

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Das Hebelgesetz am Fahrrad erkunden

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



Das Hebelgesetz am Fahrrad erkunden

Stefan Völker und Eric Ackermann, Jena

Kraftumformende Einrichtungen und das damit verbundene **Hebelgesetz** sind fester Bestandteil der **Mechanik** im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. Aber auch im Alltag stößt man ständig auf Hebel (z. B. beim Öffnen einer Tür mit einer Türklinke). Alle wenden das Hebelgesetz unbewusst, aus dem Bauch heraus, richtig an.

Im Physikunterricht formalisieren Sie dieses Wissen und fassen es als physikalisches Gesetz. Dieses wenden Sie dann auf weitere Alltagsbeispiele an, um so die enge Verzahnung zwischen Physik und Realität aufzuzeigen.

Das Fahrrad bietet Ihnen hierfür den geeigneten Kontext. Das Material lädt dazu ein, einige der Hebel am Fahrrad zu untersuchen. Durch die unterschiedlichen Bauformen und Aufgaben der Hebel können Ihre Schüler ihr Wissen zum Hebelgesetz anwenden und vertiefen – und das an einem wirklich alltäglichen Objekt!



Foto (ohne Pfeile): Pixiland/Thinkstock

Abb. 1: Zahlreiche Kräfte spielen beim Fahrradfahren eine Rolle.

**Bremsgriff, Bremse, Pedal –
das Fahrrad ist voller Hebel!**

Der Beitrag im Überblick

Klasse: 7/8

Dauer: 2–4 h

Ihr Plus:

- ✓ Alltagsnaher Kontext
- ✓ Gruppenarbeit
- ✓ Schülervorträge

Inhalt:

- Das Hebelgesetz an verschiedenen Bauteilen des Fahrrades (Bremsgriff, Bremse, Pedale und Hinterrad) festigen
- Verknüpfung zur Goldenen Regel der Mechanik
- Verknüpfung zu Reibungskräften
- Die Gangschaltung mit dem Hebelgesetz verstehen
- Experimente mit Fahrradbauteilen

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Fachlicher Hintergrund

Greift eine Kraft \vec{F} an einem drehbar gelagerten, ausgedehnten Körper an, so wird dieser dadurch in **Rotation** versetzt. Entscheidend ist dafür neben der Kraft auch der Abstand \vec{r} zwischen Drehachse und Angriffspunkt der Kraft (vgl. Abb. 2).

Das Drehmoment \vec{M} ist das Kreuzprodukt der Vektoren \vec{r} und \vec{F}

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}. \quad (1)$$

Es hat für die Rotation die gleiche Bedeutung wie die Kraft für die Translation. Mithilfe des Winkels φ kann der Betrag des Drehmoments als

$$M = r \cdot F \cdot \sin\varphi \quad (2)$$

berechnet werden ($M = |\vec{M}|$, $r = |\vec{r}|$ und $F = |\vec{F}|$).

Im Falle von $\varphi = 90^\circ$ und damit $\sin\varphi = 1$ vereinfacht sich Gleichung (2) zu

$$M = r \cdot F. \quad (3)$$

Greifen an einem Körper mehrere Drehmomente an, lassen sich diese gemäß den Gesetzen der Vektorrechnung zum resultierenden Drehmoment addieren.

Ein Hebel ist beispielsweise solch ein ausgedehnter, drehbar gelagerter Körper, an dem in der Regel mindestens zwei Kräfte angreifen (Kraft und Last) und damit zwei Drehmomente wirken.

Sind beide Drehmomente gleich groß, aber entgegengerichtet, heben sie sich auf und der Hebel ist im **Gleichgewicht**.

Betrachtet man zudem den einfachen Fall, dass Kraft und Hebelarm aufeinander senkrecht stehen ($\varphi = 90^\circ$), folgt aus der Gleichheit der Drehmomente das bekannte Hebelgesetz

„**Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm**“

$$F_1 \cdot r_1 = F_2 \cdot r_2. \quad (4)$$

Kraft- und Lastarm sind dabei die Abstände zwischen dem Drehzentrum und den Angriffspunkten der jeweiligen Kraft. Es ist nicht notwendig, dass der eigentliche Hebelarm diese beiden Punkte direkt miteinander verbindet (vgl. **M 1**), auch wenn dies beim klassischen Demonstrationshebel aus der Physiksammlung der Fall ist.

In vielen Alltagssituationen findet man, dass Kraft und Kraftarm nicht senkrecht aufeinander stehen, so auch beim **Bremsgriff** eines Fahrrades (vgl. Abb. 3 auf der nächsten Seite). Da die Winkel α und β zudem unterschiedlich sind, muss Gleichung (2) zur Berechnung des Drehmoments verwendet werden. Um diese zusätzliche Komplikation zu umgehen, wurden alle Skizzen der Fahrradbauteile in diesem Beitrag geringfügig angepasst, sodass stets $\varphi = 90^\circ$ gilt, und Ihre Schüler das bereits bekannte Hebelgesetz verwenden können (vgl. Sie hierzu Abb. 3 mit Abb. 14).

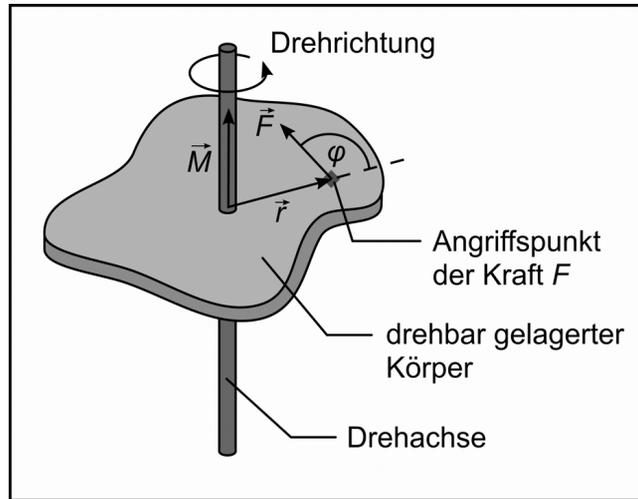


Abb. 2: Skizze zum Drehmoment \vec{M}

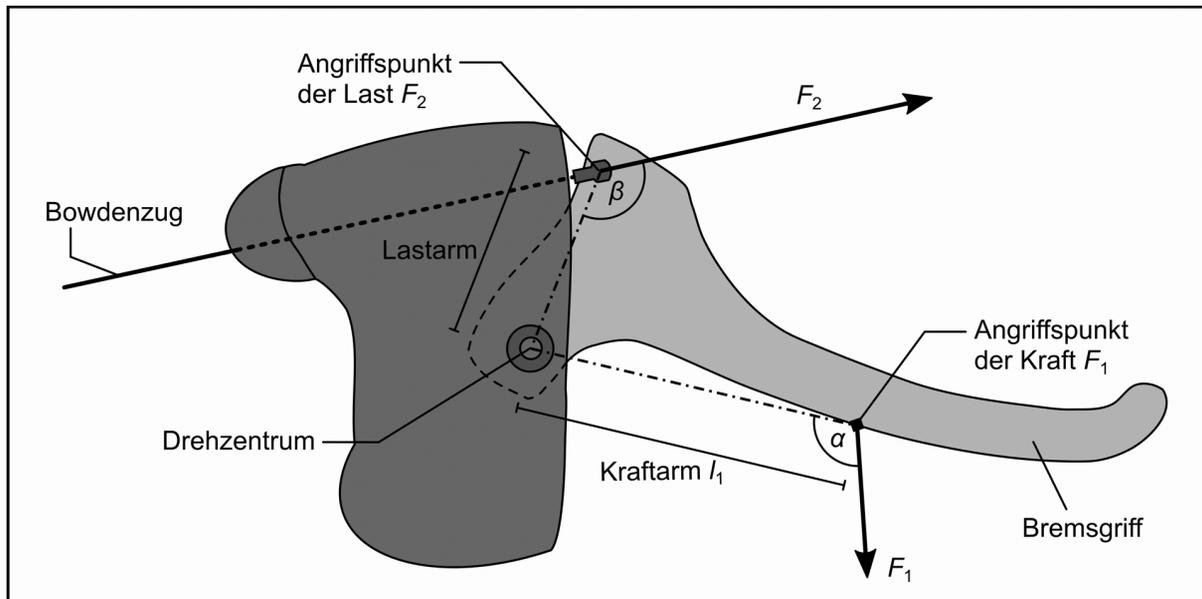
Skizze:

Abb. 3: Schemazeichnung eines Bremsgriffes. Die Kraft F_1 der Hand wird auf den Bowdenzug übertragen. Auf diesen wirkt dann die Kraft F_2 . Kraft und Kraftarm stehen in beiden Fällen nicht senkrecht aufeinander.

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Dieser Beitrag baut auf bereits vorhandenem Wissen Ihrer Schüler zum Thema „Hebelgesetz“ auf und stellt durch das Objekt „Fahrrad“ die Verbindung zwischen deren Lebenswelt und dem Physikunterricht her. Er ist nicht dazu konzipiert, das Hebelgesetz im Unterricht neu einzuführen. Kombinieren Sie diese Materialien mit Ihrem Unterricht zum Thema kraftumformende Einrichtungen oder dem Beitrag von Jost Baum „**Der Hebel – ein fundamentales Werkzeug**“¹ (I/B, Reihe 28, erschienen EL 41 Nov. 2015, siehe **CD-ROM 49**). Da Sie die Materialien ergänzend einsetzen, ist der zeitliche Rahmen mit zwei bis vier Schulstunden eng gefasst.

Ablauf

Im Material **M 1** „Das Hebelgesetz – frische dein Wissen auf!“ sind alle wesentlichen Aspekte für Ihre Schüler zusammengefasst. Teilen Sie dieses Blatt als Hausaufgabe aus und starten Sie die nachfolgende Unterrichtseinheit mit einem Brainstorming zum Thema „Hebel am Fahrrad“. Hierfür können Sie die Folie (**M 2**) verwenden.

Die Materialien **M 3** bis **M 8** gehören zu einer Gruppenarbeit und sind der Kern dieses Beitrags. Ihre Schüler untersuchen einen Hebel am Fahrrad genauer und stellen ihren Mitschülern die gewonnenen Ergebnisse vor. Für das Material **M 8** müssen sich die Gruppen neu zusammensetzen und die Erkenntnisse aus der vorherigen Arbeit zusammen anwenden.

Schließen Sie die Unterrichtseinheit entweder mit weiterführenden Aufgaben (**M 9**) oder mit einigen Demonstrationsexperimenten (**M 10**) ab.

Stellen Sie unbedingt immer wieder den Bezug zum **realen Objekt** her. Bringen Sie hierfür ein Fahrrad mit in den Unterricht, oder verwenden Sie Demonstrationsmodelle wie in **M 10**, und lassen Sie Ihre Schüler zu Hause deren eigenes untersuchen.

¹ Falls Sie RAAbits Physik zu diesem Zeitpunkt noch nicht bezogen haben, finden Sie den vollständigen Beitrag von Jost Baum als PDF-Datei auf der CD-ROM 49.

Querverbindungen

An vielen Stellen des Beitrags können Sie Anknüpfungspunkte zu anderen Themen der Mechanik finden, beispielsweise zu Reibungskräften (**M 8**), der Goldenen Regel der Mechanik oder den Kräften an der schiefen Ebene (beides **M 9**). Wenn Sie in Aufgabe 1 des Materials **M 8** die Kraft berechnet haben, welche das Fahrrad abbremst, können Sie diese bei den kinematischen Betrachtungen der gleichförmig beschleunigten Bewegung wieder aufgreifen. Wählen Sie statt des in Material **5** gezeigten Bremsentyps, der *V-Bremse*, eine sog. *Cantilever-Bremse*, können Sie an dieser die Kräftezerlegung thematisieren. Auch energetische Betrachtungen des Fahrradfahrens sind möglich. Das Thema Fahrrad lässt sich dann letztlich – im Sinne eines Spiralcurriculums – wieder in der Oberstufe bei der Behandlung der Physik des starren Körpers aufgreifen.

Selbstverständlich kann man am Fahrrad auch Themen der Elektrizitätslehre (Dynamo, Parallelschaltung von Vorder- und Rücklicht) oder der Optik (Reflexion am Katzenauge, Parabolspiegel bei der Fahrradlampe) und viele weitere besprechen.

Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
F 1, F 4	... wiederholen das Hebelgesetz und wenden dieses in einem neuen Kontext an,	I, II
F 2, E 1, E 2, K 1, K 2, K 6	... präsentieren vor der Klasse einen Hebel am Fahrrad,	I, II
F 4, E 4	... berechnen die Kraftübertragung durch Hebel an konkreten und alltagsnahen Beispielen,	II
F 1, F 3, E 2, K 1, K 7	... kombinieren die Ergebnisse mehrerer Gruppen, um gemeinsam ein komplexes Problem zu lösen,	II, III
E 7, E 10	... untersuchen das Hebelgesetz anhand von funktionsfähigen Modellen der Hebel am Fahrrad,	II
F 4, E 3, E 5, K 7	... übertragen ihr Wissen zum Hebelgesetz (aus der Gruppenarbeit) auf die Gangschaltung eines Fahrrads,	III
F 1, E 3, E 5,	... erkennen Querverbindungen zu verwandten Themengebieten wie Reibungskräften, Kräften an der schiefen Ebene und der Goldenen Regel der Mechanik.	I

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 49.

Materialübersicht

⌚ V = Vorbereitungszeit SV = Schülerversuch Ab = Arbeitsblatt/Informationsblatt

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

M 1	Ab ⌚ D: 15 min	Das Hebelgesetz – frische dein Wissen auf!
M 2	Fo ⌚ D: 5 min	Übersichtsfolie „Hebel am Fahrrad“ <input type="checkbox"/> Fahrrad (wenn möglich)
M 3	Ab ⌚ D: 5 min	Das Hebelgesetz am Fahrrad erkunden
M 4	Ab ⌚ D: 40 min	Der Bremsgriff <input type="checkbox"/> Bremsgriff (wenn möglich) <input type="checkbox"/> Lineal
M 5	Ab ⌚ D: 40 min	Die Bremse <input type="checkbox"/> Bremse (wenn möglich) <input type="checkbox"/> Lineal
M 6	Ab ⌚ D: 40 min	Das Pedal <input type="checkbox"/> Pedal mit Tretkurbel und Kettenblatt (wenn möglich) <input type="checkbox"/> Lineal
M 7	Ab ⌚ D: 40 min	Das Hinterrad <input type="checkbox"/> Hinterrad mit Ritzel (wenn möglich) <input type="checkbox"/> Lineal
M 8	Ab ⌚ D: 20 min	Kraftübertragung: von der Hand zum Reifen wenn mehrere Hebel zusammenwirken!
M 9	Ab ⌚ D: 20 min	Mit dem Hebelgesetz die Gangschaltung verstehen
M 10	LV/SV ⌚ V: 60 min ⌚ D: 20 min	Experimente zum Hebelgesetz <input type="checkbox"/> Demonstrationsmodelle der Hebel <input type="checkbox"/> Ausrangiertes Fahrrad <input type="checkbox"/> Kraftplatte (z. B. von Leybold®) mit Anzeigeelement oder Personenwaage <input type="checkbox"/> Modelle verschiedener Hebel (z. B. passend zu Abb. 4c und 4d) <input type="checkbox"/> Funktionsmodell eines Bremsgriffs, einer Bremse und eines Kettenblattes <input type="checkbox"/> Diverse Federkraftmesser für horizontale Benutzung (Zug- und Druckkraftmesser: 2,5 N, 5 N, 10 N, 20 N) <input type="checkbox"/> Kofferwaage (bis 30 kg) <input type="checkbox"/> Kleiner Hocker <input type="checkbox"/> Stuhl <input type="checkbox"/> Tisch

Die Erläuterungen und Lösungen zu den Materialien finden Sie ab Seite 19.

Minimalplan: Lassen Sie die Schüler bereits zu Hause überlegen, welche Hebel man am Fahrrad finden kann, und besprechen Sie dann einen der Hebel (**M 4**, **M 5** oder **M 6**) ausführlich im Unterricht.

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Das Hebelgesetz am Fahrrad erkunden

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

