

Experimente-Kartei: Statische Mechanik

von Peter Gebhardt-Seele, Mai 1998



III. Hebel

übersetzt, etwas verändert und gestaltet von Thomas Helmle, 74535 Mainhardt, Juni 2004

Experimente-Kartei: Statische Mechanik

von Peter Gebhardt-Seele, Mai 1998

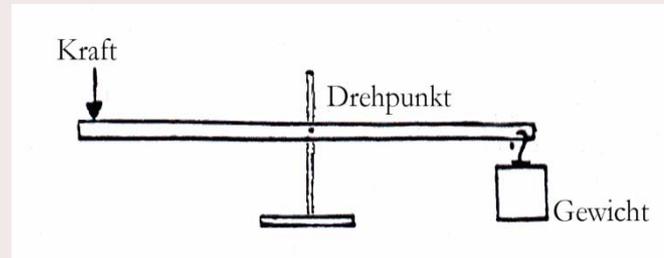


III. Hebel – Erklärungen

Hebel erster Ordnung

Materialien:

Ständer, Hebel, Gewichte



Arbeitsauftrag:

1. Stelle den Hebel so ein, dass er genau in der Mitte des Ständers platziert ist.
2. Hänge ein Gewicht an ein Ende des Hebels.
3. Ziehe am anderen Ende des Hebels.

Frage:

Wie kannst du den Hebel ins Gleichgewicht bringen?

Hebel erster Ordnung

Beobachtung:

Um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen, muss man an dem Ende nach unten drücken, das dem Gewicht gegenüber liegt.

Erklärung:

Die Stelle, an der ein Hebel befestigt ist, nennt man **Drehpunkt**. Den Abstand vom Gewicht zum Drehpunkt nennt man **Hebelarm**.

Wenn der **Drehpunkt zwischen dem Gewicht und dem Punkt, an dem die Kraft ansetzt**, liegt, nennt man den Hebel einen **Hebel erster Ordnung**.

Beispiele:

Wippe, Schere, Brecheisen, Pumpenschwengel

Drehmoment spüren

Materialien:

Ständer, Hebel, Gewichte

Arbeitsauftrag:

1. Baue den Hebel so ein, dass der Drehpunkt genau in der Mitte des Hebels sitzt.
2. Hänge ein Gewicht an ein Ende des Hebels.
3. Greife den Hebel mit deiner Hand am Drehpunkt (um ihn herum) und versuche ihn in einer waagrechten Stellung im Gleichgewicht zu halten. (Dabei musst du dein Handgelenk drehen.)
4. Tausche das Gewicht gegen leichtere und schwerere Gewichte aus. Hänge sie an unterschiedliche Stellen des Hebels.

Frage:

Welche Kräfte spürst du auf deine Hand, dein Handgelenk einwirken?

Drehmoment spüren

Beobachtung:

Der Hebel übt eine drehende Kraft auf deine Hand aus, die du dadurch auszugleichen versuchst, indem du dagegen drehst.

Erklärung:

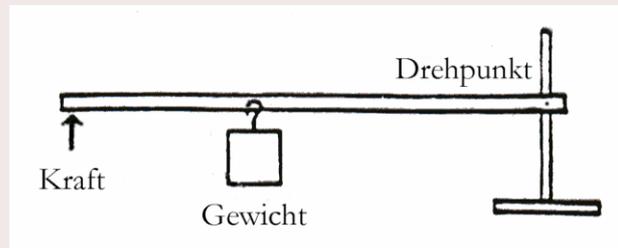
Die drehende Kraft, die der Hebel auf dein Handgelenk ausübt, nennt man **Drehmoment**.

Das Drehmoment wird größer, wenn das Gewicht zunimmt oder der Hebelarm länger wird.

Hebel zweiter Ordnung

Materialien:

Ständer, Hebel, Gewichte



Arbeitsauftrag:

1. Befestige ein Ende des Hebels am Ständer.
2. Halte die andere Seite des Hebels mit einer Hand fest.
3. Hänge das Gewicht zwischen den Ständer (Drehpunkt) und deine Hand.
4. Bewege den Hebel nach oben.

Fragen:

Wie viel Kraft musst du aufwenden um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen – mehr, weniger oder gleich viel als das Gewicht ausübt?

Hebel zweiter Ordnung

Beobachtung:

Du musst das Ende hochheben, um den Hebel zweiter Ordnung ins Gleichgewicht zu bringen. Die Kraft, die du aufwenden musst, ist geringer als die, die das Gewicht ausübt.

Begriffs-Erklärung:

Wenn das Gewicht zwischen dem Drehpunkt und dem Punkt, an dem die Kraft wirkt, hängt, nennt man den Hebel einen **Hebel zweiter Ordnung**.

Beispiele:

Nussknacker, Papierschneidemaschine, Schubkarren

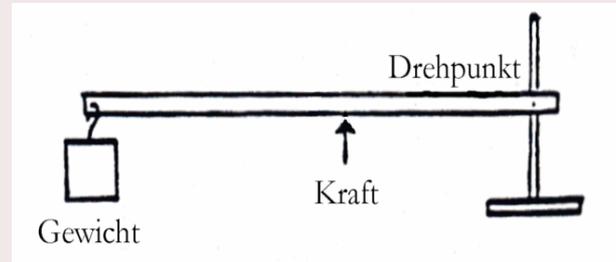
Hebel dritter Ordnung

Materialien:

Ständer, Hebel, Gewichte

Arbeitsaufträge:

1. Hänge das Gewicht an ein Ende des Hebels.
2. Halte mit einer Hand den Ständer fest.
3. Bewege den Hebel mit der anderen Hand zwischen dem Gewicht und dem Ständer nach oben.



Fragen:

Musst du gleich viel, mehr oder weniger Kraft aufwenden, um den Hebel nach oben zu bewegen als das Gewicht ohne Hebel ausüben würde?
 Probiere es an verschiedenen Stellen des Hebels aus.

Hebel dritter Ordnung

Beobachtung:

Bei einem Hebel dritter Ordnung musst du die Mitte des Hebels anheben, um ihn ins Gleichgewicht zu bringen. Die Kraft, die du aufbringen musst, um ihn ins Gleichgewicht zu bringen, ist immer größer als die Kraft, die das Gewicht ohne Hebel ausüben würde. Wenn du den Hebel näher am Gewicht anfasst, ist es nur ein bisschen mehr, wenn du aber näher an den Drehpunkt heranrückst, wird es deutlich mehr.

Begriffs-Erklärung:

Wenn die Kraft an einer Stelle zwischen dem Gewicht und dem Drehpunkt ansetzt, nennt man den Hebel einen **Hebel dritter Ordnung**.

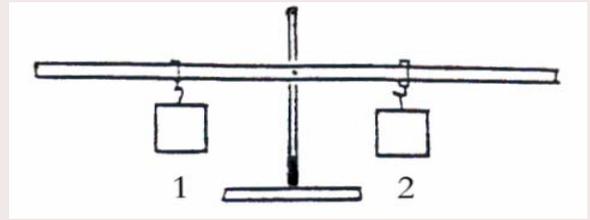
Beispiele:

Schaufel, Zuckerrange, Angelrute

Nutzen eines Hebels erster Ordnung

Materialien:

Satz mit Haken-Gewichten
(mehrere 100g-Stücke), Hebel, Ständer



Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch wie in der Zeichnung auf.
2. Hänge ein 100 g-Gewicht an die Seite 1 mit 2 dm (20cm) Abstand vom Drehpunkt. (Länge des ersten Hebelarmes = 2 dm)
3. Hänge an die Seite 2 genügend 100 g-Gewichte – bei 2 dm Abstand vom Drehpunkt – um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen (Länge des zweiten Hebelarmes = 2 dm).
4. Das Gewicht 1 soll weiterhin 100 g Masse haben und 2 dm vom Drehpunkt entfernt sein. Hänge nun das zweite Gewicht 1 dm vom Drehpunkt entfernt auf (Länge des zweiten Hebelarmes = 1 dm). Hänge genügend 100 g-Gewichte auf die Seite 2 um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen.
5. Hänge das erste Gewicht bei 4 dm Abstand vom Drehpunkt auf (Länge des ersten Hebelarmes = 4 dm). Wähle das zweite Gewicht so, dass es den Hebel ins Gleichgewicht bringt.
6. Wiederhole den 4. und 5. Auftrag mit einem 200 g-Gewicht bei 2 dm Länge des ersten Hebelarmes. Probiere auch 400 g für das erste Gewicht aus.

Fragen:

Was beobachtest du?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Länge des Hebelarmes und der Masse der Gewichte?

Nutzen eines Hebels erster Ordnung

Beobachtung:

Wenn auf einer Seite der Hebelarm länger ist, braucht man weniger Kraft um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen. Wenn der Hebelarm kürzer ist, benötigt man mehr Kraft.

Erklärung:

Einen Hebel kannst du benutzen um deine Kraft zu vergrößern.

Beispiele:

Brecheisen, Zangen

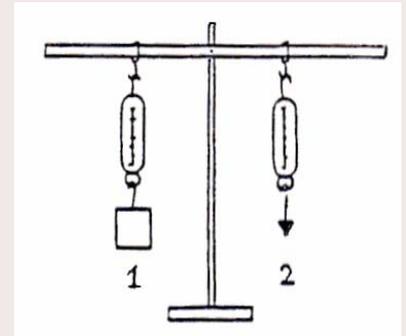
Kräfte beim Hebel erster Ordnung

Materialien:

Ständer, Hebel, Gewichte, 2 Federwaagen mit max. 5 N

Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch so wie in der Zeichnung auf.
2. Hänge die Federwaage auf der ersten Seite bei 2 dm auf (Länge des ersten Hebelarmes = 2 dm) und hänge Gewichte daran, so dass 1 N angezeigt wird.
3. Auf der zweiten Seite, bei 2 dm (die Länge des zweiten Hebelarmes beträgt zwei dm), hängt die andere Federwaage. Ziehe daran und miss die Kraft 2, wenn der Hebel im Gleichgewicht ist.
4. Die Kraft 1 soll weiterhin 1 N bei 2 dm Hebelarm bleiben. Setze die Kraft 2 bei 1 dm Abstand vom Drehpunkt an (Länge des Hebelarmes 2 beträgt dann 1 dm). Ziehe so, dass der Hebel im Gleichgewicht ist. Lies die Kraft 2 ab.
5. Setze die Kraft 2 bei 4 dm Abstand vom Drehpunkt an (Länge des Hebelarmes 2 beträgt 4 dm). Ziehe so, dass der Hebel im Gleichgewicht ist. Lies die Kraft 2 ab.
6. Die erste Kraft soll jetzt mit 2 N bei 2 dm Länge des ersten Hebelarmes ansetzen. Wiederhole den vierten und fünften Auftrag (auch mit 4 N).



Fragen:

Wenn auf der ersten Seite der Hebelarm doppelt so lang wie auf der zweiten Seite ist, welche Kraft benötigt man, um den Hebel im Gleichgewicht zu halten (halbe, gleiche, doppelte, gedrittelte, ...)?
Wie ist es, wenn der Hebelarm halbiert ist?

Kräfte beim Hebel erster Ordnung

Beobachtungen:

Wenn der Hebelarm auf der ersten Seite doppelt so lang wie auf der zweiten Seite ist, braucht man die Hälfte der Kraft, um den Hebel ins Gleichgewicht zu bringen.

Wenn der Hebelarm nur halb so lang ist, benötigt man die doppelte Kraft.

Drehmoment

Materialien:

Ständer, Hebel, Satz mit Haken-Gewichten, 2 Federwagen max. 5 N

Arbeitsaufträge:

1. Wiederhole alle Arbeitsaufträge der Karte „Hebel 6“ oder mache dir Aufzeichnungen von diesen Übungen.
2. Berechne alle Produkte von:

Kraft · Hebelarm

Gewicht · Hebelarm

$$F_1 \cdot l_1$$

$$F_2 \cdot l_2$$

(Gewicht und Kraft sind nur verschiedene Wörter für den gleichen physikalischen Begriff. Deshalb benutzen wir auch für das Gewicht den Buchstaben F.)

Fragen:

Für den Hebel im Gleichgewicht: Sind die beiden Produkte jeweils gleich oder unterschiedlich?

Drehmoment

Beobachtung:

Bei einem Hebel im Gleichgewicht sind die beiden Produkte immer gleich.

Erklärung:

Wir sagen: „**Kraft · Hebelarm = Drehmoment**“ oder

$$F \cdot l = D$$

Das Drehmoment des Gewichtes auf der Seite 1 versucht den Hebel am Drehpunkt zu drehen.

Das Drehmoment auf der zweiten Seite versucht den Hebel in der entgegengesetzten Richtung zu drehen. Wenn beide Drehmomente die gleiche Stärke haben, ist der Hebel im Gleichgewicht und er steht still: $D_1 = D_2$.

Die Maßeinheit für das Drehmoment ist Ncm (Newton-Zentimeter).

Arbeit

Materialien:

Hebel, Satz mit Haken-Gewichten, 2 Federwagen max. 5 N, Ständer

Arbeitsaufträge:

1. Wiederhole die Arbeitsaufträge der Karte „Hebel 6“. Aber dieses Mal sollst du auch die Abstände d_1 und d_2 messen, die sich die Haken auf den beiden Seiten hoch, bzw. runter bewegen (in Zentimetern).
2. Berechne alle Produkte von:

Kraft · Abstand

$$F_1 \cdot d_1$$

Gewicht · Abstand

$$F_2 \cdot d_2$$

Frage:

Sind die beiden Produkte bei einer Bewegung des Hebels immer gleich oder sind sie unterschiedlich?

Arbeit

Beobachtung:

Für die gleiche Bewegung des Hebels sind die zwei Produkte immer gleich.

Erklärung:

Wir sagen: „**Kraft · Weg = Arbeit**“.

Auf der zweiten Seite beschreibt dieses Produkt die Arbeit, die am Hebel verrichtet wird.

Weil der Hebel selbst die Arbeit nicht verbraucht, wird die Arbeit dazu verwendet das Gewicht auf Seite 2 hoch zu heben.

Die Arbeit, die beim Herunterziehen auf Seite 2 verrichtet wird, wird durch das Produkt $F_2 \cdot d_2 = W_2$ ausgedrückt. Die Arbeit, die beim Hochheben des Gewichtes auf Seite 1 verrichtet wird, wird durch das Produkt $F_1 \cdot d_1 = W_1$ ausgedrückt.

Diese beiden Produkte sind gleich:

$$F_2 \cdot d_2 = W_2$$

$$F_1 \cdot d_1 = W_1$$

$$W_1 = W_2.$$

Der Hebel wandelt die Arbeit nur um. Du kannst mit dem Hebel keine Arbeit einsparen.

Die Maßeinheit für Arbeit ist Ncm (Newton-Zentimeter).

Eine andere Maßeinheit ist ein Joule (J): 100 Ncm = 1 J; 1 Nm = 1 J.

Energie

Materialien:

Hebel, Satz mit Haken-Gewichten, Ständer

Arbeitsaufträge:

1. Baue den Versuch mit einem Hebel erster Ordnung wie in der Zeichnung auf:
 $l_1 = 10 \text{ cm}$, $l_2 = 50 \text{ cm}$, $F_1 = 5 \text{ N}$; wähle F_2 so, dass der Hebel im Gleichgewicht ist.
2. Bewege die Seite 2 abwärts, miss und notiere die zurückgelegten Wege auf den beiden Seiten.
3. Berechne die Produkte der Arbeit: $F_1 \cdot d_1 = W_1$, $F_2 \cdot d_2 = W_2$.
4. Bewege die Gewichte langsam rauf und runter. Bedenke die Arbeit, die durch das Herunterziehen des einen Gewichtes verrichtet wurde. Derselbe Wert an Arbeit kam beim Hochziehen des anderen Gewichtes zum Tragen.

Frage:

Sind die beiden Produkte bei einer Bewegung des Hebels immer gleich oder sind sie unterschiedlich?

Energie

Beobachtung:

Für die gleiche Bewegung des Hebels sind die zwei Produkte immer gleich.

Erklärung:

Während sich das zweite Gewicht abwärts bewegt, verrichtet es Arbeit – nach dem Gesetz: Kraft · Weg = Arbeit. Diese Arbeit wird angewandt, um das Gewicht 1 hochzuheben. Folglich ist die Arbeit in die Möglichkeit (Potential) des jetzt hochgehobenen Gewichtes umgewandelt worden, dieselbe Arbeit später zu wiederholen. Du kannst von dieser Möglichkeit Gebrauch machen, indem du das Gewicht 1 abwärts bewegst, so dass dessen Potential das Gewicht 2 hoch hebt.

Die Möglichkeit eine Arbeit auszuführen, nennt man **Energie**. Wenn ein Gewicht hoch gezogen wird, besitzt es **potentielle Energie** – hier: Lage-Energie. Wenn sich das Gewicht abwärts bewegt, wird seine **Energie** in **Arbeit** umgewandelt, die dann zu dem anderen Gewicht gebracht wird und dort wieder als **potentielle Energie** gespeichert ist.

Die Maßeinheit für **Energie** ist die gleiche wie für die **Arbeit**: **Ncm** oder **Joule (J)**.

weitere Arbeitsaufträge:

5. Bewege verschiedene Gewichte langsam auf und ab. Denke darüber nach, wie die Energie von einem Gewicht zum anderen fließt und wieder zurück zum ersten.
6. Nimm das zweite Gewicht ab und ziehe mit deiner Hand. Woher kommt die gespeicherte Energie im ersten Gewicht jetzt?

Statische Mechanik – Hebel

– Übersicht –

(+ E bedeutet Erklärungsseite)

weiterführend	
1. Hebel erster Ordnung	+ E
2. Drehmoment spüren	+ E
3. Hebel zweiter Ordnung	+ E
4. Hebel dritter Ordnung	+ E
5. Nutzen eines Hebels erster Ordnung	+ E
6. Kräfte beim Hebel erster Ordnung	+ E
Messen und Rechnen	
1. Drehmoment	+ E
2. Arbeit	+ E
3. Energie	+ E