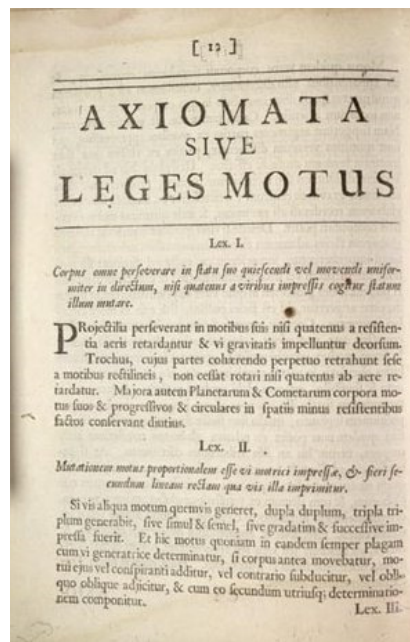


# Newtonsche Axiome



Bildquelle: Wikipedia

## Lernziele

- Sie können ohne Hilfsmittel die **Newtonschen Axiome** formulieren.
- Sie können ohne Hilfsmittel eine Beziehung zwischen **Kraft, Masse und Beschleunigung** formulieren.

# Dynamik

Womit befasst sich die Dynamik?

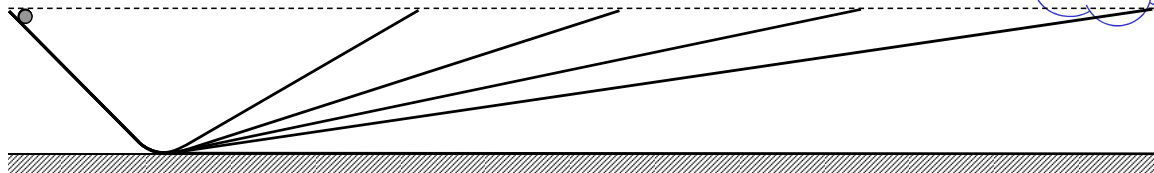
Die Dynamik untersucht die Ursachen von Bewegungen und Bewegungsänderungen, dabei kommt dem Begriff der Kraft eine ganz herausragende Bedeutung zu.

Mit Hilfe der Dynamik lassen sich mechanische Vorgänge vollständig erfassen. Sie legt aber auch die Basis für das Verständnis von elektrischen, magnetischen und atomaren Vorgängen.

Eckpfeiler der Dynamik sind drei von Isaak Newton (1643 bis 1727) Axiome. Sie bilden das Grundgerüst für die Beschreibung dynamischer Vorgänge.

Wie verhält sich ein bewegter Körper, der keinen äusseren Einflüssen unterliegt?

Was ist ein Axiom?



Eine auf der linken Seite herabrollende Kugel steigt – wenn man vom Einfluß der Reibung absieht – auf der rechten Seite wieder bis zur Anfangshöhe empor.

Je geringer die Neigung der rechten schiefen Ebene gewählt wird, desto kleiner fällt die Verzögerung der aufsteigenden Kugel aus. Geht man zur Waagrechten über, so muß sich die Kugel gleichförmig fortbewegen, sofern man die Reibung außer Betracht läßt.

**Erkenntnis: Erstes Newtonsches Axiom**

**Ohne äussere Einflüsse verharrt ein Körper im Zustand der Ruhe oder er bewegt sich geradlinig gleichförmig!**

Erstes Newtonsches Axiom

Newton

© BôJ

## Kraft

**Beobachtung: Physikalische Körper und Systeme unterliegen Bewegungsänderungen.**

**Ursachen für Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers nennen wir Kräfte!**

Eine Kraft ist nicht unmittelbar feststellbar, sondern nur über das was sie bewirkt.

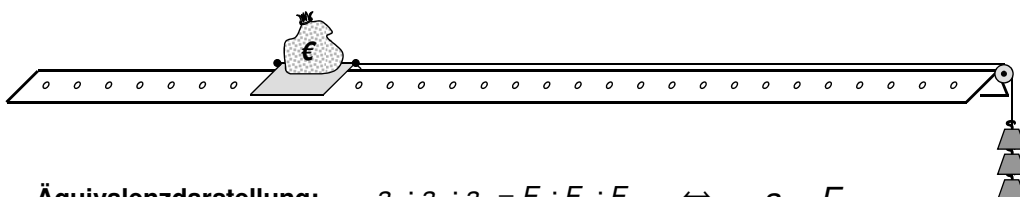
Wie können wir Kräfte erfassen?

Kräfte können quantitativ durch Beschleunigungsmessungen bestimmt werden.

Erfassung der Kraft über ein Messverfahren (Definition):

Verursachen zwei Kräfte  $F_1$  und  $F_2$  an demselben unveränderten Körper verschiedene Beschleunigungen  $a_1$  und  $a_2$ , so **sollen** sich die Kräfte verhalten wie die entsprechenden Beschleunigungen, also

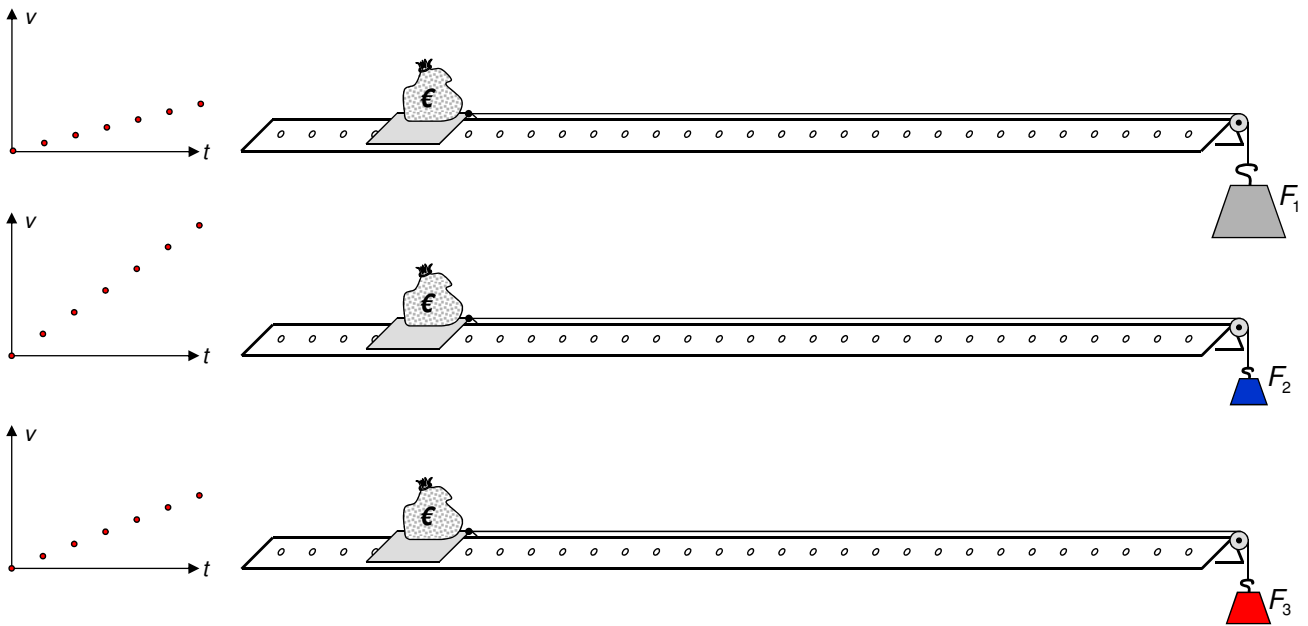
$$a_1 : a_2 = F_1 : F_2 .$$



Äquivalenzdarstellung:  $a_1 : a_2 : a_3 = F_1 : F_2 : F_3 \Leftrightarrow a \propto F$

## Beurteilung der Grösse von Kräften

Welche der drei Kräfte  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  ist die kleinste, welche die grösste?

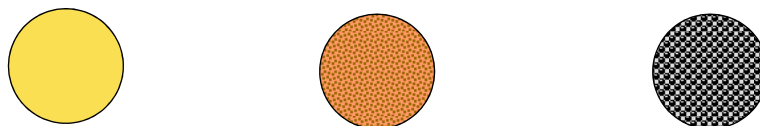


Beurteilung der Grösse von Kräften

© B&J

## Trägheit oder Masse

**Beobachtung:** Äusserlich gleich erscheinende Körper erfahren durch ein und dieselbe Ursache (einwirkende Kraft) ganz unterschiedliche Beschleunigungen.



Welcher physikalischen Eigenschaft ist das zuzuschreiben?

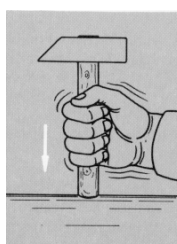
Der Begriff „Masse“ (Trägheit): *Symbole*  $m, M, \mu$

**Unter dem Begriff Trägheit, Beharrungsvermögen oder Masse verstehen wir die Eigenschaft eines Körpers, sich Änderungen seines jeweiligen Bewegungszustandes zu widersetzen.**

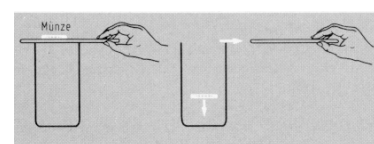
Trägheitserscheinungen im Alltag.



Der Stahlkörper des Hammers saust wegen seiner Trägheit auf den plötzlich abbremsenden Stiel auf.



Wegen ihrer Trägheit kann die lose auf der Unterlage liegende Münze dieser nicht folgen und fällt in den Becher.



Vorsicht beim Abspringen von noch nicht ganz stillstehenden Fahrzeugen beim Anhalten.

Trägheit oder Masse

© B&J

## Physikalische Erfassung der Trägheit

Wie können wir Trägheiten (Massen) erfassen?

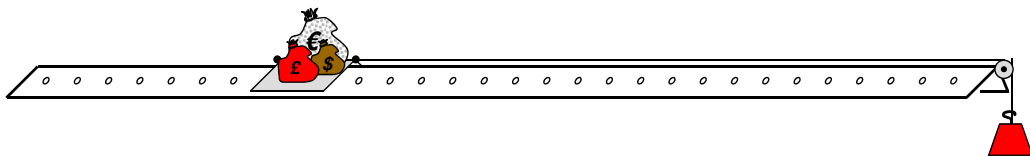
Die Trägheit ist nicht unmittelbar feststellbar, sondern nur über die Auswirkungen, die ihr zugeschrieben werden.

Als physikalische Grösse muss sie quantitativer Erfassung zugänglich gemacht werden. Dies geschieht mit Hilfe von Beschleunigungsmessungen.

Quantitative Erfassung der Trägheit (Definition):

Die Trägheiten (Massen) zweier Körper  $m_1$  und  $m_2$  **sollen** sich umgekehrt proportional verhalten wie die Beschleunigungen  $a_1$  und  $a_2$ , die ein und dieselbe Kraft an ihnen hervorruft, also

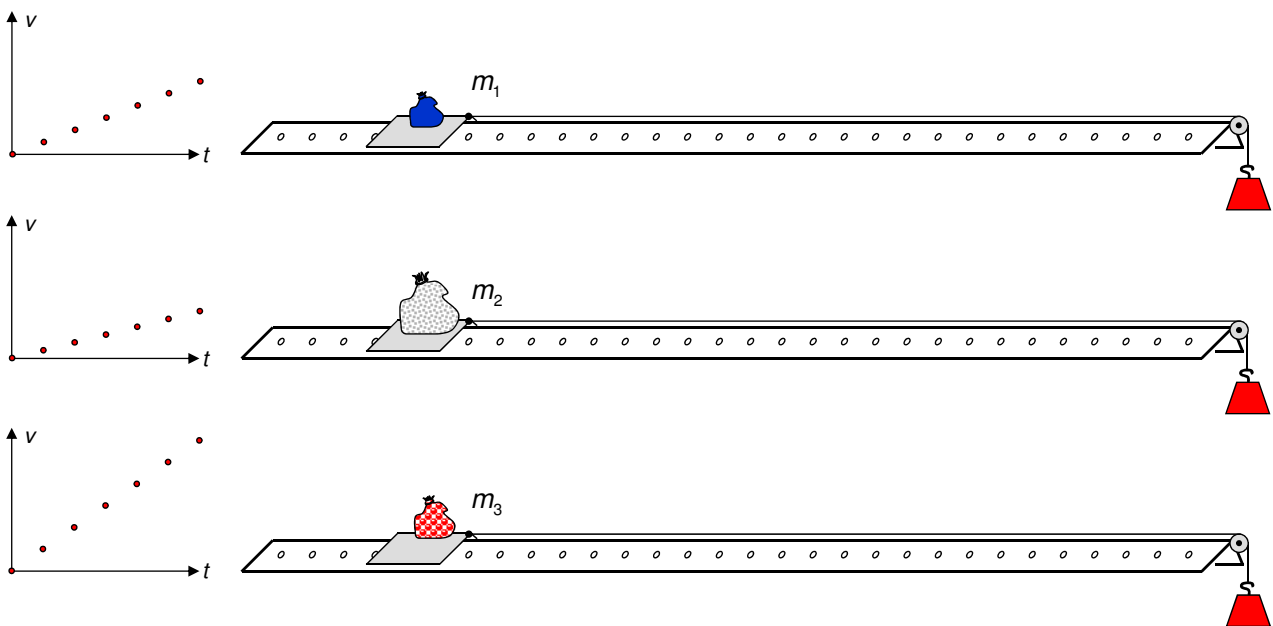
$$a_1 : a_2 = 1/m_1 : 1/m_2 .$$



Äquivalenzdarstellung:  $a_1 : a_2 : a_3 = \frac{1}{m_1} : \frac{1}{m_2} : \frac{1}{m_3} \Leftrightarrow a \propto \frac{1}{m}$

## Messung von Massen

Welche der drei Massen  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  ist die kleinste, welche die grösste?



## Zweites Newtonsches Axiom

Zusammenhang zwischen den Beschleunigungen, die ein und derselbe Körper unter der Einwirkung verschiedener Kräfte erfährt und diesen Kräften.

$$a \propto F$$

Zusammenhang zwischen den Beschleunigungen, die ein und dieselbe Kraft bei Körpern mit verschiedenen Massen bewirkt und diesen Massen.

$$a \propto \frac{1}{m}$$

$$\left. \begin{array}{l} a \propto F \\ a \propto \frac{1}{m} \end{array} \right\} a \propto \frac{F}{m}$$

**Zweites Newtonsches Axiom:**  $m \cdot a \propto F$

Die Beschleunigung  $a$ , die ein Körper mit der Trägheit (Masse)  $m$  erfährt, ist der wirkenden Kraft proportional.

**Einheit der Trägheit:**  $[m] = kg$ , **Basiseinheit im SI-System**

**Definition der Masseneinheit "Kilogramm":**

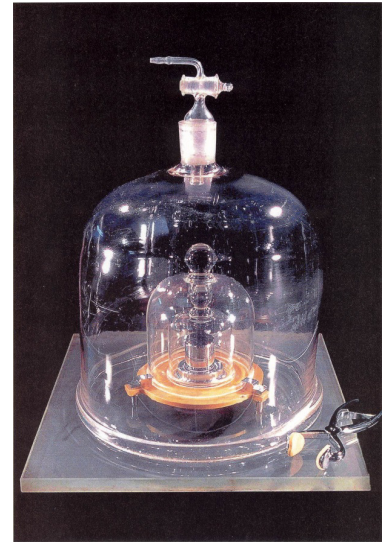
Ein Kilogramm ist die Trägheit eines aus Platin-Iridium hergestellten Normkörpers (Trägheitsnormal), der im Bureau International des Poids et Mesures aufbewahrt wird!

Der Proportionalitätsfaktor im zweiten Newtonschen Axiom:  $m \cdot a \propto F \rightarrow F = k \cdot m \cdot a$

Da die Einheit der Kraft noch offen steht, kann der Proportionalitätsfaktor noch frei gewählt werden.

Mit der Festlegung der abgeleiteten Einheit für die Kraft, wird der Proportionalitätsfaktor  $k = 1$  festgelegt.

$$[F] = kg \cdot \frac{m}{s^2} = N = \text{Newton}$$



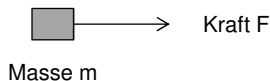
Ein 40 Millimeter hoher Zylinder aus Platin und Iridium, das UNESO aus dem Jahr 1889.

Zweites Newtonsches Axiom

© B&J

## Lineare Bewegung bei konstanter Kraft

Wirkt auf ein Objekt der Masse  $m$  eine konstante Kraft  $F$ , wie sieht deren Bewegung aus?



Für die Beschleunigung gilt:

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

Nach Definition ist die Beschleunigung die Ableitung der Geschwindigkeit. Somit ist :

$$\dot{v} = a \quad \Rightarrow \quad v = v_0 + at$$

Da die Geschwindigkeit die Ableitung der Ortsfunktion ist gilt:

$$\dot{s} = v = v_0 + at \quad \Rightarrow \quad s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$$

## Drehbewegung mit konstanter Winkelbeschleunigung

Nach Definition ist die WINKELbeschleunigung die Ableitung der WINKELgeschwindigkeit. Somit ist :

$$\dot{\omega} = \alpha \quad \Rightarrow \quad \omega = \omega_0 + \alpha t$$

Da die WINKELgeschwindigkeit die Ableitung der Winkelfunktion ist gilt:

$$\dot{\varphi} = \omega = \omega_0 + \alpha t \quad \Rightarrow \quad \varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$