

### 7.3. Impuls, Kraft und kinetische Energie (Bewegungsenergie)

#### 7.3.1. Impuls (Bewegungsgröße)

Unter dem Impuls eines Körpers versteht man das Produkt aus seiner Masse und seiner Geschwindigkeit.

Der Impuls ist eine vektorielle Größe. Er hat die Richtung der Geschwindigkeit.

Wenn

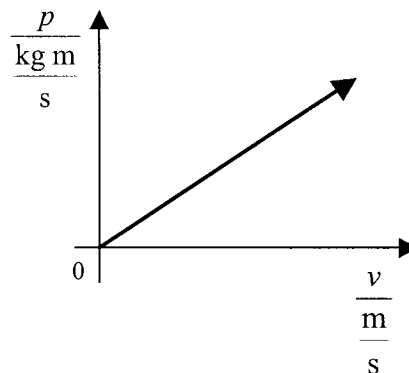
- $p$  Impuls des Körpers,
  - $m$  Masse des Körpers,
  - $v$  Geschwindigkeit des Körpers,
- dann gilt:

$$p = m \cdot v$$

	$p$	$m$	$v$
SI	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$	kg	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$

#### 7.3.2. Impulsänderung und Kraft

Der Impuls einer Masse  $m$  wird berechnet  $p = m v$ . Betrachtet man  $m$  als konstant, ist diese Gleichung eine lineare Funktion, die in einem Geschwindigkeits-Impuls-Diagramm ( $p$ - $v$ -Diagramm) dargestellt werden kann.



Die Geschwindigkeitsänderung  $\Delta v$  und die damit verbundene Impulsänderung  $\Delta p$  erfolgt im zugehörigen Zeitintervall  $\Delta t$ .

Wenn

- $F$  beschleunigende konstante Kraft,
  - $\Delta p$  Impulsänderung des Körpers,
  - $\Delta t$  Dauer der Krafteinwirkung,
- dann gilt:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

	$F$	$p$	$t$
SI	$\frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} = \text{N}$	$\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$	s

### 7.3.3 Impulsänderung, Kraft und Gewicht

In 7.3.2 wird die Kraft definiert als das Verhältnis der Impulsänderung Quotient der Impulsänderung und der Zeit, in der die Impulsänderung erfolgt:

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

Ersetzen wir in dieser Definitionsformel den Zähler  $\Delta p = p_1 - p_0$ , wobei  $p_1$  der Impuls des Körpers zum Zeitpunkt  $t_1$  und  $p_0$  der Impuls des Körpers zum Zeitpunkt  $t_0$  sei, können wir die Formel auch wie folgt schreiben ( $t_1 > t_0$ ):

$$F = \frac{m_1 v_1 - m_0 v_0}{\Delta t}$$

Wir betrachten diese Formel unter der

#### 7.3.3.1 Annahme $m_1 = m_0$ und $v_1 \neq v_2$

$$F = \frac{m_1 v_1 - m_0 v_0}{\Delta t}$$

Wir setzen  $m_1 = m_2 =: m$  und erhalten :

$$\begin{aligned} F &= \frac{m v_1 - m v_0}{\Delta t} \\ &= \frac{m(v_1 - v_0)}{\Delta t} \\ &= m \frac{\Delta v}{\Delta t} \end{aligned}$$

Im Falle einer gleichmäßigen Geschwindigkeitsänderung ergibt der Quotient  $\frac{\Delta v}{\Delta t}$  die konstante Beschleunigung  $a$  und wir erhalten das

**Grundgesetz der Dynamik:**

$$\boxed{F = m a}$$

#### 7.3.3.2 Freier Fall und Gewichtskraft (Gewicht)

Lassen wir Körper verschiedener Massen frei fallen, so ergibt sich für sie unabhängig von ihrer Masse dieselbe Beschleunigung. Diese Fallbeschleunigung beträgt in Erdnähe ca.  $9,81 \text{ m/s}^2$  und wird mit dem Formelzeichen  $g$  dargestellt.

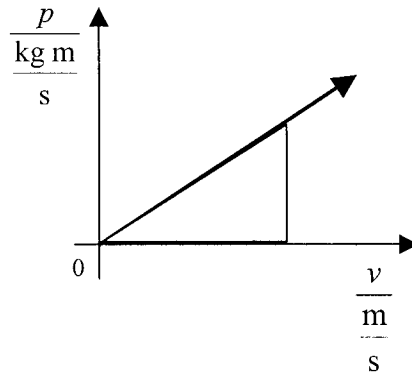
Die Gewichtskraft einer Masse – oft auch nur Gewicht genannt – ist damit

**Gewichtskraft:**

$$\boxed{F_G = m g}$$

### 7.3.4 Impuls und Bewegungsenergie (kinetische Energie)

In einem Impuls-Geschwindigkeits-Diagramm ergibt die Formel  $p = m v$  für eine konstante Masse  $m$  eine durch den Koordinatenursprung laufende ansteigende Gerade.



Wählen wir auf dieser Geraden einen beliebigen Punkt  $(p, v)$  und zeichnen von diesem Punkt eine Senkrechte auf die  $v$ -Achse, erhalten wir eine Dreiecksfläche.

Der „Flächeninhalt“ dieses Dreiecks ergibt  $\frac{p \cdot v}{2}$  und eine zugehörige Einheitengleichung

$$\begin{aligned} & \frac{[p] \cdot [v]}{1} \\ &= [p] \cdot [v] \\ &= \frac{\text{kg m}}{\text{s}} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = \frac{\text{kg m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = \text{N m} = \text{J} \end{aligned}$$

Die Fläche im  $p$ - $v$ -Diagramm stellt die Bewegungsenergie der mit der Geschwindigkeit  $v$  fahrenden Masse  $m$  dar. In der Praxis ist es üblich, den Impuls  $p$  mit dem Produkt  $p = m v$  einzusetzen.

Wenn

- $E_{kin}$       kinetische Energie,
- $p$             Impuls,
- $m$             Masse,
- $v$             Geschwindigkeit

dann gilt

$$\begin{aligned} E_{kin} &= \frac{p \cdot v}{2} \\ E_{kin} &= \frac{m \cdot v^2}{2} \end{aligned}$$

**Energie ist gespeicherte Arbeit oder Arbeitsfähigkeit, d. h. Energie ist eine Zustandsgröße.**

Arbeit bewirkt immer die Änderung von Energie, wobei Energie nie verloren gehen kann, sondern immer nur von einer Energie in eine andere umgewandelt wird.

**Arbeit ist eine „Prozessgröße“, die Energie umwandelt.**