

Die Newtonschen Gesetze

Die drei Newtonschen Gesetze bilden eine axiomatische Grundlage der klassischen Mechanik. Grob gesagt ist damit gemeint, dass man mit diesen mathematischen Gesetzen und einer geeigneten Vorstellung¹ davon, was die vorkommenden Begriffe physikalisch bedeuten sollen, das Verhalten mechanischer Systeme zuverlässig vorhersagen kann.

Erstes Newtonsches Gesetz (Trägheitssatz)

Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der geradlinig-gleichförmigen Bewegung, solange keine äußeren Kräfte auf ihn wirken.

Zweites Newtonsches Gesetz (Grundgleichung der Mechanik, Aktionsprinzip)

Wird eine Masse m durch eine Kraft \vec{F} beschleunigt, so resultiert daraus die Beschleunigung \vec{a} gemäß

$$\vec{F} = m\vec{a}.$$

Die Beschleunigung erfolgt in Richtung der beschleunigenden Kraft.

Drittes Newtonsches Gesetz (Wechselwirkungsgesetz)

Übt ein Körper A eine actio \vec{F}_A auf B auf einen Körper B aus, so übt gleichzeitig Körper B auf Körper A die reactio \vec{F}_B auf A = $-\vec{F}_A$ auf B aus. Beide Kräfte sind entgegengerichtet, ihre Beträge sind gleich.

Bemerkungen

- Das erste Gesetz wird häufig als Spezialfall des zweiten genannt, oder genauer: missverstanden. Tatsächlich soll das erste Gesetz sicherstellen, dass es mindestens ein Bezugssystem gibt, in dem ein kräftefreier Körper sich geradlinig-gleichförmig bewegt. Man nennt Systeme, in denen das erste Gesetz gültig ist, auch Inertialsysteme.
- Das erste Gesetz scheint zunächst der Alltagserfahrung zu widersprechen. Wir können uns allerdings im Alltag der Reibung (einer Kraft, die *entgegen* der momentanen Bewegungsrichtung wirkt) nicht entledigen! Um eine geradlinig-gleichförmige Bewegung auf dem Fahrrad aufrecht zu erhalten, muss man die Reibungskraft durch eine Kraft in Fahrtrichtung kompensieren.
- Das zweite Gesetz liefert eine dynamische Definition der Kraft. Insbesondere können wir jetzt die Einheit Newton durch Basisgrößen ausdrücken: $N = kg \frac{m}{s^2}$.
- Das dritte Gesetz bezieht sich auf Kräfte, die auf unterschiedliche Körper wirken. Dies muss scharf vom Kräftegleichgewicht abgegrenzt werden, bei dem die vektorielle Summe aller an einem Körper angreifenden Kräfte verschwindet!
- Die Masse, die auf der rechten Seite der Grundgleichung der Mechanik steht, ist strenggenommen die sog. träge Masse m_t . Sie gibt an, wie sehr sich ein Körper bei gegebener Kraft der Beschleunigung "widersetzt". Dass sie der schweren Masse m_s entspricht, die für die Gewichtskraft $F_g = m_s g$ die entscheidende Rolle spielt, ist keineswegs trivial, sondern ein Mysterium! Man verwendet zum Vergleich den sog. Eötvös-Faktor $\eta = 2 \frac{\left(\frac{m_s}{m_t}\right)_A - \left(\frac{m_s}{m_t}\right)_B}{\left(\frac{m_s}{m_t}\right)_A + \left(\frac{m_s}{m_t}\right)_B}$. Im Zähler steht die Differenz des Verhältnisses von schwerer und träger Masse zweier Körper A und B, im Nenner deren Mittelwert. Die aktuelle Obergrenze² für diesen Wert ist $\eta < 5 \cdot 10^{-14}$. Im Rahmen der μ SCOPE-Mission soll demnächst mit der Genauigkeit 10^{-16} gemessen werden³.

¹Wenn man sich für diesen – auch für den Mathematikunterricht äußerst wichtigen – Zusammenhang von mathematischen Theorien und ihrer empirischen Interpretation interessiert, ist der klassische Artikel "Geometry and Empirical Science" von C.G. Hempel (Am.Math.Mon. **52**, 1 (1945), über Suchmaschinen sofort zu finden) ein sehr guter Ausgangspunkt.

²Baessler et al., Phys. Rev. Lett. **83**, 18 (1999)

³<https://microscope.cnes.fr/en/MICROSCOPE/index.htm>, abgerufen am 28.01.2016