

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Fachliche Hintergrundinformation

Mit diesem Material ermitteln Ihre Schüler experimentell die Zugkraft beim Flaschenzug mit einer losen und einer festen Rolle bzw. zwei losen und zwei festen Rollen.

Generell gilt:

Eine feste Rolle ändert die Richtung der Kraft, nicht ihren Betrag. Eine lose Rolle halbiert die aufzuwendende Kraft.



In dieser Unterrichtsstunde lernen Ihre Schüler, dass durch das Hilfsmittel des Flaschenzuges Kraft eingespart werden kann. Stundenziel ist die experimentelle Ermittlung des **Zusammenhangs zwischen der Zugkraft und der Gewichtskraft der Last** unter Berücksichtigung der tragenden Seile:

$$F_{\text{Zug}} = \frac{1}{n} \cdot F_{\text{Last}} \quad (\text{mit } n = 2 \text{ und } n = 4, n = \text{Anzahl der tragenden Seile}).$$

Die experimentelle Ermittlung des Zusammenhangs zwischen dem **Lastweg** und dem **Zugweg** kann sich z. B. an diese Stunde anschließen.

Hinweise zur Gestaltung des Unterrichts

Unter dem Stichwort „Kraftwandler“ taucht der Flaschenzug in jedem Lehrplan der Mittelstufe auf (Bereich Mechanik).

Voraussetzungen

In fachlicher Hinsicht sind mit dieser Unterrichtsstunde folgende **Voraussetzungen** verbunden, die Sie mit Ihren Schülern im Rahmen des Themenfeldes zuvor erarbeitet haben sollten. Die Schüler sollten ...

- den Unterschied zwischen der Gewichtskraft und der Masse kennen,
- die Gewichtskraft einer Last mithilfe eines Federkraftmessers messen können,
- die Gewichtskraft einer Masse näherungsweise berechnen können ($g \approx 10 \text{ N/kg}$),
- die Funktionen einer festen und die einer losen Rolle kennen.

Inhaltlich wird die Stunde auf die experimentelle Ermittlung des **Kraftgesetzes am Flaschenzug** reduziert.

Binnendifferenzierung

Um den verschiedenen Leistungsniveaus innerhalb einer Klasse gerecht zu werden, bieten wir in diesem Beitrag zwei Experimente an:

1. Flaschenzug mit einer losen Rolle und einer festen Rolle und
2. Flaschenzug mit zwei losen und zwei festen Rollen.

So können z. B. leistungsschwächere Schüler die Experimente für den Flaschenzug mit einer losen und einer festen Rolle durchführen und die leistungsstärkeren und händisch geschickteren Schüler erarbeiten das Kraftgesetz am Flaschenzug mit zwei losen Rollen und zwei festen Rollen. Mit diesen beiden Gruppen ist es möglich, kognitiv und hinsichtlich der experimentellen Fähigkeiten zu differenzieren, ohne dass die leistungsschwächeren Schüler benachteiligt werden oder sich benachteiligt fühlen.

Im Gegenteil: Diese beiden Gruppen profitieren insbesondere in der Sicherungsphase, in der die Ergebnisse präsentiert werden, voneinander.

Lern- und Kompetenzziele

Die Schüler sollen ...

1. die Kraftersparnis am Flaschenzug mit einer bzw. zwei losen Rollen ermitteln, indem sie die Zugkraft für verschiedene Massestücke messen und diese mit der Gewichtskraft der Last vergleichen (**Stundenlernziel**).
2. vermuten, dass mit dem Flaschenzug Kraft gespart werden kann, indem sie ihre Kenntnisse zur losen Rolle anwenden (**Teillernziel**, wie auch 3.–6.).
3. ein Experiment planen, um die Kraftersparnis zu untersuchen, indem sie die Bauteile und Messinstrumente zum Versuchsaufbau nennen.
4. die Zugkraft mit dem Federkraftmesser in Abhängigkeit von der Last messen, indem sie unterschiedliche Massestücke an ihren jeweiligen Flaschenzug mit einer bzw. zwei losen Rollen hängen.
5. den Zusammenhang zwischen der Zugkraft und der Gewichtskraft der Last in Abhängigkeit von der Anzahl der tragenden Seile erarbeiten, indem sie ihre Messwerte mit denen der anderen Expertengruppen vergleichen.
6. ihre Erkenntnisse auf eine reale Situation übertragen, indem sie abschätzen, ob sie in der Lage sind, eine Person am Flaschenzug hochzuziehen und zu halten.

Bezug zu den Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz

Allg. physikalische Kompetenz	Inhaltsbezogene Kompetenzen Die Schüler ...	Anforderungsbereich
F 1, F 3	... nutzen ihr Basiswissen über Gewichtskräfte und Massen, indem sie die jeweiligen Kräfte und den Betrag der Gewichtskraft messen bzw. bestimmen, ... setzen die an der losen und festen Rolle gewonnenen Kenntnisse zur Lösung des eingangs vorgestellten Problems ein,	I II
E 4, E 7–E 9, E 10	... entwerfen zum gegebenen Problem ein Experiment und führen dieses durch (Idealisierung und experimentelles Arbeiten), ... ermitteln den Zusammenhang zwischen der Zugkraft und der Lastkraft experimentell, indem sie unterschiedliche Massen an den Flaschenzug hängen, und überprüfen das ermittelte Kraftgesetz am Flaschenzug, indem sie die Ausgangssituation nachstellen,	II II, III
K 1, K 4–K 6	... tauschen sich über die Wirkungsweise des Flaschenzuges aus und beschreiben diese, ... dokumentieren und präsentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit.	II, III

Für welche Kompetenzen und Anforderungsbereiche die Abkürzungen stehen, finden Sie auf der beiliegenden CD-ROM 43.

I/B

Materialübersicht

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

⌚ D = Durchführungszeit LV = Lehrerversuch Fo = Folie

M 1	Fo	Physik macht's möglich! – Eine spektakuläre Sesselliftrettung
M 2	Fo	Folienschnipsel zum Versuchsaufbau
M 3	Ab, SV	Wie funktioniert ein Flaschenzug?
	⌚ V: 40 min	<input type="checkbox"/> Mاستstücke (100 g, 200 g)
	⌚ D: 20 min	<input type="checkbox"/> Seile (dünner Faden)
		<input type="checkbox"/> Material M 2 (Stativstangen, Stativfuß, Stativklammern)
		<input type="checkbox"/> Federkraftmesser
		<input type="checkbox"/> Flaschenzüge mit ein bzw. zwei losen und festen Rollen
M 4	Ab	Übungen zum Flaschenzug

Literatur

Leisen, Josef: Vorgänge und Experimente beschreiben. In: Unterricht Physik Nr. 75/76. Friedrich Verlag, Seelze 2003. S. 18–27.

Muckenfuß, Heinz: Die „lose Rolle“: Ein „Mißkonzept“ der Fachdidaktik? Ein Unterrichtsvorschlag zur Einsetzung eines „echten“ Flaschenzuges. In: Unterricht Physik Vol. 5, Nr. 25. Friedrich Verlag, Seelze 1994. S. 27–30.

Volkmer, Martin: Das Gesetz des Flaschenzuges, erarbeitet mit einem Flaschenzug für größere Lasten. In: Unterricht Physik Nr. 23. Friedrich Verlag, Seelze 1994. S. 31–38.

Erläuterungen und Lösungen

Erläuterung (M 1 Physik macht's möglich!)

Als *Stundeneinstieg* zeigen Sie den in Material **M 1** dargestellten Alltagsbezug des Flaschenzuges – der Einsatz des Flaschenzuges bei der Höhenrettung (hier: Bergwacht). Die in dem Zeitungsartikel genannten unterschiedlichen Massen sollen Ihre Schüler ins Staunen versetzen und zum Nachdenken anregen: Kann das sein? Wie kann das sein?

Zur Demonstration hängen Sie vorab einen Flaschenzug (z. B. von **HABA**) in den Fachraum, den die Schüler gut sehen können.

Mithilfe dieses Flaschenzuges können die Schüler die Bauteile erkennen und Vermutungen über eine Kraftersparnis äußern. Besonders motivierend ist die Stunde, wenn Sie den Schülern in Aussicht stellen, dass sie – wenn sie bewiesen haben, dass man mit dem Flaschenzug Kraft spart, und in der Lage sind, dieses Wissen gezielt zu nutzen – die Situation mit Ihnen am Flaschenzug am Ende der Stunde nachstellen dürfen.

Erläuterung (M 2 Folienschnipsel zum Versuchsaufbau)

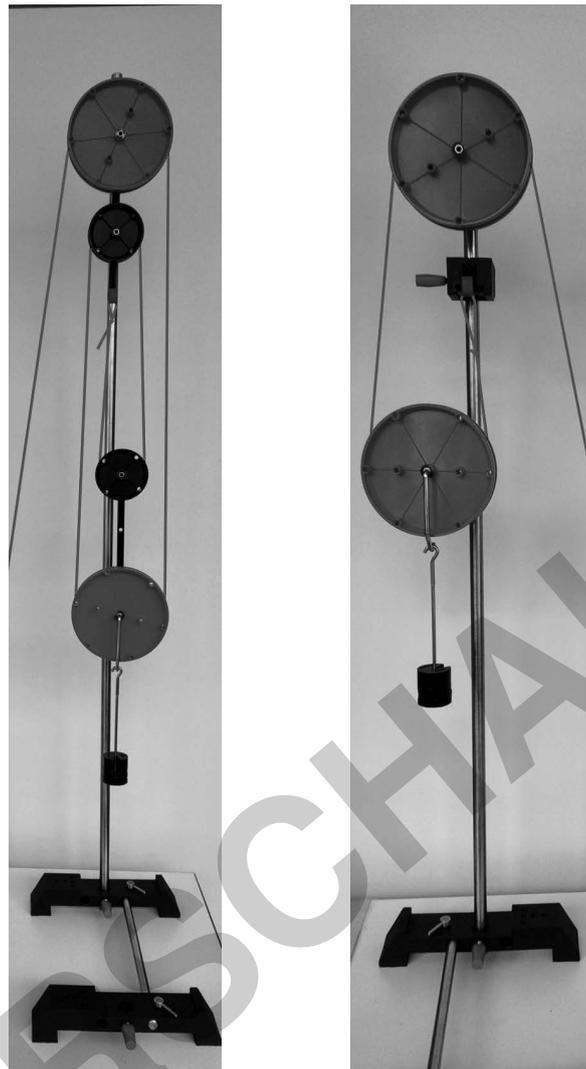
Die *Überleitung* vom Einstiegsexperiment zur *Experimentplanung (Hinführung)* können Sie durch die Frage, welche Bauteile und Materialien hierfür von Bedeutung sind (**Stativ, lose und feste Rollen, Seil, Massestücke, Federkraftmesser**), einleiten. Um die Schüler in die geplante Experimentierphase zu entlassen, ist es wichtig, zunächst im Unterrichtsgespräch gemeinsam mit den Schülern das Experiment zu planen und den Versuchsaufbau inklusive Durchführung durchzusprechen. Hierzu sollen die Schüler entsprechende Materialien nennen, die zum Experimentieren benötigt werden. Der im Fachraum hängende Flaschenzug hilft, die Bauteile und Materialien zu benennen. Legen Sie die Bauteilfolienschnipsel (**M 2**) bei Nennung durch die Schüler auf den Overheadprojektor, sodass daraus mit den Schülern ein Versuchsaufbau (**M 2**) entwickelt wird.

Schneiden Sie hierzu die benötigten Bauteile zur Vorbereitung auf die Stunde aus, sodass Sie sie nacheinander und aufeinander auf den Overheadprojektor legen können. Die Abbildung auf der folgenden Seite zeigt Ihnen die Lösung, wenn Sie die Bauteile übereinander legen.

Fragen Sie die Schüler in dieser Phase, welche Bauteile sie benötigen, um das Experiment durchzuführen. Nennen die Schüler ein Seil, legen Sie das Seil ohne Rollen auf. Dann nennen die Schüler vielleicht eine Rolle. Legen Sie je nach Nennung eine oder zwei lose Rollen auf (ohne Seil, ohne Verbindung). Dann folgt vielleicht der Federkraftmesser und die Massestücke. Legen Sie diese ebenfalls auf. Bei dem Stichwort „Stativ“ legen Sie die genannten Bauteile zur Seite. Legen Sie zuerst die Stativ-Folie auf. Darauf legen sie die zwei losen und zwei festen Rollen (für **Gruppe 2**) bzw. eine lose und eine feste Rolle (für **Gruppe 1**). Zeigen Sie den Schülern, wo sie den Seilanfang an der festen Rolle (Gruppe 2) bzw. an dem Stativ (Gruppe 1) befestigen. Wenn Sie die Massen unten an die lose Rolle (auf dem Overheadprojektor (OHP)) hängen, geben Sie Ihren Schülern den Hinweis, diese direkt nach dem Einfädeln des Seils anzuhängen, damit die losen Rollen stabiler im Raum hängen. Anschließend hängen sie den Federkraftmesser in die Schlaufe am Ende des Seils.

Legen Sie ganz zum Schluss dieser Phase die Schnipsel „Gruppe 2“ (links) und „Gruppe 1“ (rechts) auf die OHP-Folie und erteilen Sie den Arbeitsauftrag (**M 3**).

I/B



Fotos: Chr. Bauer

Erläuterung (M 3)

Nach dem Zusammentragen der Beobachtungen erfolgt das **eigenständige Experimentieren mit zwei Expertengruppen (M 3)**. Diese Phase dient dazu, die Wirkung des Flaschenzuges selbst zu erspüren und das Kraftgesetz experimentell zu ermitteln (**Erarbeitung**).

Die Schülerversuche können Sie von **Leybold** oder **Phywe** beziehen, wobei die hier verwendeten Leybold-Materialien größer und handlicher sind, gerade was das Einfädeln des Seils am Flaschenzug mit zwei losen Rollen betrifft. Verwenden Sie zum Messen der Zugkraft Kraftmesser statt Massestücke, um die Verwechslungen zwischen Masse und Kraft seitens der Schüler zu vermeiden.

Während des Versuchs halten die Schüler ihre Ergebnisse in ihrem Heft und auf dem Arbeitsblatt (**M 3**) fest. Dem Aufbau des Arbeitsblatts liegen folgende Ideen zugrunde: Die Skizze beider Versuche ist dargestellt, damit die Schüler am Ende der Stunde die tragenden Seile für beide Versuche markieren und die Ergebnisse beider Versuche auf dem Arbeitsblatt festhalten können. Das Arbeitsblatt beinhaltet jeweils eine Tabelle zum Eintragen der jeweiligen Messwerte. Damit die Schüler den Zusammenhang mit der Anzahl der tragenden Seile erkennen, berechnen sie den Quotienten von F_{Last} und F_{Zug} ($F_{\text{Last}} : F_{\text{Zug}}$). Die weiterführenden Fragen unterstützen die Schüler dabei, die Gesetzmäßigkeit zu ermitteln.