

Eine Kraft erkennt man an einer beschleunigenden oder verformenden Wirkung auf einen Körper.

Die Einheit der Kraft lautet Newton (Abkürzung N). Abkürzend schreibt man auch $[F] = 1\text{ N} = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$. 1 N ist die Kraft, die man benötigt, um einen Körper der Masse 1 kg um $1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ zu beschleunigen. 1 N ist etwa die Gewichtskraft einer Tafel Schokolade (100 g) auf der Erde.

Drei Prinzipien

- Prinzip Actio = Reactio (Abb. 2.1)
- Kräftegleichgewicht: An einem Körper, der sich in Ruhe befindet oder sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegt, herrscht Kräftegleichgewicht. (Abb. 2.2)
- Kräfte überlagern sich, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen. (Abb. 2.3)

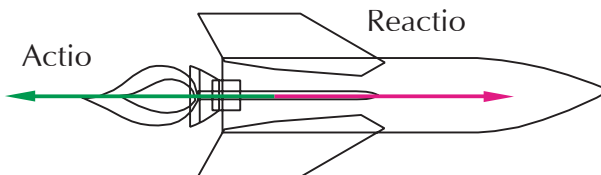


Abb. 2.1 Actio = Reactio

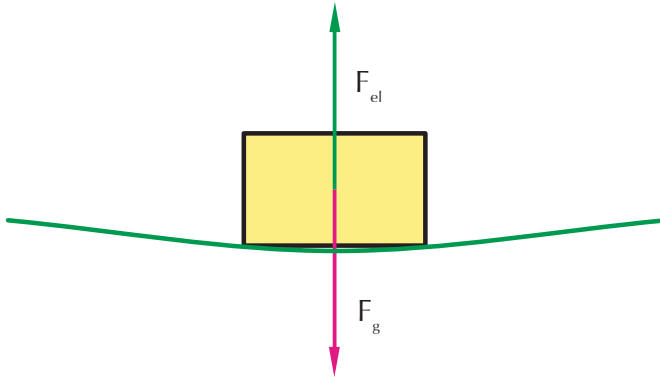


Abb. 2.2 Kräftegleichgewicht

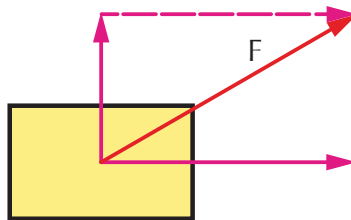


Abb. 2.3 Überlagerung von Kräften

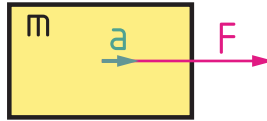
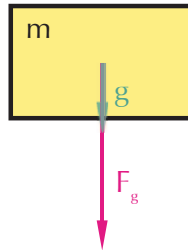
Im Folgenden werden einige gebräuchliche und berechenbare Kräfte erläutert.

2.1 Mechanische Kräfte

2.1.1 Newtonsches Gesetz

Das Newtonsche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen einer beschleunigenden Kraft, der Masse und der Beschleunigung des Körpers.

Formel: $F = m \cdot a$ (s. Abb. 2.4)

**Abb. 2.4** Newtonsches Gesetz**Abb. 2.5** Gewichtskraft

Benutzte Größen: m Masse, a Beschleunigung

Beispiel

Ein Körper der Masse 500 kg soll mit 5 m/s^2 beschleunigt werden. Welche Kraft muss aufgebracht werden?

Lösung

$$F = m \cdot a = 500 \text{ kg} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2500 \text{ N}$$

2.1.2 Gewichtskraft, oft auch Gewicht genannt

Die Gewichtskraft ist die Kraft, mit der ein Körper von der Erde (oder anderen Gestirnen) angezogen wird.

Formel: $F_g = m \cdot g$ (s. Abb. 2.5)

Benutzte Größen m Masse, g Fallbeschleunigung

Typische Werte: $g_{Erde} = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $g_{Mond} = 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx \frac{1}{6} \cdot g_{Erde}$,

$$g_{Sonne} = 274 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 28 \cdot g_{Erde}$$

Die Einheit der Fallbeschleunigung wird auch oft in $\frac{\text{N}}{\text{kg}}$ angegeben.

Beispiel 1

Am 17. November 1970 landete das unbemannte Fahrzeug LUNOCHORD 1 auf der Mondoberfläche. Es hatte eine Masse von 756 kg. Welches Gewicht hatte das Fahrzeug dort?

Lösung

$$F_g = m \cdot g_{Erde} = 756 \text{ kg} \cdot 1,6 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx \mathbf{1210 \text{ N}}$$

Zum Vergleich: auf der Erde hat es ein Gewicht von $F_g = 756 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \approx 7416 \text{ N}$

Beispiel 2

Berechnen Sie die Gewichtskraft eines Körpers von 470 mg auf dem Jupiter (Fallbeschleunigung: $26 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$)!

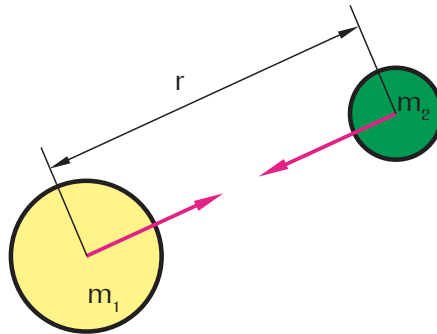
Lösung

$$F_g = m \cdot g = 470 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 26 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \mathbf{0,0122 \text{ N}}$$

2.1.3 Gravitationskraft

Zwischen zwei Körpern wirken aufgrund ihrer Masse anziehende Kräfte, sog. Gravitationskräfte. Sie sind entgegengesetzt gerichtet und gleich groß.

Formel: $G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ (s. Abb. 2.6)

**Abb. 2.6** Gravitationskraft

Benutzte Größen: m_1, m_2 Massen der beiden Körper, γ universelle Gravitationskonstante $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}$, r Abstand der Massenmittelpunkte der beiden Körper

Die Gravitation ist die Ursache der Gewichtskraft. An der Erdoberfläche gilt

$$g = \gamma \cdot \frac{m_{\text{Erde}}}{r_{\text{Erde}}^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{((6370 \cdot 10^3)^2 \text{ m}^2)} \approx \mathbf{9,82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

Bei der Gravitation ziehen sich beide Massen an. Ein Mensch auf der Erde wird von dieser angezogen, zieht aber auch die Erde an. Allerdings ist die Wirkung auf die Erde wegen der erheblich größeren Masse sehr gering.

Die Erde zieht den Mond an, aber dieser auch die Erde. Man sieht das an dem Auftreten von Ebbe und Flut.

Beispiel

Mit welcher Kraft ziehen sich zwei Schiffe, von denen jedes die Masse von 41.500 t hat, an, wenn sie im Hafen einen Abstand von 450 m haben?

Lösung

$$G = \gamma \cdot \frac{m^2}{r^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2} \cdot \frac{(41.500 \cdot 10^3 \text{ kg})^2}{(450 \text{ m})^2} \approx \mathbf{0,5673 \text{ N}}$$

2.1.4 Normalkraft

Die Normalkraft ist der Kraftanteil, der senkrecht zur Neigungsfläche der schiefen Ebene wirkt. Sie sorgt für die Anpressdruck und die Reibung.

Formel: $F_N = F_g \cdot \cos \alpha$ (s. Abb. 2.7)

Benutzte Größen: F_g Gewichtskraft, α Neigungswinkel der schiefen Ebene

Beispiel

Wie groß ist die Normalkraft bei einem Körper der Masse 2,5 kg auf einer schiefen Ebene mit einem Neigungswinkel von 35° ?

Lösung

$$F_N = F_g \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot \cos \alpha = 2,5 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \cos 35^\circ \approx \mathbf{20,09 \text{ N}}$$

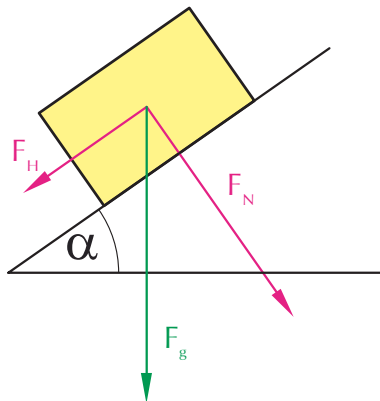


Abb. 2.7 Normalkraft

2.1.5 Hangabtriebskraft

Die Hangabtriebskraft ist der Kraftanteil, der parallel zur Neigungsfläche der schiefen Ebene zeigt. Sie sorgt für das Abrutschen.

Formel: $F_H = F_g \cdot \sin \alpha$ (s. Abb. 2.8)

Benutze Größen: F_g Gewichtskraft, α Neigungswinkel der schiefen Ebene

Beispiel

Ein Skifahrer wiegt 75 kg und fährt eine Harakiripiste (78 % Gefälle) in Österreich herab. Zum Vergleich fährt ein gleichschwerer Snowboardfahrer im Sauerland eine Piste von 20 % Gefälle herab. Wie groß ist in beiden Fällen die Hangabtriebskraft?

Lösung

Harakiripiste: Eine Steigung von 78 % bedeutet, dass auf einer horizontalen Strecke von 100 m das Gelände um 78 m ansteigt¹. D. h. $\tan \alpha = 0,78 \Rightarrow \alpha = 37,95^\circ$,

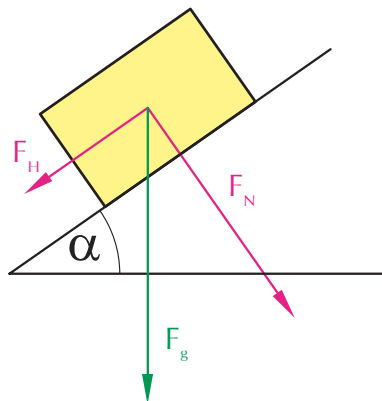


Abb. 2.8 Hangabtriebskraft

¹ Andere Meinung: Der Anstieg beträgt 78 % 78 m auf einer **gefahrenen** Strecke von 100 m. Dann müsste man den Winkel mit dem Sinus bestimmen.

$$\text{also } F_H = F_g \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \approx 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \sin(37,95^\circ) \approx \mathbf{453,5 \text{ N}}$$

Sauerland:

$$\text{Analog } \tan \alpha = 0,2 \Rightarrow \alpha = 11,31^\circ,$$

$$\text{also } F_H = F_g \cdot \sin \alpha = m \cdot g \cdot \sin \alpha \approx 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \sin(11,31^\circ) \approx \mathbf{144,3 \text{ N}}$$

2.1.6 Reibungskraft

Die Reibungskraft ist stets der Bewegung entgegengerichtet.

Formel: $F_r = \mu \cdot F_N$ (s. Abb. 2.9)

Benutzte Größen: F_N Normalkraft, μ Reibungskoeffizient

Die Ursache für Reibung ist meist die Rauheit der Oberflächen. Man unterscheidet Haftreibung (μ_h), Gleitreibung (μ_g) und Rollreibung (μ_r). Dabei gilt $0 \leq \mu_r \leq \mu_g \leq \mu_h$

Bei Fahrzeugen fasst man auch die diversen Reibungen zu einem Fahrwiderstandsbeiwert μ_F zusammen.

Beispiel 1

Welche maximale Kraft kann ein Auto (Masse 1500 kg) beim Anfahren ‚auf die Straße bringen‘, ohne dass die Reifen durchdrehen? Dabei gelten folgende (Haft-) Reibungskoeffizienten:

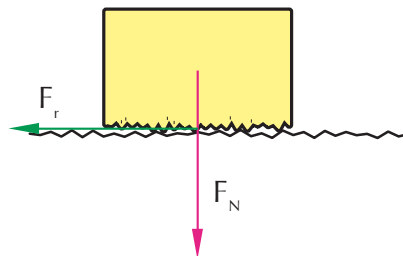


Abb. 2.9 Reibungskraft

Asphalt trocken: $\mu_h = 1,2$

Asphalt nass: $\mu_h = 0,6$

Eis: $\mu_h = 0,1$

Lösung

Asphalt trocken: $F_r = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g = 1,2 \cdot 1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \mathbf{17658 \text{ N}}$

Asphalt nass: $F_r = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g = 0,6 \cdot 1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \mathbf{8829 \text{ N}}$

Eis: $F_r = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g = 0,1 \cdot 1500 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = \mathbf{1471,5 \text{ N}}$

Beispiel 2

Ein Eisenbahnwaggon, der $1,7 \cdot 10^6 \text{ N}$ wiegt, soll auf waagerechter Strecke bei einer Rollreibungszahl 0,0081 bei konstanter Geschwindigkeit gehalten werden. Welche Kraft ist dazu notwendig?

Lösung

$$F_r = \mu \cdot F_g = 0,0081 \cdot 1,7 \cdot 10^6 \text{ N} = \mathbf{13770 \text{ N}}$$

2.1.7 Federkraft

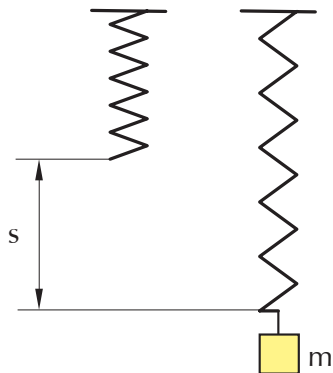
Die Federkraft ist die Kraft, die ein elastischer Körper der Streckung oder Stauchung entgegensetzt.

Formel: $F_f = D \cdot s$ (s. Abb. 2.10)

Benutzte Größen: D Federkonstante, s Auslenkung

Beispiel 1

Eine Feder hat eine Federkonstante von $3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$. Welche Kraft muss aufgebracht werden, damit sie um 7 cm verlängert wird?

**Abb. 2.10** Federkraft**Lösung**

$$F_f = D \cdot s = 3 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,07 \text{ m} = \mathbf{0,21 \text{ N}}$$

Beispiel 2

Mit welcher Kraft muss eine Feder mit einer Federkonstanten von $0,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$ gedehnt werden, wenn eine Dehnung von 3,0 cm erreicht werden soll?

Lösung

$$F_f = D \cdot s = 200 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 0,03 \text{ m} = \mathbf{6 \text{ N}}$$

2.1.8 Druckkraft

Die Druckkraft ist diejenige Kraft, die ein Druck auf eine Fläche ausübt.

Formel: $F_p = p \cdot A$ (s. Abb. 2.11)

Kraft, Energie, Leistung

Kurz und bündig

Heinrich, B.

2015, VI, 37 S. 28 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-11257-8