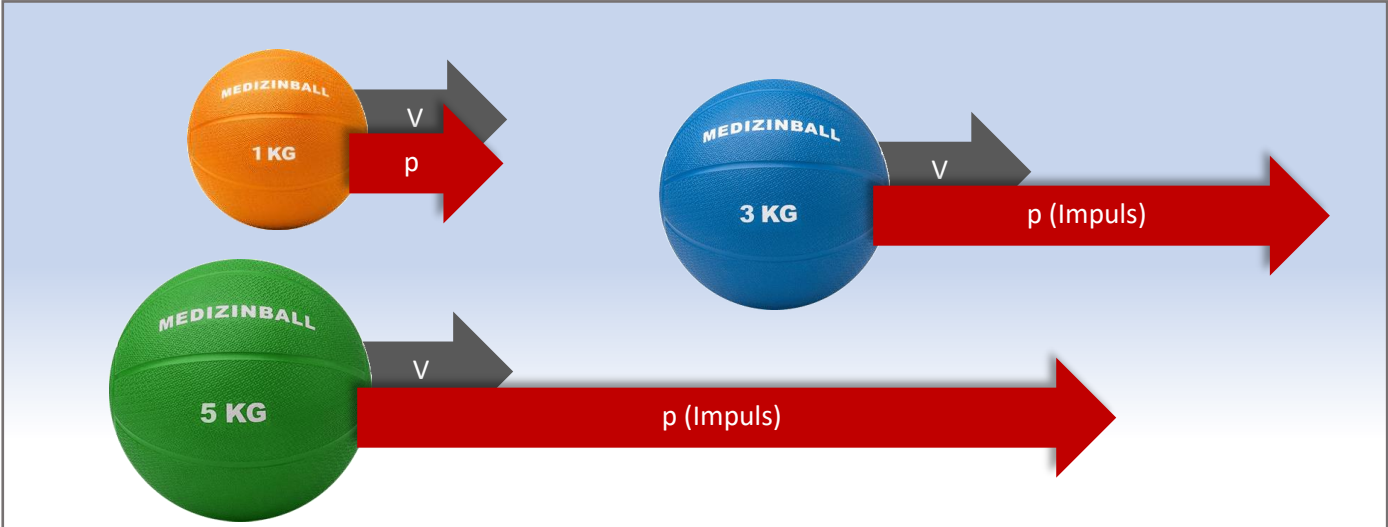
1. Den Energieerhaltungssatz: Energie wird nicht erzeugt oder vernichtet, lediglich umgewandelt.
2. Den Massenerhaltungssatz: Die Masse aller Körper ist unveränderlich, unabhängig davon, was geschieht.
3. Den Ladungserhaltungssatz: Die Anzahl der Elementar-Ladungen bleibt in der Summe immer gleich.

Wir fügen diesen drei Erhaltungssätzen einen weiteren hinzu, nämlich die Impulserhaltung:

4. Impulserhaltungssatz: Der Gesamtimpuls eines Systems bleibt immer gleich.

### Was ist der Impuls?

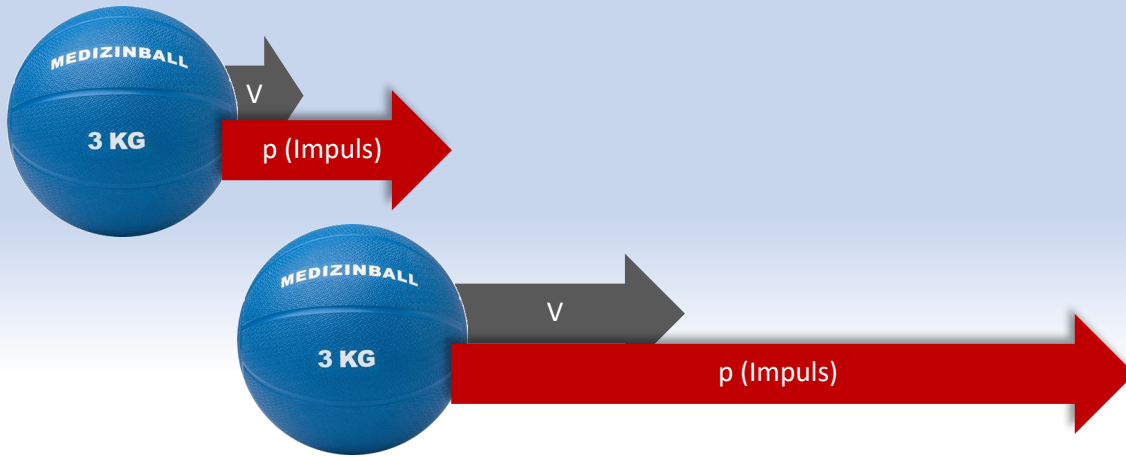
Umgangssprachlich kann man Impuls mit „Schwung“ übersetzen. Ein Körper hat Schwung / besitzt einen **Impuls  $p$** , wenn er sich fortbewegt, bzw. physikalisch betrachtet eine Geschwindigkeit besitzt. Weil die Geschwindigkeit ein Vektor ist, und Vektoren eine Richtung besitzen, ist der **Impuls  $p$**  ebenfalls ein Vektor und besitzt eine Richtung.



**Szenario 1: Mehrere unterschiedliche Körper bewegen sich gleich schnell.**  
Bei gleicher Geschwindigkeit besitzt der schwerere Körper mehr Schwung, bzw. mehr Impuls:  
Je schwerer ein bewegter Körper, desto \_\_\_\_\_ sein Impuls.

Die Bewegung eines Körpers kann mit einem Geschwindigkeitsvektor beschrieben werden, Um daraus den Impuls zu berechnen, wird dessen Länge proportional zur Masse verändert. Bei gleicher Geschwindigkeit gilt für den Impuls:

Dreifache Masse bedeutet \_\_\_\_\_ Impuls, fünffache Masse bedeutet \_\_\_\_\_ Impuls.



**Szenario 2: Ein- und derselbe Körper bewegt sich einmal langsam und einmal schnell.**

Bei höherer Geschwindigkeit besitzt der Körper mehr Schwung, bzw. mehr Impuls:

Je schneller ein bewegter Körper, desto \_\_\_\_\_ sein Impuls.

Für die Proportionalität der Geschwindigkeit gilt für ein- und denselben Körper:

Dreifache Geschw. bedeutet \_\_\_\_\_ Impuls, fünffache Geschw. bedeutet \_\_\_\_\_ Impuls.

**Definition:** Mathematisch beschreibt man den Impuls  $p$  mit:

$$\begin{array}{l}
 \text{Massenproportionalität: } p \sim m \\
 \text{Geschwindigkeitsproportionalität: } p \sim v
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} p \sim m \\ p \sim v \end{array}} \right\}
 \boxed{p = m \cdot v, \quad [p] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

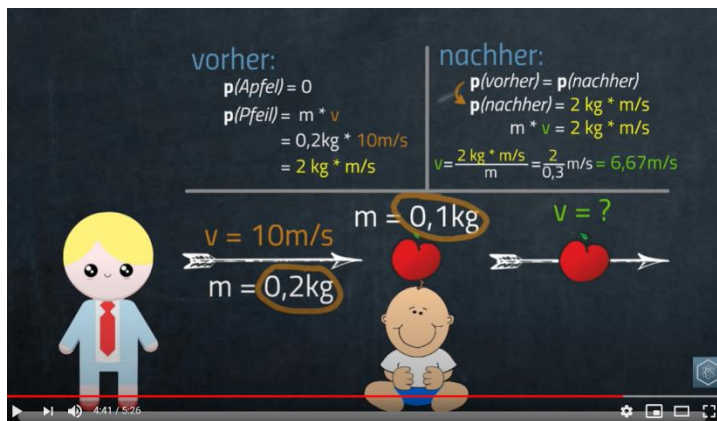
Unterschied zwischen kinetischer Energie und Impuls

Eigenschaften des Impulses	Eigenschaften der kinetischen Energie
$p = m \cdot v, \quad [p] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$	$E = \frac{1}{2} m \cdot v^2, \quad [E] = \text{kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$
Ist ein Vektor, weil es sich um den Geschwindigkeitsvektor handelt, der mit dem Wert der Masse multipliziert wird.	Ist KEIN Vektor (mathematisch verliert ein Vektor seine Richtung, wenn man ihn quadriert). Die Energie ist ein Wert (mathematischer Fachausdruck: ein „Skalar“)
Ist eine Erhaltungsgröße, ABER: Der Impuls wird nicht in etwas anderes umgewandelt. Der Impuls bleibt immer erhalten!	Ist eine Erhaltungsgröße, ABER: Die kinetische Energie kann in andere Energieformen umgewandelt werden, z.B. Wärme oder Höhenenergie.

Der 3kg schwere Medizinball fliegt mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. **Berechne Energie und Impuls:**



Geschwindigkeit $v$ in $\left(\frac{m}{s}\right)$	Impuls $p$ in $\left(kg \cdot \frac{m}{s}\right)$	Kinetische Energie $E$ in $\left(kg \cdot \frac{m^2}{s^2}\right)$
1	<b>3</b>	
2		
10		



Zur Vorbereitung des nächsten Kapitels bitte anschauen:

<https://www.youtube.com/watch?v=ZBmYA22oWB8>

(5 ½ Minuten)

### Impuls als Erhaltungssatz:

Die mathematische Beschreibung erklärt nicht, warum es sich beim Impuls um einen Erhaltungssatz handeln sollte. Einerseits kann man es physikalisch mit dem sogenannten „Kraftstoß“ erklären – den wir in der kommenden Woche behandeln. Andererseits kann man die Impulserhaltung nachvollziehen durch die sogenannte „**Impulsübertragung**“:

### Impulsübertragung:

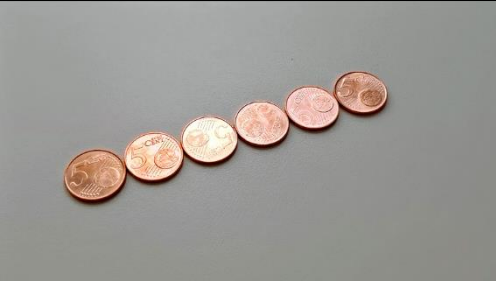


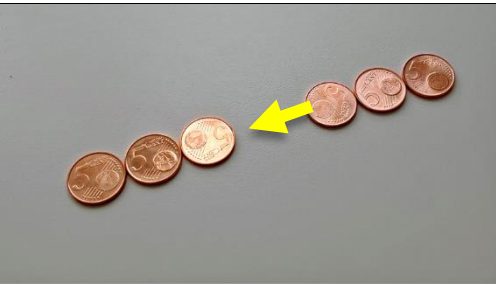
Bei einem Stoß werden die Impulse zweier Körper ausgetauscht:

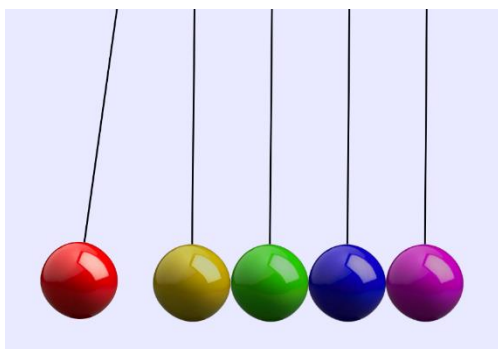


Beobachtung wie beim Stoß zweier Billardkugeln, hier im Fall von zwei exakt gleich schweren Körpern:

$$Impuls_{BlauerBall}^{Vorher} + Impuls_{GrauerBall}^{Vorher} = Impuls_{BlauerBall}^{Nachher} + Impuls_{GrauerBall}^{Nachher}$$

## Experiment für zuhause, Impulsübertragung

Grundzustand	ToDo + Beobachtung
 A photograph showing six identical coins (likely 1 Euro) arranged in a slightly curved horizontal line on a dark grey surface. They are all touching each other.	<p>Lege 6 gleiche Münzen in eine Reihe, sodass sie sich berühren. Nutze dazu eine möglichst glatte Unterlage, damit man Reibungseffekte möglichst gering halten kann.</p>
 A photograph showing five coins in a row on a dark grey surface. A sixth coin is positioned to the right, with a yellow arrow pointing left towards the gap between the second and third coins from the left, indicating it is about to be launched.	<p>Nimm eine Münze weg und „schieße“ sie gegen die verbliebenen fünf ruhenden Münzen. <b>Beobachtung:</b></p>
 A photograph showing four coins in a row on a dark grey surface. Two coins are positioned to the right, with a yellow arrow pointing left towards the gap between the second and third coins from the left, indicating they are about to be launched together.	<p>Nimm zwei Münzen weg und „schieße“ sie gegen die verbliebenen vier ruhenden Münzen. <b>Beobachtung:</b></p>
 A photograph showing three coins in a row on a dark grey surface. Three coins are positioned to the right, with a yellow arrow pointing left towards the gap between the second and third coins from the left, indicating they are about to be launched together.	<p>Nimm drei Münzen weg und „schieße“ sie gegen die verbliebenen drei ruhenden Münzen. <b>Beobachtung:</b></p>



Alternativ kannst du die gleichen Experimente mit der folgenden Simulation durchführen: [https://javalab.org/en/newtons\\_cradle\\_en/](https://javalab.org/en/newtons_cradle_en/)

Erkläre anhand der durchgeführten Experimente den Begriff der Impulserhaltung:

## Übungsaufgabe



Ein Güterwaggon mit einer Masse von 25.000 kg wird auf eine Geschwindigkeit von 10 m/s beschleunigt. Er rollt dort auf einen ruhenden zweiten Güterwaggon der Masse 15.000 kg. Beim Stoß kuppeln beide Wagen zusammen, bilden eine Einheit und rollen gemeinsam in dieselbe Richtung weiter. Mit welcher Geschwindigkeit tun sie das?

Berechne dazu den Impuls der Wagen vorher und den Impuls der Wagen nachher. *Hinweis: die Aufgabe funktioniert sehr ähnlich der „Wilhelm-Tell“-Aufgabe im Video.*