

Unterrichtseinheit: Kraft und Reibung

Experimentelle Untersuchung der Haft- und Gleitreibung als Ursache der Bremswirkung am Auto

Aufgabe 1 ☆

Formuliere Hypothesen, von welchen Größen die Bremswirkung beim Auto abhängen könnte.

Aufgabe 2 ☆ ☆

Untersucht die Gleitreibungskraft experimentell:

Material:

- Klotz
- Kraftmesser
- Gewichte
- Verschiedene Oberflächen

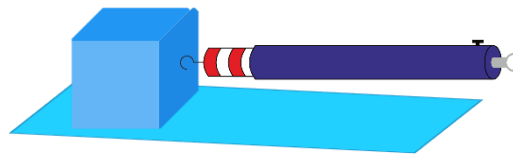


Abbildung 1: Klotz mit Kraftmesser (Canva und Pixabay)

Hängt den Klotz an einen Kraftmesser. Zieht den Klotz gleichmäßig über den Tisch. Führt folgende Veränderungen durch und bestimmt jeweils die **Gleitreibungskraft**.

- Legt unterschiedliche Gewichte auf den Holzklotz.
- Zieht den Klotz unterschiedlich schnell.
- Zieht den Holzklotz über unterschiedliche Oberflächen (Tisch, raues Holz, ...)
- Dreht den Holzklotz und verwende die Schmalseite als Grundseite.

Formuliert anhand euer Versuchsergebnisse Je-desto-Beziehungen:

- Je größer die Gewichtskraft ist, desto _____
- Je _____ desto _____
- ...

Aufgabe 3 ☆ ☆ ☆

Untersucht die am Berg wirkenden Kräfte mit Hilfe des unten beschriebenen Experimentes:

Material:

- Klotz / Buch o. ä.
- ebene Unterlage
- Lineal

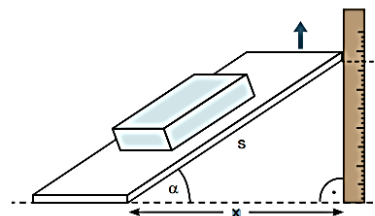
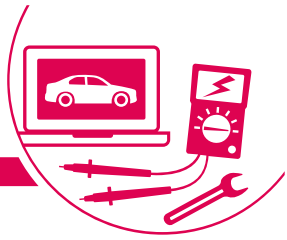


Abbildung 2: Kräfte am Berg (Physik am Auto)

- a) Misst die Länge s der Unterlage. Legt nun den Gegenstand auf die Unterlage und hebt diese einseitig an. Misst mit dem Lineal die Höhe h der oberen Kante genau dann, wenn der Körper anfängt zu rutschen.
- Verwendet eine Unterlage aus einem anderen Material und wiederholt den Versuch.
 - Dreht den Klotz, sodass er auf der Schmalseite liegt und wiederholt den Versuch.
 - Wenn ihr eine Schachtel benutzt habt, beschwert sie durch Einladung verschiedener Gegenstände und wiederholt erneut!

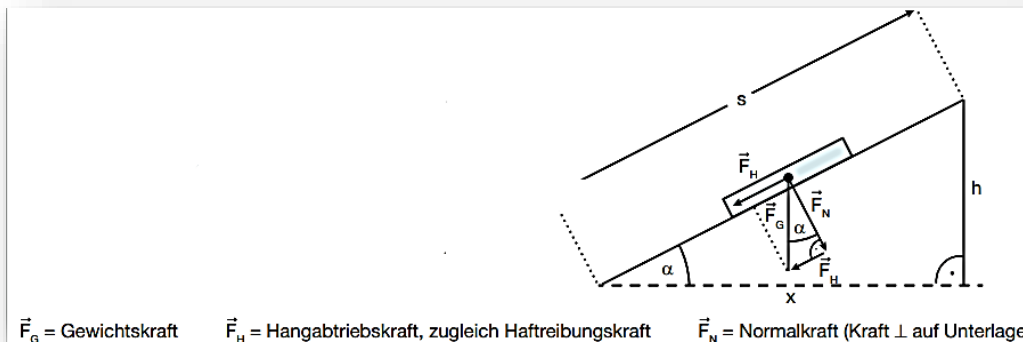


- b) Bestimmt nun den Haftreibungskoeffizienten μ für die von euch verwendete Versuchsanordnung mit Hilfe des folgenden Zusammenhangs:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{s}{h}\right)^2 - 1}}$$

Zusatz

Im unteren Bild findest du zwei Dreiecke. Das große enthält die Seiten s und h, das kleine hat die durch die Kräfte repräsentierten Seiten F_H , F_G und F_N .



\vec{F}_G = Gewichtskraft \vec{F}_H = Hangabtriebskraft, zugleich Haftreibungskraft \vec{F}_N = Normalkraft (Kraft \perp auf Unterlage)

Abbildung 3: ähnliche Dreiecke (Bild: Physik am Auto)

Beide Dreiecke sind „ähnlich“ zueinander, da sie dieselben Winkel besitzen. Deshalb ist das Verhältnis entsprechender Strecken in beiden Dreiecken gleich, und es gilt für die Beträge:

$$\frac{F_H}{F_G} = \frac{h}{s}$$

Außerdem gilt nach dem Satz des Pythagoras: $F_G^2 = F_N^2 + F_H^2 \Leftrightarrow F_N^2 = F_G^2 - F_H^2$

Leite mit Hilfe dieser Zusammenhänge die folgende Formel her.

$$\mu = \frac{F_H}{F_N} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{s}{h}\right)^2 - 1}}$$

Aufgabe 4 ☆ ☆ ☆

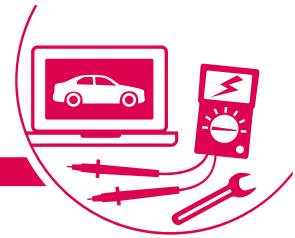
Entwickelt anhand der Versuchsergebnisse Kriterien, von denen eine gute Bremswirkung abhängt.

<https://pixabay.com/de/vectors/dynamometer-kraftmesser-707187/>

Bildnachweise:

Abb. 1: <https://pixabay.com/de/vectors/dynamometer-kraftmesser-707187/>

Abb. 2 und 3: <https://www.autoberufe.de/content/uploads/2023/06/Haftreibung-Aufgabe.pdf>



Lösungen

Aufgabe 1 ☆

Mögliche Hypothesen: Von zum Beispiel der Gewichtskraft, Fläche der Bremsbeläge/Bremsbacken, Geschwindigkeit, etc. kann die Bremswirkung beim Auto abhängen.

Aufgabe 2 ☆ ☆

- Je größer die Gewichtskraft ist, desto größer ist die Gleitreibungskraft.
- Je rauer die Oberflächen sind, desto größer ist die Gleitreibungskraft.

Aufgabe 3 ☆ ☆ ☆

- Individuelle Lösungen.
- Individuelle Lösungen.

Zusatz:

Bei der schiefen Ebene ist $\vec{F}_{Haft} \perp \vec{F}_G$.

Daraus ergibt sich für $\mu_H = \frac{F_H}{F_N}$

Es gilt: $F_{Haft} = F_G \cdot \sin\alpha$

$$F_N = F_G \cdot \cos\alpha$$

Daraus folgt:

$$\mu_H = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha} \quad \text{für } F_G > 0 \text{ und } 0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$\mu_H = \tan\alpha = \frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}$$

Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke ergibt sich:

$$\tan\alpha = \frac{h}{x}$$

Satz des Pythagoras:

$$s^2 = h^2 + x^2 \Leftrightarrow x^2 = s^2 - h^2 \Leftrightarrow x = \sqrt{s^2 - h^2} \vee x = -\sqrt{s^2 - h^2}$$

Man benötigt nur die Lösung für $x > 0$, d.h.:

$$x = \sqrt{s^2 - h^2}$$

Für den Haftreibungskoeffizienten erhält man:

$$\mu_H = \tan\alpha \quad \text{und} \quad \tan\alpha = \frac{h}{x} \quad \text{und} \quad x = \sqrt{s^2 - h^2}$$

$$\Rightarrow \mu_H = \frac{h}{\sqrt{s^2 - h^2}} = \frac{h}{\sqrt{\frac{h^2 \cdot s^2}{h^2} - h^2}} = \frac{h}{\sqrt{h^2 \cdot \left(\frac{s^2}{h^2} - 1\right)}} = \frac{h}{h \cdot \sqrt{\left(\frac{s^2}{h^2} - 1\right)}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{s^2}{h^2} - 1}} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{s}{h}\right)^2 - 1}}$$

Aufgabe 4 ☆ ☆ ☆

Abhängigkeit der Bremswirkung von:

- der Kraft, die auf die Bremsbeläge wirkt (größere Bremsbeläge können mehr Kraft übertragen)
- der Härte und dem Zustand der Bremsbeläge (trocken, nass, verölt)