

## Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Die Historiker gehen davon aus, dass ein wesentlicher Beitrag in der Entwicklung des heutigen Menschen die Erfindung von **Werkzeugen** war. Zangen, Brechstangen, Scheren, Schraubenschlüssel und viele andere Werkzeuge funktionieren nach den physikalischen Prinzipien, die das **Hebelgesetz** beschreibt. Erste einfache Werkzeuge wären ohne dieses Gesetz nicht denkbar gewesen. Die Urmenschen kannten Äxte, Beile und Messer, die als Hebel eingesetzt werden konnten. Im alten Ägypten waren neben der schiefen Ebene auch Flaschenzüge und vor allem das Hebelgesetz bekannt.

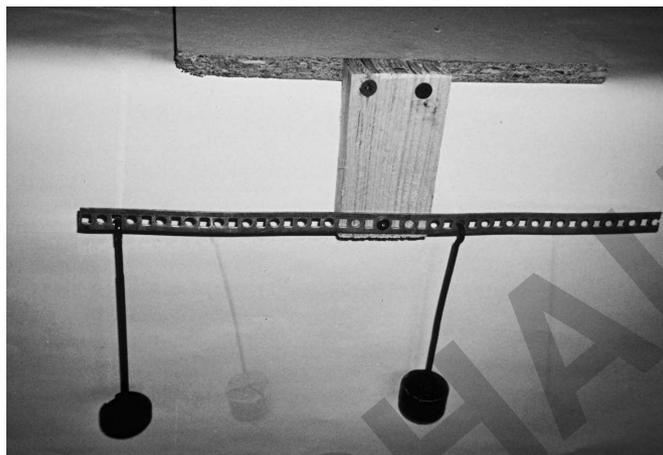


Foto: J. Baum

Selbst gebaute Versuchsanordnung zur Entdeckung des Hebelgesetzes

Als Entdecker des Hebelgesetzes gilt der Grieche **Archimedes von Syrakus** (etwa 287 v. Chr.–212 v. Chr.). Archimedes lebte in Syrakus auf Sizilien, einer griechischen Kolonie. Neben der Berechnung der Kreiszahl  $\pi$ , dem Nachweis des Prinzips des Auftriebs in Flüssigkeiten und der Beschreibung des Hebelgesetzes gelang ihm die Konstruktion der ersten Schraubepumpe (archimedische Schraube) und mehrerer Kriegsmaschinen, die bei der Verteidigung von Syrakus gegen die Römer eingesetzt wurden.

Auch der heutige Mensch benutzt unbewusst beim Heben und Tragen das Hebelgesetz. Ohne Hebelgesetz würden Zahnräder, Kinderwippen oder Flaschenzüge, ja selbst ein Flaschen- oder Dosenöffner nicht funktionieren. Häufig benutzen wir Papierlocher, Türklinken oder Wippschalter, bei denen das Hebelgesetz wirksam wird.

### Fachlicher Hintergrund

Das **Hebelgesetz** lautet:

„Kraftarm • Kraft“ = „Lastarm • Last“,

wenn sich der zweiseitige Hebel im Gleichgewicht befindet und die Kräfte senkrecht am Hebel angreifen. Analoges gilt auch für den einseitigen Hebel, wobei sich hier Kraft und Last bzw. Kraftarm und Lastarm auf der gleichen Seite des Drehpunktes befinden. Aber die Kraftersparnis ist die gleiche.

Das Hebelgesetz wird mithilfe einer selbst gebauten **Versuchsanordnung** (siehe Foto oben) selbstständig von Ihren Schülern abgeleitet.

<sup>1</sup> **Andere Formulierung:** Die Summe der rechtsdrehenden Momente ist so groß wie die Summe der linksdrehenden Momente:  $M_{d', \text{links}} = M_{d', \text{rechts}}$ . Dabei ist das Drehmoment das Produkt aus der Kraft  $F$  und der Länge des Hebels in der Einheit Nm.

## Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

| Allg. physikalische Kompetenz | Inhaltsbezogene Kompetenzen<br>Die Schüler ...   | Anforderungsbereich |
|-------------------------------|--|---------------------|
| E 8                           | ... bauen selbstständig eine Versuchsanordnung (M 1),  | I                   |
| E 8                           | ... planen ein einfaches Experiment und führen es durch (M 2),   | II                  |
| E 1                           | ... beschreiben Phänomene und führen sie auf bekannte physikalische Zusammenhänge zurück (M 2),              | II                  |
| E 9                           | ... werten die experimentell gewonnene Daten aus und entdecken ein neues Gesetz (M 2),                       | II                  |
| K 1                           | ... tauschen sich über ihre physikalischen Erkenntnisse und deren Anwendungen aus (M 2).                     | I, II               |
| F 1                           | ... gehen mit den Begriffen „Kraft“ (und „Drehmoment“) souverän um (M 4, M 5),                               | I                   |
| K 1                           | ... holen sich Hilfe mit einer Tippkarte (M 6),  | I                   |
| F 2, F 3, F 4                 | ... wenden ihre neuen Kenntnisse in verschiedenen Kontexten an und nutzen sie zur Lösung von Aufgaben (M 7), | I, II               |
| E 4                           | ... wenden einfache Formen des Mathematisierens an (M 7),  | II, III             |

I/B

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 41.

**Inhalt****Bauanleitung und Schülerexperiment (M 1 und M 2):**

Eine Bauanleitung für ein Experimentiergerät zum Nachweis des Hebelgesetzes am zweiseitigen Hebel (M 1). Die Schüler formulieren selbstständig das Hebelgesetz (M 2). Sie kontrollieren ihre Rechnungen mithilfe der Versuchsanordnung.

**Einseitiger Hebel (M 4):**

Schraubenschlüssel, Kaffeemühle, Pfeffermühle, Schubkarre, Nussknacker und Fenstergriff sind einige schülernahe Beispiele für einseitige Hebel. In Form eines **Brainstormings** finden Ihre Schüler weitere Beispiele von Dingen, die sie täglich einsetzen.

**Zweiseitiger Hebel (M 5):**

Schranke, Kran, Radmutternschlüssel, Balkenwaage und Kinderwippe sind Beispiele für zweiseitige Hebel. Auch hier finden Ihre Schüler weitere Beispiele von Gegenständen, die sie täglich einsetzen.

**Übungsaufgaben und Lernerfolgskontrolle (M 7):**

Ihre Schüler festigen und vertiefen ihr Wissen.

## Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit    SV = Schülerversuch    Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt  
 ⌚ D = Durchführungszeit    LV = Lehrerversuch    Fo = Folie

|            |             |   |
|------------|-------------|---|
| <b>M 1</b> | <b>SV</b>   | <b>Wir entdecken das Hebelgesetz – eine Bauanleitung</b>  |
|            | ⌚ V: 20 min | <input type="checkbox"/> Grundplatte  |
|            | ⌚ D: 70 min | <input type="checkbox"/> Vierkantholz   |
|            |             | <input type="checkbox"/> Lochband (1 cm x 40 cm x 1 mm)   |
|            |             | <input type="checkbox"/> Holzschrauben verschiedener Größe  |
|            |             | <input type="checkbox"/> Spaltgewichte samt Halter (Phywe, 10 g und 50 g) mit eindeutigen Angaben |
|            |             | <input type="checkbox"/> 2 Newtonmeter  |
| <b>M 2</b> | <b>Ab</b>   | <b>Wir formulieren das Hebelgesetz für den zweiseitigen Hebel</b>                                 |
|            | ⌚ V: 15 min | <input type="checkbox"/> Experimentelle Anordnung aus Material <b>M 1</b>                         |
|            | ⌚ D: 30 min |   |
| <b>M 3</b> | <b>Fo</b>   | <b>Einseitige oder zweiseitige Hebel?</b>   |
|            | ⌚ V: 5 min  |   |
|            | ⌚ D: 20 min |   |
| <b>M 4</b> | <b>Ab</b>   | <b>Der einseitige Hebel</b>   |
|            | ⌚ V: 5 min  |   |
|            | ⌚ D: 20 min |   |
| <b>M 5</b> | <b>Ab</b>   | <b>Der zweiseitige Hebel</b>  |
|            | ⌚ V: 5 min  |   |
|            | ⌚ D: 20 min |   |
| <b>M 6</b> | <b>Tipp</b> | <b>Der zweiseitige Hebel – Tippkarte</b>  |
| <b>M 7</b> | <b>Ab</b>   | <b>Übungen zum zweiseitigen Hebel – LEK</b>   |
|            | ⌚ V: 5 min  |   |
|            | ⌚ D: 40 min |   |

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 13.

### Minimalplan

Sie beschränken sich auf die Materialien **M 3–M 5** bzw. **M 7**. Das Hebelgesetz führen Sie im Frontalunterricht ein. Mit **M 7** festigen Ihre Schüler das Gelernte.

Dies empfiehlt sich aber nur dann, wenn wirklich sehr wenig Zeit zur Verfügung steht. Mehr Spaß macht Ihren Schülern sicher, das Experiment (**M 2**) durchzuführen. Auch bleibt ein Gesetz länger hängen, wenn man es selbst „entdeckt“ hat.

I/B

### M 3 Einseitige oder zweiseitige Hebel?

I/B



© iStock/Thinkstock

Zange



© iStock/Thinkstock

Türklinke



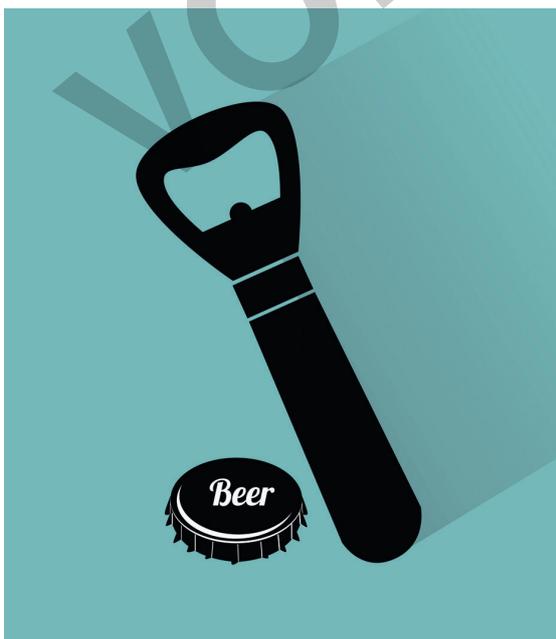
© iStock/Thinkstock

Kaffeemühle



© iStock/Thinkstock

Schubkarre



© iStock/Thinkstock

Flaschenöffner



© iStock/HoleInTheBucket

Kran

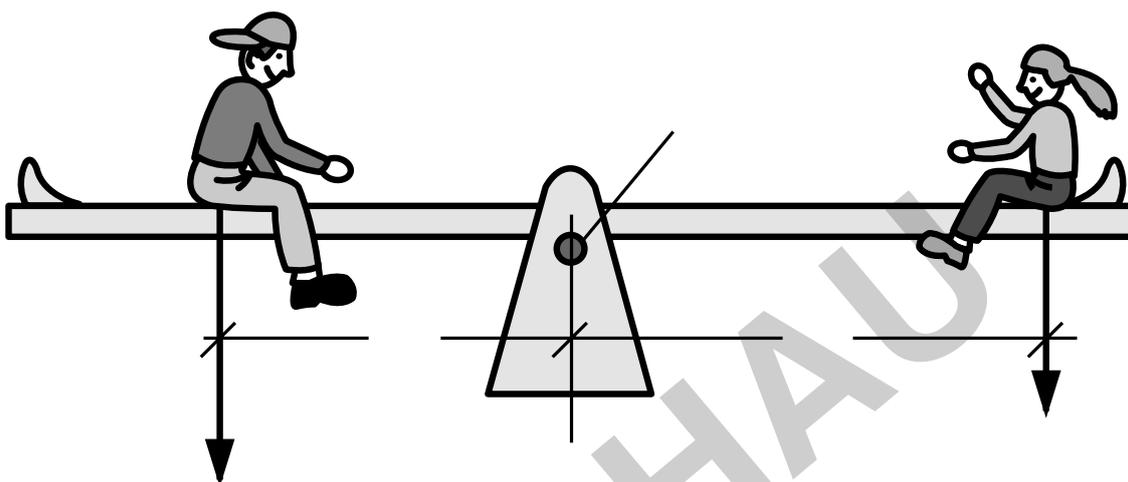
## M 6 Der zweiseitige Hebel – Tippkarte



### Die Kinderwippe

**Aufgabe:** Trage die Begriffe „Kraft“ ( $F_1$ ), „Kraftarm“ ( $l_1$ ) und „Last“ ( $F_2$ ), „Lastarm“ ( $l_2$ ) bzw. „Drehpunkt“ (D) ein bzw. einfach die Abkürzungen.

I/B

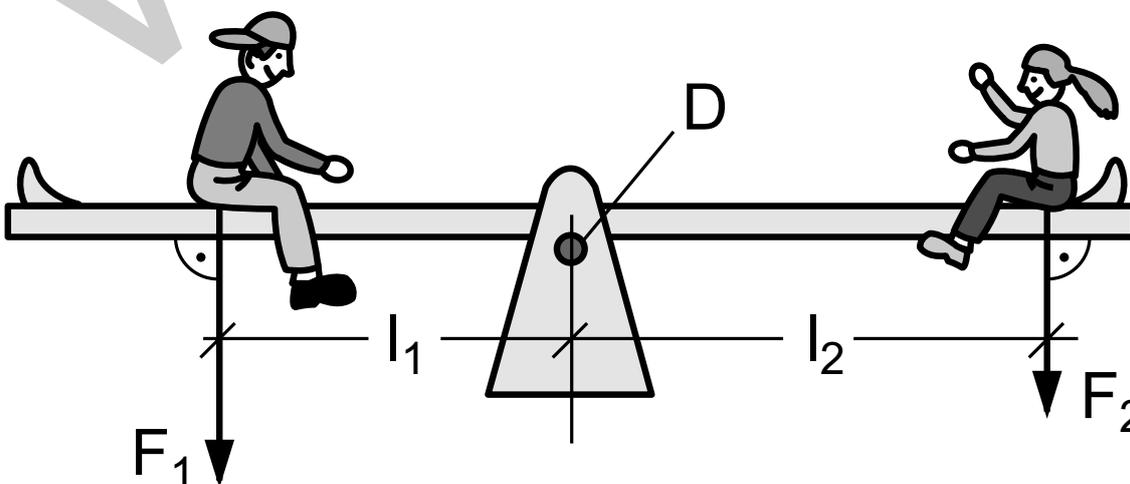


### Lösung

Das **Hebelgesetz** lautet:

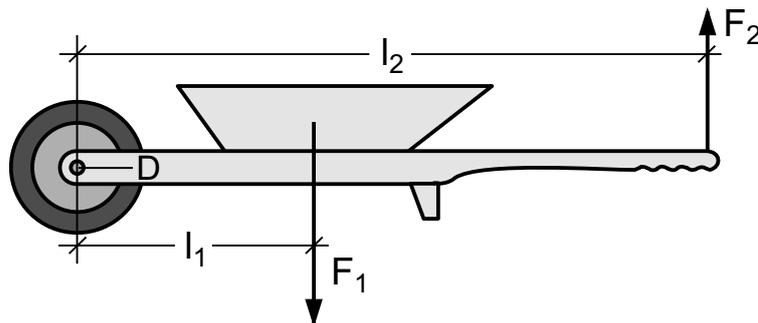
„Kraftarm • Kraft“ = „Lastarm • Last“,

wenn sich der zweiseitige Hebel im Gleichgewicht befindet und die Kräfte senkrecht am Hebel angreifen.



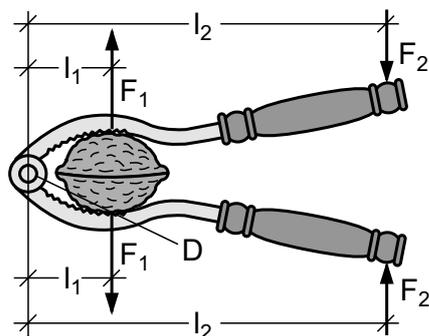
I/B

## c) Schubkarre



$F_1$  = Gewichtskraft  
 $F_2$  = Hebelkraft  
 $l_1$  = Lastarm  
 $l_2$  = Kraftarm

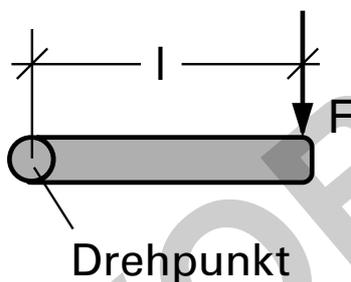
## d) Nussknacker



$l_1$  = Lastarm,  $F_1$  = Kraft, die die Nuss auf den Nussknacker ausübt = Last

$l_2$  = Kraftarm;  $F_2$  = Kraft, die durch die Hand aufgebracht wird

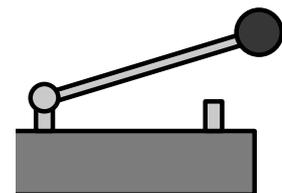
## e) Fenstergriff



Zur **Binnendifferenzierung** geben Sie den Schraubenschlüssel, die Kaffee-/Pfeffermühle und den Fenstergriff an leistungsschwache Schüler, die Schubkarre und den Nussknacker an leistungsstarke Schüler.

## 2. Weitere Beispiele für einseitige Hebel:

Türgriff, Flaschenöffner, Schalter (siehe Abb. unten), Unterarm, Pinzette

3. Ergänzung des Satzes: Das Drehmoment eines einseitigen Hebels ist abhängig von der Länge des Hebelarms und der Größe der Kraft.

Skizze eines Schalters