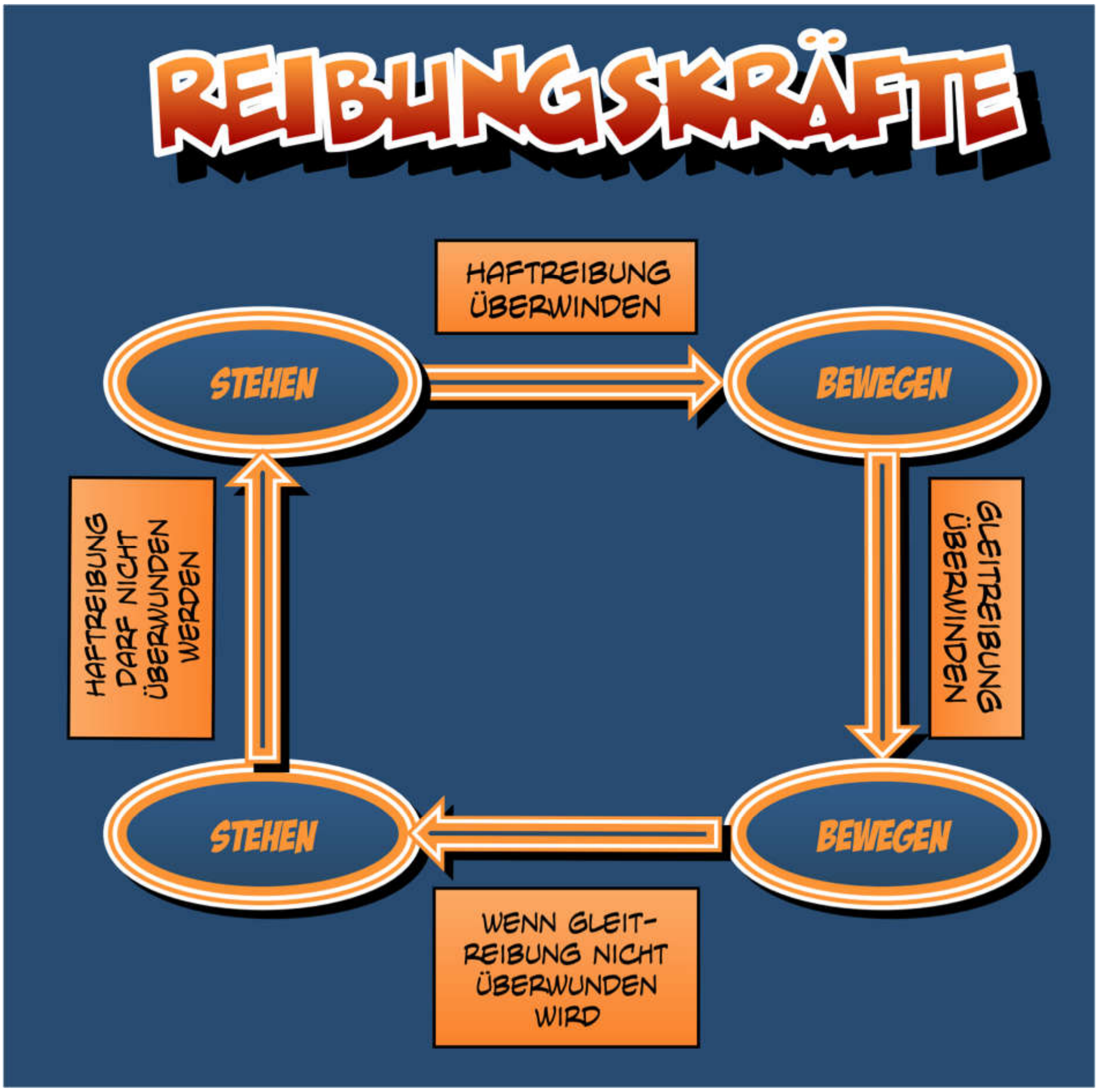
**AB „Reibungskräfte"**
**Musterlösungen**

**Aufgabe 1. Reibungskräfte ausrechnen.**
*Lies die folgenden Situationen durch. Kreuze an, ob es sich dabei um Haft- oder Gleitreibung handelt. Berechne die jeweilige Kraft mit den Werten aus der Tabelle. Der Stahlklotz hat eine Masse von m = 100 kg.*




| | | |
|---|---|---|
| 1 | Ein stehender Stahlklotz soll sich auf Eis nicht bewegen. Welche Kraft darf maximal seitlich auf ihn wirken? | ☒ Haftreibung<br>☐ Gleitreibung |
| 2 | Ein auf Eis schlitternder Stahlklotz soll gebremst werden. Welche Kraft ist mindestens nötig? | ☐ Haftreibung<br>☒ Gleitreibung |
| 3 | Jetzt bewegt sich der Stahlklotz auf einer Betonbahn. Welche Kraft ist nötig, damit er sich gleichmäßig weiterbewegt? | ☐ Haftreibung<br>☒ Gleitreibung |
| 4 | Ein Stahlklotz steht auf einer Holzplanke. Welche Kraft ist nötig, um ihn ins Gleiten zu bringen? | ☒ Haftreibung<br>☐ Gleitreibung |

Für die Reibungskraft $F_R$ gilt: $F_R = \mu \cdot F_G$

$$m = 100\ \text{kg}, g = 9{,}81\,\frac{\text{N}}{\text{kg}} \qquad \Rightarrow F_G = m \cdot g$$

$$= 100\ \cancel{\text{kg}} \cdot 9{,}81\,\frac{\text{N}}{\cancel{\text{kg}}} = 981\ \text{N}$$

(1) Stahl auf Eis, Haftreibung ➔ $\mu_H = 0{,}03$

$$F_R = \mu_H \cdot F_G$$
$$= 0{,}03 \cdot 981\ \text{N} = 29{,}43\ \text{N}$$

Die maximale Kraft, die seitlich auf den Stahlklotz wirken darf, damit er stehen bleibt, beträgt $F = 29{,}43\ \text{N}$.

(2) Eigentlich muss keine Kraft ausgeübt werden, da durch die Reibung der Stahlklotz bereits gebremst wird. Wir können aber die Kraft ausrechnen, mit der der Klotz gebremst wird.

Stahl auf Eis, Gleitreibung ➔ $\mu_G = 0{,}01$

$$F_R = \mu_G \cdot F_G$$
$$= 0{,}01 \cdot 981\ \text{N} = 9{,}81\ \text{N}$$

Der Stahlklotz wird mit einer Kraft von $F = 9{,}81\ \text{N}$ gebremst.

(3) Stahl auf Beton, Gleitreibung ➔ $\mu_G = 0{,}2$

$$F_R = \mu_G \cdot F_G$$
$$= 0{,}2 \cdot 981\ \text{N} = 196{,}2\ \text{N}$$

Eine Kraft von $F = 196{,}2\ \text{N}$ ist nötig, damit der Stahlklotz sich gleichmäßig weiter auf dem Betonboden gleitet.

(4) Stahl auf Holz, Haftreibung ➔ $\mu_G = 0{,}5$

$$F_R = \mu_H \cdot F_G$$
$$= 0{,}5 \cdot 981\ \text{N} = 490{,}5\ \text{N}$$

Eine Kraft von $F = 490{,}5\ \text{N}$ ist nötig, damit der Stahlklotz ins Gleiten gebracht werden kann.

**Aufgabe 2. Reibungskoeffizienten bestimmen.**

*Traktor zog einen Stahlblock mit einer Masse m = 134 kg. Auf der ersten Oberfläche stand der Block anfangs noch, auf den anderen Oberflächen wurde er von dem Traktor in Bewegung gehalten (d.h. er bewegte sich mit konstanter Geschwindigkeit). An der Anhängekupplung des Traktors war ein Messgerät befestigt, das für jede Oberfläche die maximale Zugkraft ($F_{Zug}$) aufzeichnete. Bestimme die Reibungskoeffizienten und ermittle das mögliche Material der Oberflächen. (Hinweis: Hier musst du mit dem genauen Ortsfaktor von $g = 9{,}91\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$ rechnen).*

| Oberfläche | $F_{Zug}$ in N |
|---|---|
| 1 | 460 |
| 2 | 13 |
| 3 | 920 |
| 4 | 526 |

Die Zugkraft $F_{Zug}$ ist die Reibungskraft, die an der Anhängekupplung wirkt: $F_{Zug} = F_R$. Aber welche Reibung liegt jeweils vor? Auf den Oberflächen 2, 3 und 4 ist dies die Gleitreibung. Bei Oberfläche 1 liegt aber sowohl Haftreibung vor (der Block stand) und Gleitreibung (der Block bewegte sich). Da die maximale Kraft protokolliert wird und die Haftreibungskraft immer größer ist als die Gleitreibungskraft, wurde die Haftreibungskraft als $F_{ZUg}$ protokolliert. Wir müssen also folgende Reibungskoeffizienten bestimmen:

| Oberfläche | $\mu_H$ oder $\mu_G$ |
|---|---|
| 1 | $\mu_H$ |
| 2 | $\mu_G$ |
| 3 | $\mu_G$ |
| 4 | $\mu_G$ |

Es gilt also:

$$F_{Zug} = F_R$$

Wir wissen:

$$F_R = \mu \cdot F_G$$

Für die Gewichtskraft gilt:

$$F_G = m \cdot g$$

In der Aufgabenstellung ist ein falscher Wert für $g$ angegeben. Er müsste $g = 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{kg}}$ betragen. Ich rechne daher mit beiden Werten

$$F_G = m \cdot g = 134\,\cancel{\mathrm{kg}} \cdot 9{,}81\,\frac{\mathrm{N}}{\cancel{\mathrm{kg}}} = 1315\,\mathrm{N}$$

$$F_G' = m \cdot g' = 134\,\cancel{\mathrm{kg}} \cdot 9{,}91\,\frac{\mathrm{N}}{\cancel{\mathrm{kg}}} = 1328\,\mathrm{N}$$

Wenn gilt:

$$F_R = \mu \cdot F_G$$

gilt auch:

$$\mu = \frac{F_R}{F_G}$$

Für die Oberfläche 1 gilt: $\mu = \mu_H$

$$\mu_H = \frac{F_R}{F_G}$$
$$= \frac{460\,\cancel{N}}{1315\,\cancel{N}} = 0{,}35$$

$$\mu'_H = \frac{F_R}{F'_G}$$
$$= \frac{460\,\cancel{N}}{1328\,\cancel{N}} = 0{,}35$$

Die Rechnungen für die Oberflächen 2, 3 und 4 sind identisch. Nur muss $F_R$ entsprechend geändert werden und man muss beachten, dass man $\mu_G$ ausrechnet. Der errechnete Koeffizient wird dann mit denen der Tabelle oben verglichen, um zu sehen, auf welcher Oberfläche sich der Stahlblock befand.

Alle Ergebnisse sind in der Tabelle zusammengefasst:

| Oberfläche | mit $g = 9{,}81\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$ | mit $g = 9{,}91\,\frac{\text{N}}{\text{kg}}$ | Paarung: Stahl auf ... |
|---|---|---|---|
| 1 | $\mu_H = 0{,}35$ | $\mu_H = 0{,}35$ | Beton |
| 2 | $\mu_G = 0{,}01$ | $\mu_G = 0{,}01$ | Eis |
| 3 | $\mu_G = 0{,}7$ | $\mu_G = 0{,}69$ | Stein |
| 4 | $\mu_G = 0{,}4$ | $\mu_G = 0{,}4$ | Holz |

**Aufgabe 3. Welche Materialpaarung?**

*Welche Materialpaarung eignet sich in der angegebenen Situation besonders gut? Begründe deine Entscheidung.*

a) Der Eingang einer Fußgängerzone soll möglichst dekorativ mit einem Hindernis versehen werden, sodass keine Fahrzeuge mehr einfahren können.
b) Eine indonesische Firma will eine neue Lagerhalle bauen. In ihr sollen Kisten leicht verschiebbar sein. Die Firma sagt, ihr ist das Material der Kisten egal, aber sie möchten Energie bei der Lagerung sparen.

Bei dieser Frage muss man sich zunächst überlegen, um welche Art Reibung es sich handelt. Dann ist es wichtig, ob die Reibungskraft möglichst groß oder klein sein soll. Wie lässt sich aber über die Paarung entscheiden, wenn keine Masse gegeben ist? Physiker lösen solche Aufgaben, indem sie sich zunächst die Gleichung ansehen:

$$F_R = \mu \cdot F_G$$

Wir können Aussagen über die Reibungskraft treffen, ohne eine konkrete Gewichtskraft zu kennen. Da die Gewichtskraft mit dem Reibungskoeffizienten multipliziert wird, muss gelten: je größer der Koeffizient, desto größer die Reibungskraft. Soll die Reibungskraft also groß sein, kann man das auch durch Wahl eines großen Reibungskoeffizienten erreichen. Soll sie möglichst klein sein, ist eine Stoffpaarung mit kleinem Reibungskoeffizienten zu wählen.

a) Das Hindernis muss eine große Haftreibung haben. Fußgängerzonen sind meist mit Steinen gepflastert. Die Paarung Stein auf Stein ist günstig, weil hier der Haftreibungskoeffizient $\mu_H$ sehr groß ist. Außerdem sieht das gut aus. Also einen großen Findling hin.

b) Hier wäre ein geringer Gleitreibungskoeffizient hilfreich. Indonesien liegt in Südostasien am Äquator und die Firma möchte bei der Lagerung Geld sparen. Daher fällt Eis als ein Material aus (hier gäbe es den kleinsten $\mu_G$. Der nächstgrößte Gleitreibungskoeffizient in der Tabelle ist Stahl auf Stahl mit $\mu_G = 0{,}1$. Also müsste die Firma Stahlkisten nehmen und die Lagerhalle mit einem Stahlboden oder einen Betonboden versehen.