

Technik - Hebelarm

Wie funktioniert ein Hebel?

Mit wenigen Materialien erfahren die SchülerInnen wie man sich das Heben von schweren Gegenständen vereinfachen kann.

Zyklus: 3 - 4

Dauer: 20 Minuten

Benötigtes Material

- stabiles Lineal (30 cm)
- Runder Klebestift oder ähnliches
- Gewicht (z. B. ein schweres Buch)
- sechs 1€ Münzen (diese können aber auch durch andere gleich schwere Münzen ersetzt werden)
- farbige Klebepunkte
- ein- oder zweiseitiges Klebeband oder Haftpunkte



Das aufgelistete Material reicht für ein einzelnes Experiment. Je nach Vorgehensweise (SchülerInnenanzahl, Einzel- oder Gruppenarbeit, o.ä.) musst Du die angegebenen Mengen anpassen.

Sicherheitshinweise

Das Experiment ist ungefährlich.

Praktische Tipps

Bei dem Experiment 2B wird ein Lineal an einem Klebestift befestigt. Das funktioniert gut, wenn man aus Klebeband kleine Röllchen formt, bei der die klebrige Seite außen ist. Noch besser funktioniert zweiseitiges Klebeband. Das Lineal sollte recht stabil sein.

Ablauf

Um Dich mit dem Ablauf und dem Material vertraut zu machen, ist es wichtig, dass Du das Experiment im Vorfeld einmal durchführst.

Möchtest Du die SchülerInnen das Experiment dokumentieren lassen? Am Ende dieses Artikels (über der Infobox) findest Du ein Forschertagebuch (zwei A4-Seiten), welches deine SchülerInnen hierfür nutzen können.

Schritt 1: Stellt eine Frage und formuliert Hypothesen

Die Frage, die ihr euch in dieser Einheit stellt, lautet:

Wie funktioniert ein Hebel?

Wissen die SchülerInnen, was ein Hebel ist? Können sie Beispiele nennen, wo Hebel eingesetzt werden? Falls das Wort Hebel ihnen noch nicht bekannt ist,

reicht es oft ein Foto zu zeigen, um das Gespräch voranzuführen. Es gibt viele Beispiele für den Einsatz von Hebeln im Alltag, beispielsweise eine Wippe, ein Bieröffner oder ein Spaten, mit dem die Erde umgegraben wird. Oft wissen SchülerInnen, dass Hebel eingesetzt werden, um schwere Lasten zu heben. Wissen sie auch, wie man einen Hebel richtig einsetzen muss, um sich seine Eigenschaften auch zu Nutzen zu machen?

Halte die Hypothesen der SchülerInnen an der Tafel fest. Die richtige Antwort zu finden ist hier nebensächlich. Es geht vielmehr darum, Ideen zu entwickeln und herauszufinden, was die SchülerInnen bereits wissen.

Schritt 2A: Führt das Experiment durch

Um herauszufinden, wie ein Hebel funktioniert, werdet ihr zwei einfache Experimente durchführen.

- Stelle den SchülerInnen einen runden Klebestift, ein Lineal und ein Wörterbuch zur Verfügung. Du kannst ihnen nun folgende oder ähnliche Anweisung geben: „Hebt das Wörterbuch mit Hilfe der Rolle und des Lineals an. Versucht dabei, so wenig wie möglich Kraft anzuwenden.“
- Die Schüler sollen nun etwas Zeit haben, um dies zu probieren. Schnell werden sie herausfinden, dass sie das Lineal auf die Rolle legen können. Das Buch wird auf die eine Seite des Lineals gelegt während auf der anderen Seite von oben auf das Lineal gedrückt wird, um das Buch anzuheben.



a)



b)

Schritt 3A: Beobachtet was passiert

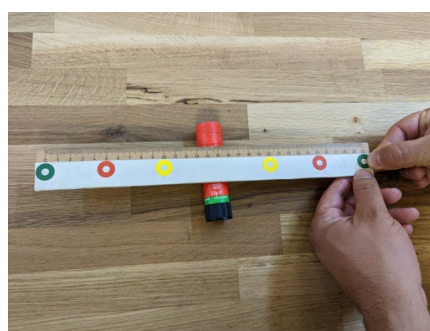
Nach einigen Versuchen werden die SchülerInnen merken: Wenn das Buch nahe an der Rolle liegt und der Punkt, auf welchem sie das Lineal herunterdrücken, weit von der Rolle entfernt liegt, müssen sie weniger Kraft zum Hochheben anwenden.

Schritt 2B: Führt das Experiment durch

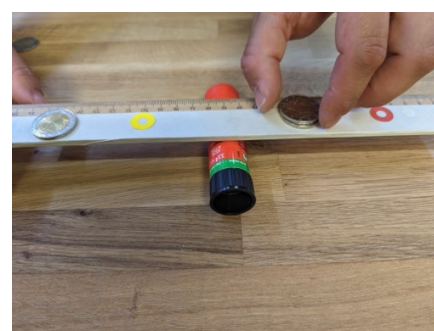
- Stelle den SchülerInnen nun einen Klebestift, Klebestreifen, farbige Klebepunkte und 6 gleiche Münzen zur Verfügung. Sie sollen ihr Lineal genau in seiner Mitte (bei 15cm) mit Hilfe des Klebestreifens an dem Klebestift befestigen. Idealerweise sollte das Lineal nun in der Waage sein, und keine der beiden Seiten sollte die Tischplatte berühren.
- Nun sollen die SchülerInnen zwei gleichfarbige Punkte auf die Markierungen „10 cm“ und „20 cm“ kleben. Auf beide Punkte sollen sie nun eine 1 schreiben. Auf die Markierungen „5 cm“ und „25 cm“ werden zwei weitere Punkte einer anderen Farbe geklebt (hier eine 2 aufschreiben). Das gleiche wird noch einmal wiederholt mit einer dritten Farbe „0 cm“ und „30 cm“ und der Zahl 3.
- Lasse die SchülerInnen nun mit Hilfe der Münzen verschiedene Versuche unternehmen. Es gilt, verschiedene Anzahlen von Münzen auf beiden Seiten vom Lineal an verschiedenen Punkten abzulegen, dabei sollte das Lineal weitmöglichst in der Waage bleiben. Die SchülerInnen sollen dabei das eben erlernte Prinzip vom Hebel im Hinterkopf behalten. Bringen sie es fertig, mit Hilfe einer möglichst kleinen Anzahl an Münzen (z. B. eine) auf der einen Seite des Lineals eine größere Anzahl an Münzen (z. B. zwei oder drei) auf der gegenüberliegenden Seite in der Waage zu halten? Sie können ihre Beobachtungen in der Tabelle im Forschertagebuch festhalten. Es ist nicht einfach das perfekte Gleichgewicht herzustellen. Geduld und Fingerfertigkeit sind gefragt. Auch ein Lineal, das nur für sehr kurze Zeit in der Waage bleibt, kann als Erfolg gewertet werden.



a)



b)



c)

Schritt 3B: Beobachtet was passiert

Je weiter eine Münze auf der einen Seite von der Mitte des Lineals entfernt ist (in unseren Fotos die grünen Punkte), desto mehr Münzen können auf der anderen Seite dicht an der Mitte des Lineals (auf den roten und gelben Punkten) liegen, um das Lineal in die Waage zu bringen. Eine Münze, die sich auf Punkt 2 (rot) befindet, also in zweifacher Entfernung von der Mitte, kann 2 Münzen (das Zweifache) die sich auf Punkt 1 (gelb) befinden, in der Waage halten.

Schritt 4: Erklärt das Ergebnis

In unserem Experiment handelt es sich um einen **zweiarmligen Hebel** (Abbildung 1, s.u.). Die Rolle (der Klebestift) unter der Mitte des Lineals ist dabei der sogenannte Dreh- oder Fixpunkt. Die beiden Lineal-Stücke werden Arme genannt. Meistens wird der längere Arm Hebelarm oder Kraftarm genannt. Mit den Gewichten auf dem Hebelarm wird versucht, den anderen Arm mit der Last, den sogenannten Lastarm, zu heben. Je länger der Hebelarm ist, desto weniger Kraft muss angewendet werden, um ein Gewicht auf der anderen Seite der Rolle hochzuheben.

Hintergrundwissen

Hebel kommen im Alltag recht häufig vor: Brechstange, Hebebaum, Nussknacker mit zwei Schenkeln, klassische Küchenwaagen, Zangen. Sie alle beruhen auf dem Prinzip, dass sich mit einem langen Hebelarm auch mit einer kleinen Kraft eine große Wirkung erzielen lässt. Dieses Prinzip wird schon seit jeher genutzt, um schwere Lasten zu bewegen, wie etwa schwere Felsblöcke mit Hilfe eines Astes.

Hebel sind also eine einfache Art, um Lasten zu heben. Es geht dabei immer darum, die unterschiedlichen Kräfteverhältnisse auf einem langen starren Gegenstand, wie einer Metall- oder Holzstange oder einem Lineal zu nutzen. Der lange starre Gegenstand, der Arm, muss dafür an einem sogenannten Fixpunkt gedreht werden. Vielleicht haben die SchülerInnen schonmal etwas Schweres wie einen Betonsack mit der Schubkarre transportiert. Das geht besonders einfach, wenn der Sack möglichst dicht an der Auflagefläche des Rades (dem Fixpunkt) liegt und die Griffe der Schubkarre so weit hinten wie möglich angefasst werden. Wird der Sack weiter vom Rad entfernt in der Schubkarre abgelegt und die Griffe dicht an der Wanne angefasst, wird es viel schwerer, den Betonsack zu transportieren.

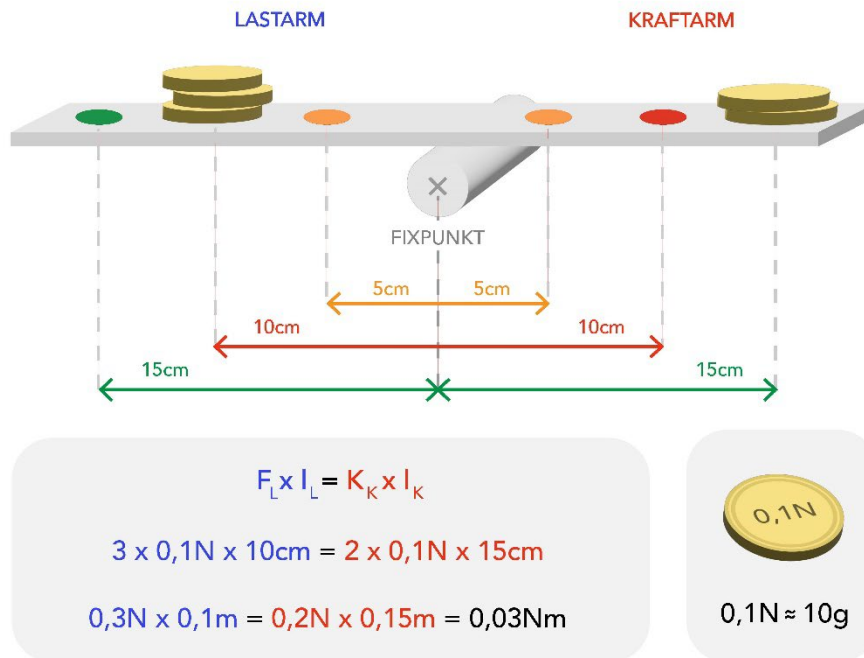
Bei dem Transport von einem Betonsack in einer Schubkarre handelt es sich um ein Beispiel für einen sogenannten einseitigen Hebel (Abbildung 2). Die zu hebende Last (der Betonsack) und der Punkt, an dem die Kraft angewendet wird, um den Betonsack in der Schubkarre zu heben (die Stelle, an dem die Griffe der Schubkarre angefasst werden), liegen auf der gleichen Seite des Fixpunktes. Das Experiment, das die SchülerInnen durchgeführt haben, ist ein Beispiel für einen zweiseitigen Hebel (Abbildung 1). Bei einem zweiseitigen Hebel wirken Last und Kraft auf den gegenüberliegenden Seiten des Fixpunktes. Der Lastarm in dem Experiment ist die Seite, auf der viele Münzen dicht an der Mitte des Lineals liegen. Der Kraftarm ist die Seite, auf der nur eine oder wenige Münzen möglichst weit weg von der Mitte liegen. Warum? Weil wenig Kraft (wenige Münzen) ausreicht, um ein größeres Gewicht (viele Münzen) zu heben, wenn die Abstände von der Mitte richtig gewählt werden. Die Last befindet sich immer dicht an dem Fixpunkt (der Mitte des Lineals, die Stelle, an der der Klebestift fixiert ist). Die Kraft setzt möglichst weit von diesem Fixpunkt entfernt an.

Das Hebelgesetz lautet: Last mal Lastarm ist gleich Kraft mal Kraftarm:

$$F_L \times l_L = F_K \times l_K$$

Die Länge l wird in Metern gemessen, die Kraft F in Newton. Ein Newton entspricht der Kraft, die aufgewendet werden muss, um 1kg innerhalb 1sek auf eine Geschwindigkeit von 1m/sek zu bringen. Es gibt eine Beziehung zwischen dem Gewicht (der Masse) eines Gegenstandes in Kilogramm und der Kraft in Newton (N). 1kg entspricht auf der Erdoberfläche etwa 10 Newton.

(1) EINSEITIGER HEBEL



Die Abstände zwischen den Punkten auf dem Lineal im Experiment waren immer 5cm. Die grünen Punkte waren jeweils 15cm (=0,15m) von der Mitte entfernt, die roten 10cm (=0,1m) und die gelben 5cm (=0,05m). Angenommen, eine Münze wiegt 10g, dann sind das 0,1N. In Abbildung 1 liegen auf der linken Seite 3 Münzen (=0,3N) auf dem Lastarm. Sie sind von der Mitte 10cm (=0,1m) entfernt: $F_L \times l_L = 0,3N \times 0,1m = 0,03 Nm$. Auf der rechten Seite liegen 2 Münzen (=0,2N) auf dem Kraftarm. Sie sind 15cm (=0,15m) von der Mitte entfernt: $F_K \times l_K = 0,2N \times 0,15m = 0,03Nm$. Last mal Lastarm ist gleich Kraft mal Kraftarm. Man kann auch sagen: Die Drehmomente M_1 und M_2 sind gleich. Drehmomente werden in Nm angegeben.

$$M_1 = M_2$$

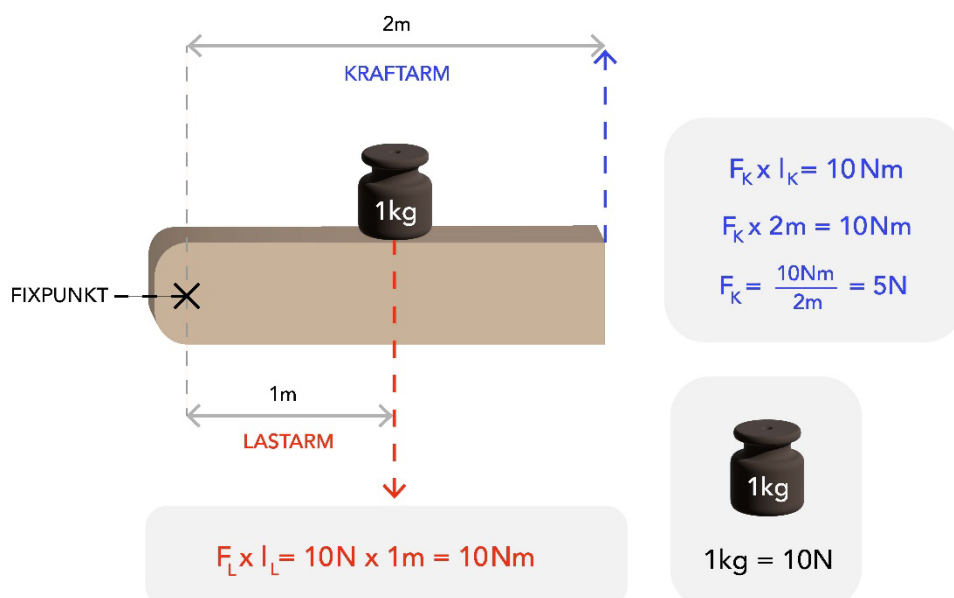
$$M_1 = F_L \times l_L$$

$$M_2 = F_K \times l_K$$

Bei einem einseitigen Hebel sind der Lastarm und der Kraftarm auf demselben Gegenstand lokalisiert (Abbildung 2). Der Lastarm reicht vom Fixpunkt bis zu der Stelle, wo das Gewicht steht. Der Kraftarm reicht vom Fixpunkt bis zu der Stelle, wo der Arm angehoben werden soll. Wenn das Gewicht 1kg wiegt, so entspricht das

10N. Da das Gewicht 1m von dem Fixpunkt entfernt ist, gilt: $F_L \times l_L = 10\text{N} \times 1\text{m} = 10\text{Nm}$. Es wird also eine Kraft von 10Nm benötigt, um das Gewicht zu heben: $F_K \times l_K = 10\text{Nm}$. Da der Arm in 2m Entfernung von dem Fixpunkt angehoben werden soll, ist $F_K \times 2\text{m} = 10\text{Nm}$. Die Kraft, die benötigt wird, ist $F_K = 10\text{Nm}/2\text{m} = 5\text{N}$. Das ist nur die Hälfte von der Gewichtskraft von 1kg.

(2) ZWEISEITIGER HEBEL



Autoren: Olivier Rodesch (script), Marianne Schummer (script), Insa Gölzow (scienceRelations)

Redaktion: Michèle Weber (FNR)

Konzept: Jean-Paul Bertemes (FNR), Michèle Weber (FNR); Joseph Rodesch (FNR), Yves Lahur (script)

Illustrationen: Weronika Michalska (scienceRELATIONS)