

# Habt ihr schon gewusst 167 ... Reibung

Die „Tribologie“ ist ein hoch interessantes Thema – mit massivem Alltagsbezug und passt an verschiedenen Stellen als Thematik in die Physikbildungsstandards – so z.B. in der Kompetenz Nr. 5: „Anwendungsbezug und gesellschaftliche Relevanz der Physik“: Die Schülerinnen und Schüler können bei einfachen Problemstellungen Fragen erkennen, die sie mit Methoden der Physik bearbeiten und lösen ... sie können physikalische Grundkenntnisse und Methoden für Fragen des Alltags sinnvoll einsetzen.

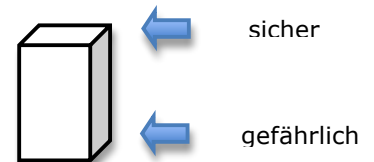
Oder in der Kompetenz Nr. 8. „Grundlegende physikalische Größen“ steht: Die Schülerinnen und Schüler können mit grundlegenden physikalischen Größen umgehen – z.B. der Inhalt „Kraft“

Die Tribologie – mit obigem Bezug – passt wunderbar zur Bearbeitung als „Projekt“ oder als „GFS-Themen“

Im Folgenden nur einige Unterrichtsidee ...

## Standfestigkeit

Sicher haben schon alle Schülerinnen und Schüler die Erfahrung gemacht, dass man bei ungeschicktem Hantieren eine Milchtüte beim Verschieben auf dem Tisch umkippt. Schiebt man sie weit unten, passiert das wohl kaum ... versucht man sie am oberen Ende über den Tisch zu schieben, hat man sicher Probleme.

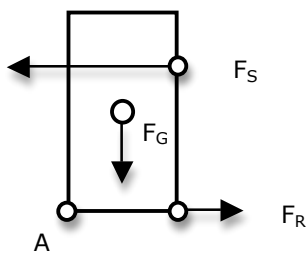


### Vorgehen A

Die Milchtüte habe die Breite  $b$  und man versucht sie in der Höhe  $h$  mit einer Kraft  $F$  über den Tisch zu schieben. Ab einer bestimmten Höhe  $h$ , beginnt die Tüte zu kippen. Die Schülerteams werden in einem ersten Schritt aufgefordert, diese „Grenzhöhe“  $h$  zu bestimmen und dann den Quotienten  $b/2h$  zu berechnen. Anschließend sollen Sie mit einem Kraftmesser den Reibungskoeffizienten  $\mu$  bestimmen und diesen Wert mit  $b/2h$  vergleichen. Warum ergibt sich in etwa der gleiche Wert? ...

### Vorgehen B (siehe Fußnote) $\rightarrow$ (1)

Gehen wir davon aus, dass die Kraft  $F_S$  mindestens so groß sein muss, wie  $F_R$ , damit sich die Milchtüte über den Tisch verschieben lässt, dann haben wir mit dem Drehpunkt an der Kante A zwei Drehmomente mit zwei wirksamen Kräften und den zugehörigen Hebelarmen.



Wenn wir die Breite der Tüte mit  $b$  bestimmen, dann wirkt die Gewichtskraft mit einem Hebelarm von  $b/2$ . Versucht man die Milchtüte in der Höhe  $h$  mit der Kraft  $F_S$  über den Tisch zu schieben, dann wirkt diese Kraft  $F_S$  mit dem Hebelarm  $h$ . Also beginnt die Tüte zu kippen, wenn das Drehmoment auf Grund von  $F_S$  das Drehmoment auf Grund von  $F_G$  nicht überschreitet ... im Gleichgewicht gilt:

$$F_G \cdot \frac{b}{2} = F_S \cdot h \rightarrow m \cdot g \cdot \frac{b}{2} = F_R \cdot h \rightarrow m \cdot g \cdot \frac{b}{2} = \mu \cdot F_N \cdot h \rightarrow m \cdot g \cdot \frac{b}{2} = \mu \cdot m \cdot g \cdot h \rightarrow \mu = \frac{b}{2 \cdot h}$$

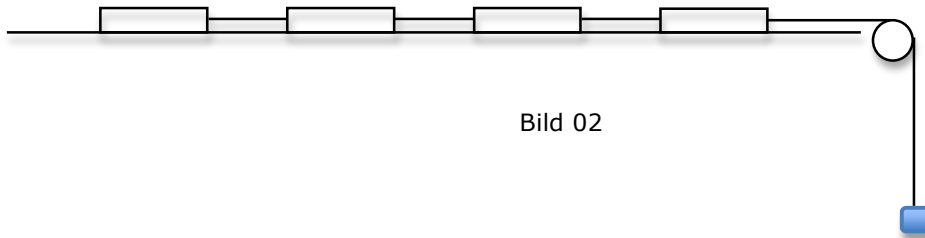
<sup>1</sup> In Klasse 9/10 steht der Drehimpuls qualitativ im Bildungsplan. In meinem Unterricht behandle ich den Drehimpuls in vollständiger Analogie zum Impuls – in selbstständiger Teamarbeit. Das heißt die Schüler-Teams entdecken die Analogien in folgenden Schritten:

1. Die Geschwindigkeit  $v$  ist analog zur Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  (... die Winkelgeschwindigkeit ist aus der Thematik „Kreisbewegung“) schon bekannt.  $v$  und  $\omega$  hängen über  $r$  zusammen  $\rightarrow v = \omega \cdot r$
2. Der Masse  $m$  beim Impuls ist analog zum Trägheitsmoment zu sehen ... wobei das Trägheitsmoment – das heißt die „Drehimpuls-Trägheit“ mit der Masse  $m$  ... und mit dem Abstand der Masse  $m$  vom Radius  $r$  zunimmt. Also auch hier spielt der Radius eine Rolle.
3. Impuls werden durch äußere Kräfte geändert ... Drehimpuls werden ebenfalls durch äußere Kräfte geändert ... ABER, auch hier spielt es eine Rolle, ob bei einem rotierenden Rad die Kraft weit außen oder sehr nahe an der Drehachse angreift ... die analoge Größe zur Kraft  $F$  beim Impuls (im Sinne von  $\Delta p = F \cdot \Delta t$ ) ist das Drehmoment  $M = F \cdot r$  ... und dann gilt analog  $\Delta L = M \cdot \Delta t$

Wenn das Drehmoment entsprechend dieser Herleitung vorhanden ist, stellt das Milchtütenexperiment einen schönen Praktikumsversuch dar, den man sogar recht ordentlich quantitativ auswerten kann, indem man den Reibungskoeffizienten nach der obigen Überlegung bestimmt ... und mit dem Koeffizientenwert vergleicht, den man mit Hilfe eines Kraftmessers und einer Waage gewinnen kann.

## Vier-Klötze-Reibung

Vier (oder mehr) Holzklötze gleicher Größe werden an einer Schnur entsprechend dem Bild 02 aneinander gebunden. Eine längere Schnur wird am „vordersten Klotz“ befestigt und entsprechend dem Bild über den Tisch gelegt und ein Wägestück ans Ende gehängt. Liegen die drei Klötze mit gespannter Schnur zwischen den Klötzen, dann bewegt sich die Anordnung nicht ... ist die Schnur zwischen den Klötzen locker, bewegt sich die Anordnung über den Tisch. Die Masse des „Zugkörpers“ hängt von den verwendeten Reibungsklötzen ab und kann „spielerisch“ (empirisch) ermittelt werden. Eventuell auch eine schöne GFS-Arbeit



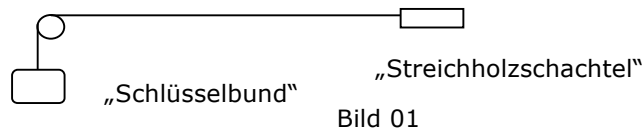
## Schlüsselbund-Experiment

An das eine Ende einer etwa 1m langen Schnur bindet man einen Schlüsselbund, während an das andere Ende eine leere Streichholzschachtel gebunden wird. Der Schlüsselbund wird mit der Schnur so über eine glatte Stativstange (oder einen Bleistift) gelegt, wie man das im Bild 01 sehen kann. Die Streichholzschachtel wird mit der Schnur waagrecht gehalten und dann losgelassen.

Der Fall des Schlüsselbundes wird mit zunehmender Reibung beim Aufwickeln der

Schnur

gestoppt.



In gleicher Weise kann man bei Seilen – z.B. beim Segeln – dosiert Gleitreibungskräfte erzeugen und gezielt einsetzen, wenn man Seile oder Taue, mehrfach um eine Stange oder einen Pollern legt.

Siehe auch → Sendung Nr. 162 „Fremde Formel“ ... Beispiel 04

Kreideexperiment

Geldscheinexperimente

Besenstiel

### Theorie ...

Alle – noch so sorgfältig polierte Oberflächen zeigen bei hinreichender Vergrößerung deutliche Unebenheiten – das gilt auch für zwei polierte und daher spiegelnde Stahlflächen. Wenn man also zwei „Reibungsfläche“ aufeinander legt, ist die „wirkliche Berührfläche“ wesentlich kleiner als die „makroskopische Oberfläche“. An diesen „mikroskopischen Berührflächen“ kommen sich die Atomaren Strukturen der beiden Oberflächen so nahe, dass atomare Kräfte (Adhäsion) auftreten. Die Summe dieser atomaren Bindungskräfte (mikroskopische Ebene) ergibt in der Summe die Reibungskraft (makroskopische Ebene), die man mit dem Kraftmesser feststellen kann.

Wird die Normalkraft – d.h. die makroskopische Kraft, mit der die beiden Reibungsflächen aufeinander gepresst werden – größer, nimmt die „mikroskopische Berührfläche“ zu → damit steigt aber die Summe die atomaren Bindungskräfte → damit steigt die makroskopisch feststellbare Reibungskraft.

In allgemeinen Fall ist daher die makroskopisch feststellbare Reibungskraft eine Funktion der wirksamen Normalkraft ... im Regelfall führt eine größere Normalkraft zu einer größeren Reibungskraft. Es gib „speziellen Oberflächen“ bei denen die „mikroskopische Berührfläche“ direkt proportional zur wirksamen Normalkraft wachsen; in diesen speziellen Fällen ist also die makroskopisch feststellbare Reibungskraft sogar direkt proportional zur Normalkraft und es gilt die einfache „Schulformel“:  $F_R = \mu \cdot F$

### Literatur

1. Die Tribologie umfasst die Gebiete Reibung, Verschleiß und Schmierung. ... Tribologie ist die Wissenschaft und Technik von aufeinander wirkenden Oberflächen  
... siehe z.B. → [www.gft-ev.de/tribologie.htm](http://www.gft-ev.de/tribologie.htm)