



THE BELLE

Technisches Verständnis entwickeln Schwerpunkt Mechanik

Impressum

Autor:

Gerhard H. Duismann (Prof. em Dr. rer pol, Dipl. Päd.)

Gestaltung:

Michael Ley (Dipl. Des.)

Berlin/Potsdam Juni 2009

Die Materialien „Technisches Verständnis – Training zum Hebel“ entstanden im Rahmen des ESF-Projekts Netzwerk Berliner Schülerfirmen in Zusammenarbeit mit der Universität Potsdam, Forschungsstelle BOSS.

Das Netzwerk Berliner Schülerfirmen ist ein mit ESF-Mitteln gefördertes Projekt und wird in Kooperation mit der Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung durchgeführt.

Training zum Technischen Verständnis - Hebel

Inhalt	Seite
Inhaltsverzeichnis	3
Einführung in das Trainingsmaterial	5
Arbeitsblätter Teil 1	13
Arbeitsblätter für Experten	31

Einführung in das Training zum Technischen Verständnis - Hebel

Technisches Verständnis ist eine grundlegende Kompetenz zur Bewältigung von vielen Situationen des Alltags: in der Wohnung, beim Spielen und bei Hobbys. Bei vielen Arbeiten, nicht nur in technischen Berufen, sind technische Kompetenzen – auf unterschiedlichem Niveau praktisch hilfreich und oft zwingend erforderlich.

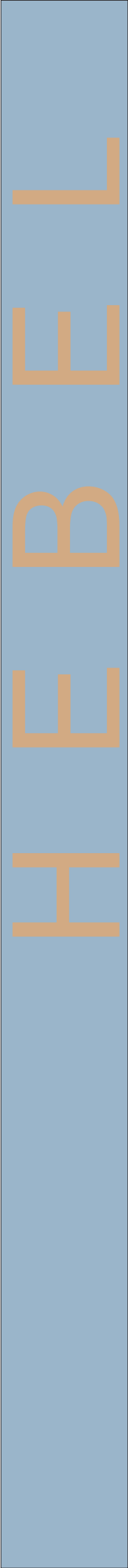
Deshalb gehört die Vermittlung und planmäßige Förderung Technischen Verständnisses zum Konzept der „Arbeitsrelevanten Basiskompetenzen“. Jedoch kann und sollte das Lernen auf den bereits erreichten Kompetenzen eines jeden Jugendlichen aufbauen (Diagnostik) und auf ein individuelles Ziel ausgerichtet werden. Nicht alle Jugendlichen müssen, brauchen und können das oberste Ziel erreichen. In vielen Fällen reicht bewusstes, begründetes Umgangswissen durchaus, in anderen ist schon eine einfache Berechnung erforderlich.

Zur Unterstützung des Lernens im weiten Feld des Technischen Verständnisses sind fachliche Grundlagen erforderlich, die für viele Bereiche der Technik bedeutsam, gleichsam exemplarisch sind. In diesem Kontext steht das Trainingsmaterial zum Hebel.

Das Trainingsmaterial ist kein programmiertes, selbsterklärendes Material in Form nacheinander von den Jugendlichen selbstständig abzuarbeitender Arbeitsblätter. Sie sollen vielmehr die Lehrenden bei ihrem Unterricht unterstützen. Sie ermöglichen differenziertes Arbeiten auf unterschiedlichem Niveau am gleichen Gegenstand, so wie es dem individuellen Lernfortschritt der Jugendlichen entspricht.

Voraussetzung für die Zuordnung der passenden Arbeitsblätter ist eine anfängliche Lerndiagnostik (Bella-Test Technisches Verständnis – Aufgaben zum Hebel) und eine didaktische Zielvorstellung (vgl. Walter 2009). Auf Grund der unterschiedlichen Lernstände können auch nicht für alle die gleichen Zielvorstellungen angestrebt werden, so dass nach Abschluss einer Unterrichtseinheit „Hebel“ ein Teil der Jugendlichen über grundlegende Kenntnisse verfügt, ein anderer Teil der Jugendlichen beispielsweise den weiterführenden „Expertenstatus“ erreicht hat und die Aufgaben im zweiten Aufgabenteil erfolgreich bearbeiten kann.

Es bieten sich im Alltag, in der Pause, in der Schülerfirma ... oftmals Situationen, bei denen in Geräten, Werkzeugen und anderen technischen Gegenständen „Hebel“ zur Anwendung kommen. Dies sind Gelegenheiten, die auf verschiedene „Umgangserfahrungen“ der Jugendlichen schließen lassen. Hilfreich ist die wiederholte Aufforderung zur Begründung des Handelns: „Warum nimmst du diese Zange und nicht ...“. Die Formulierungen der Jugendlichen verweisen auf mögliche Missverständnisse beim „Lesen“ der Zeichnungen und geben weitere Hinweise auf das bereits erreichte Niveau des (naturwissenschaftlich-) technischen Verständnisses. Dies bietet einen Anlass, das erste (Spielplatz – Wippe) und/oder das zweite Arbeitsblatt (Zange) einzusetzen. Diesem können dann weitere der vorliegenden Materialien folgen, die jedoch auch nicht vom Unterrichtsprozess losgelöst ohne Hinweise, reale Gegenstände (z.B. Zangen ...) Lernmaterialien, Versuche, Diskussionen zwischen den Lehrenden und den Lernenden zu bearbeiten sind.



Ein anderer, systematischer Zugang bietet sich an, wenn im Rahmen der Berufsorientierung für die/den Jugendlichen Arbeitstätigkeiten in Betracht kommen, bei denen Technisches Verständnis eine bedeutsame Rolle spielt. Hier kann den Jugendlichen verdeutlicht werden, dass ein individuelles Training eine gute Unterstützung und Verbesserung ihrer Chancen bedeuten kann. So kann auch das Material zum „Expertenniveau“ – mit einer ersten Mathematisierung der Hebelgesetze – ein erreichbares Ziel der Kompetenz darstellen. So werden die Chancen eines Jugendlichen individuell gesteigert, da z.B. fast alle Tests zur beruflichen Eignung Aufgaben aus dem Bereich der Hebel enthalten. Dass auch Schülerinnen und Schüler mit allgemeinem Förderbedarf von einem solchen Training profitieren können, wurde durch mehrere Untersuchungen eindeutig bestätigt.

Selbst beim höchsten Niveau der vorliegenden Materialien ist nicht das Ende der möglichen Niveaus erreicht, da bei der Mathematisierung „nur“ der einfachste Fall berücksichtigt wird, ein gerader Hebel mit gerade ansetzenden Kräften und ohne genaue Dimensionierung der Kräfte unter Verwendung der Einheiten.

Zur ausführlichen Begründung des Einsatzes des Materials zum Training des Technischen Verständnisses mit Schwerpunkt Hebel wird auf eine ausführliche [Forschungsarbeit / didaktische Begründung](#) verwiesen, die hier auf Grund der gebotenen Kürze nicht wiedergegeben wird.

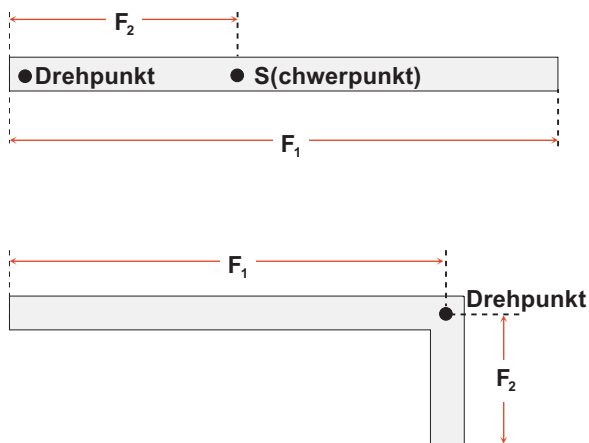
Trainingsmaterial I: Hebel

Das vorliegende Trainingsmaterial steht in einem begründeten pädagogischen Kontext. Zu diesem gehört eine fachdidaktische Einführung, in der die Begründung und die Struktur des Trainings dargestellt werden.

Hebel

Hebel bilden das Rückgrad der Mechanik, sie gehören – mit der Schiefen Ebene und der Rolle – zur Gruppe der einfachen Maschinen. Sie sind deshalb einfach, weil sie nicht weiter reduziert aber mit anderen Elementen kombiniert werden können. Sie ermöglichen es, durch Verlängerung des Weges Kraft zu „sparen“. Unzählige Male am Tag nutzt jeder Mensch Hebel: Türdrücker, Schere, Dosenöffner, Gabel, Nussknacker, Hammer, Zange, Locher ... und bei vielen Räderanwendungen wirken Hebel. So gibt es für jede unterrichtliche Situation hinreichende Anknüpfungspunkte in der Schulwerkstatt, der Küche, der Schülerfirma, in der Klasse und auf dem Schulhof.

Hebel können einseitig, zweiseitig, gerade, abgewinkelt sein.



Die fachlichen Verständnisschwierigkeiten nehmen bei den Jugendlichen zu, wenn es sich nicht um einen einfachen zweiseitigen geraden Hebel (idealer Hebel) handelt, sondern um einseitige und dann sogar abgewinkelte Hebel, bei dem die Kräfte möglicher Weise auch noch aus verschiedenen Richtungen angreifen, was in der technischen Realität häufig der Fall ist. Aber das Grundprinzip muss zunächst an einfachen Beispielen erarbeitet werden. Eine weitere Problematik bilden die Räder und Rollen, deren arbeitserleichternde Wirkung ebenfalls auf dem Hebelgesetz beruht.

Die grundlegende mathematisch gefasste Gesetzmäßigkeit von Hebeln ist relativ einfach, so lautet das Hebelgesetz in allgemeiner Formulierung:

Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Drehmoment aller an ihm angreifenden Kräfte gleich Null ist.

Für einen zweiseitigen geraden Hebel bei dem die Kräfte gerade angreifen gilt: Der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn $F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$.

Umgangssprachlich ausgedrückt: **Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm.**

In der Werkstattsprache weiter verkürzt: „Gewaltig ist des Schlossers Kraft, wenn er mit Verlängerung schafft!“

Mit diesen vier verschiedenen Formulierungen wird zugleich schon ein Zugang zur Unterscheidung von Niveaustufen eröffnet. Dabei wird im vorliegenden Kontext nicht auf die grundsätzliche Frage der bei solchen didaktischen „Transformationen“ auftretenden Probleme eingegangen (vgl. Grüner 1967).

In aufsteigender Reihenfolge werden die Niveaus nach Klauer und Jacobs u.a. in der Übersicht verkürzt dargestellt:

Stufungen	Klauer	Jacobs u.a.	Beispiel Hebel
1. Stufe	Erscheinungswissen	Sinn- und Zweckverständnis, Funktion, Aufgabe, Name und Einordnung.	Gewaltig ist des Schlossers Kraft, wenn er mit Verlängerung schafft!
2. Stufe	Gebrauchswissen	Umgang und Gebrauch; Bezug zum Menschen; Nutzen, Schaden und Gefahren; Versuch und Irrtum.	Kraft mal Kraftarm gleich Last mal Lastarm.
3. Stufe	Strukturwissen	Analytische Kenntnisse des Aufbaues, des Funktionszusammenhanges; 'Einsicht'.	Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Drehmoment aller an ihm ansetzenden Kräfte gleich Null ist.
4. Stufe	Erklärungswissen	Konstruktive Beherrschung	Der Hebel ist im Gleichgewicht, wenn $F_1 \cdot a = F_2 \cdot b$

Die hier parallel gesetzten Niveaubeschreibungen von Klauer (allgemeine Gültigkeit) und von Jacobs (Fachdidaktik Technik) decken die Niveaustufen einer entsprechenden Kompetenz jedoch noch nicht vollständig differenziert, sie sind deshalb auch erst als vorläufige Annäherungen zu verstehen. Wiederum als Arbeitshypothese folgen auf der Basis der Niveaustufen erste Entwürfe, die eine erste Grundlage von spezifischen Niveaustufen in Richtung Kompetenzniveaus bilden. Die Materialien sollten zunächst in der Praxis erprobt werden. Erst danach wird es möglich sein, differenzierte Aufgaben zu entwickeln, die zur diagnostischen Erfassung der Niveaustufen führen.

Die Jugendlichen können:

In unterschiedlichen gebräuchlichen Werkzeugen und Maschinen (Schulwerkstatt, Küche ...) enthaltenen Hebel als einfache gerade, ein- und zweiseitige Hebel erkennen und als solche benennen. Sie können den Zweck des Einsatzes von Hebeln benennen und nutzen (um Kraft zu „sparen“).

Hebel, auch abgewinkelte in unterschiedlichen komplexen Zusammenhängen erkennen und benennen. Sie erkennen und benennen, dass das „Sparen“ von Kraft durch die Verlängerung des Weges „erkauft“ wird.

Die Wirkungsweise des Hebels auch in Rädern erkennen und durch die allgemeine Aussage über den Zusammenhang von Last- und Lastarm sowie Kraft- und Kraftarm mit den Begriffen beschreibend erläutern.

Die Wirkungsweise von verschiedenen, auch komplexen Hebeln unter Verwendung der Fachbegriffe „Drehmoment“ und „Gleichgewicht“ erläutern und an Beispielen aufzeigen.

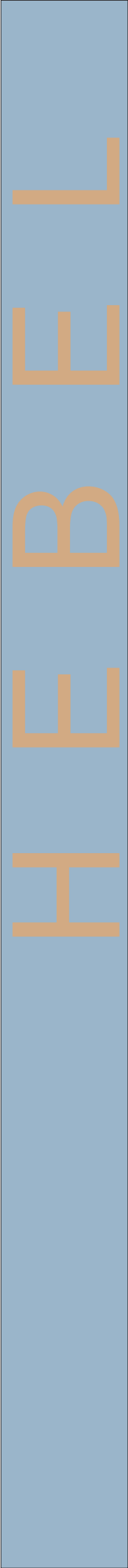
Einfache Berechnungen an geraden, ein- und zweiseitigen Hebeln mit gerade ansetzenden Kräften und Lasten durchführen.

Relevanz des Themenfeldes für die Berufsorientierung

Neben der grundlegenden Bedeutung der Hebel (und anderer einfacher Maschinen) für Arbeit und Technik in vielen, auch nichttechnischen Berufen und im Alltagsleben im Haushalt, gehören Aufgaben zur Nutzung von Hebeln in fast allen Tests zur Allgemeinbildung und natürlich solchen die für technische Berufe zum Standardrepertoire (Sie gelten als „konstruktiv valide“). Auch im BELLA-Test zum Technischen Verständnis sind entsprechende Aufgaben (Wippe, Brechstände, Werkzeug ...) enthalten, die jedoch alle auf einem Anforderungsniveau noch unterhalb der oben entwickelten Stufen, allein auf Umgangserfahrung berufend, lösbar sind. So erwies sich die Aufgabe „Schraubenschlüssel“ als eine durchaus angemessene, da sie im Mittelbereich der richtigen Lösungen aller Jugendlichen ($n = 4.048$) liegt (vgl. Duismann/Meschenmoser 2009).

Grundsätzlich ist ein diagnostischer Zugang auch, vor allem in der Praxis – beispielsweise im Werkraum, der Schulwerkstatt oder Schülerfirma – möglich und sollte wo immer sich eine Situation anbietet auch genutzt werden. Jedoch wird es nicht möglich sein, dies zu dokumentieren. Diagnostische Situationen zu konstruieren, bei denen der Umgang mit Gegenständen kontrolliert und dokumentierbar im Zentrum steht, setzt Einzeldiagnose und entsprechenden Zeitaufwand voraus (vgl. den Test „Hamet“ von Dietrich).

Da sich bei der Auswertung der BELLA-Untersuchung die Steigerung der Testwerte von Klasse 7 (Mittelwert 91,42 Skalenpunkte) zu Klasse 10 (Mittelwert 108,62 Skalenpunkte) als statistisch bedeutsam erwies, geben diese Werte hinreichend Veranlassung zum systematischen Training im Bereich der Hebel und anderer technischer Grundlagen. Diese Argumentation wird noch verstärkt, wenn selbst in den BQL (Berufsqualifizierende Lehrgänge), den Klassen an Berufsschulen zur nachträglichen Erlangung eines allgemeinbildenden Schulabschlusses, die Werte nur geringfügig über denen der 10. Klassen liegen (Mittelwert 110,10 Skalenpunkte) (vgl. Duismann/Meschenmoser 2009).



Für das Training bedeutsam ist aber auch, dass eine kleinere Teilgruppe der Jugendlichen im Schwierigkeitsbereich deutlich über dem Bereich „Obere Mitte“ und damit im „Hohen Bereich“ der Testwerte liegen (vgl. Duismann/Meschenmoser 2009). Eine Diagnose des individuellen Standes des technischen Verständnisses wird in jeder schulischen Situation ergeben, dass die Niveaus innerhalb einer Lerngruppe erheblich voneinander abweichen können und deshalb gleiche Aufgaben für alle, je nach dem, einige Jugendliche schon überfordern, andere aber unterfordern, und dadurch den Zweck des individuellen Trainings verfehlen.

Das Trainingsmaterial für die Schülerinnen und Schüler umfasst jeweils mehrere Arbeitsblätter, die direkt im Unterricht zur individuellen Förderung verwendet werden können. Es handelt sich jedoch nicht um einen vollständigen Lehrgang – der den Unterricht im Fach Arbeitslehre bzw. im naturwissenschaftlichen – Lernbereich ersetzt. Es handelt sich vielmehr um ergänzendes Trainingsmaterial, das nach gegebener Veranlassung vor allem den Jugendlichen weiter helfen soll, die sich für technische Tätigkeiten in technisch geprägten Arbeitssituationen, oder auf eine berufliche Bildung vorbereiten wollen. Deshalb ist der Steilheitsgrad der Anforderungen auch bis hin in den Bereich der Annäherung an die mathematische Durchdringung des Hebelgesetzes gestaltet.

Die auf den Arbeitsblättern dargestellten Situationen sollen, wenn im Unterricht irgend möglich, in Realsituationen mit konkretem Material eingeführt werden, die auch eine Differenzierung ermöglichen. Die Jugendlichen sollen immer wieder veranlasst werden, möglichst selbstständig zu arbeiten, Vermutungen zu formulieren und zu überprüfen, zu vergleichen und zu diskutieren. Dabei ist in der Regel jedoch unterstützende Hilfe notwendig. Besondere Bedeutung kommt dabei auch der Einführung, Nutzung und Sicherung der Fachbegriffe zu. Hierzu sind auf den Arbeitsblättern häufiger Kästen frei gehalten, die als Aufforderung zu verstehen sind, selbst tätig zu werden, Skizzen anzufertigen, Erläuterungen einzutragen usw.

Die erste Aufgabengruppe des Trainingsmaterials setzt beim Umgangswissen an, das im Alltag – je nach Angebot und Situation – mehr oder weniger erworben werden kann, aber in der Regel nicht reflektiert wird. Durch die Bearbeitung der Arbeitsblätter und die hierbei gegebenen Anstöße, erfolgt eine Einführung in das Niveau des „Erscheinungs- und Gebrauchswissens“ (vgl. Jacobs u.a.), bzw. des „Wissens um Sinn und Zweck, Namen“, bzw. „Umgang, Gebrauch, Nutzen“ (vgl. Klauer) und der „Alltagserfahrung, der Umgangssprache“ (vgl. Bader). Nach erfolgreicher Bearbeitung des ersten Teils dürften die Jugendlichen anschließend viele der Aufgaben des BELLA Test „Technisches Verständnis“, soweit sie mit Hebeln in Verbindung stehen, lösen können. Die abschließenden Aufgaben (Hochbaukran und Segelschiff) bieten einen Zugang zum erreichten Niveau.

Die zweite Aufgabengruppe des Materials – „Ex“ steht für Experte – baut dann auf den bereits erreichten Kompetenzen auf. Es wird versucht, die folgenden Niveaustufen des Strukturwissens (Jacobs u.a.), bzw. der analytischen Kenntnisse für die Jugendlichen erreichbar zu machen. Es geht dabei um die Formalisierung und einfachste Mathematisierung.

Bei der erfolgreichen Bearbeitung der Materialien „Experten“ dürften die Jugendlichen nicht nur die BELLA-Aufgaben zu Hebeln lösen können, sondern auch weitergehenden Anforderungen entsprechen können.

Literatur

Brockhaus (Hrsg.):

Naturwissenschaft und Technik

4 Bände

Mannheim: F. A. Brockhaus 1989

Dinter, Horst:

Hebezeuge, Heben und Fördern im Werkunterricht

Stuttgart: Frech 1970

Duismann, Gerhard H. / Meschenmoser, Helmut:

Technisches Verständnis und Problemlösen. In: Lehmann/Hoffmann (Hrsg.):

BELLA – Berliner Erhebung arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit dem Förderbedarf „Lernen“

Münster: Waxmann 2009, 65 - 88

Grüner, Gustav:

Die didaktische Reduktion als Kernstück der Didaktik. In:

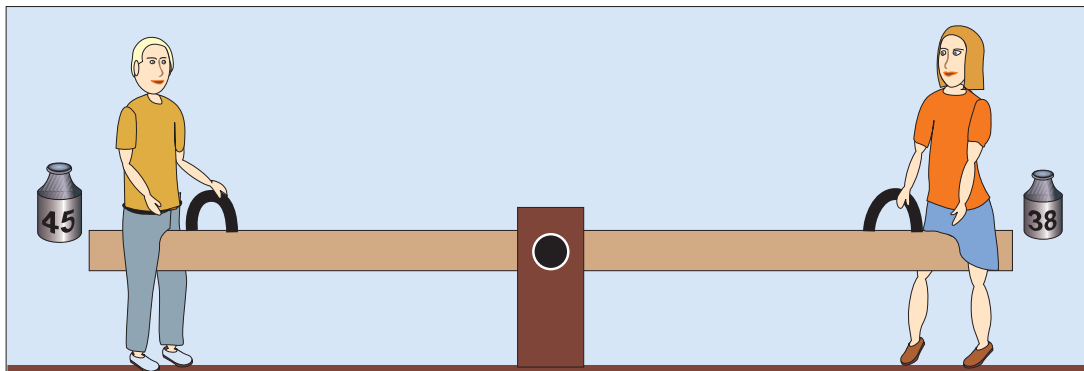
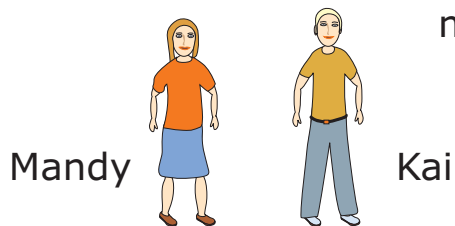
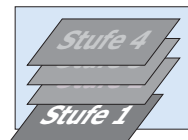
Die Deutsche Schule 59 (1967), 414 - 421

Walter, Jürgen:

Theorie und Praxis Curriculumorientierten Messens (CBM) in Unterricht und Förderung. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 2009, H. 5, 162 – 170

Auf dem Spielplatz

Für Kinder ist die Wippe auf dem Spielplatz ein großer Spaß, aber man kann auch Experimente damit machen.

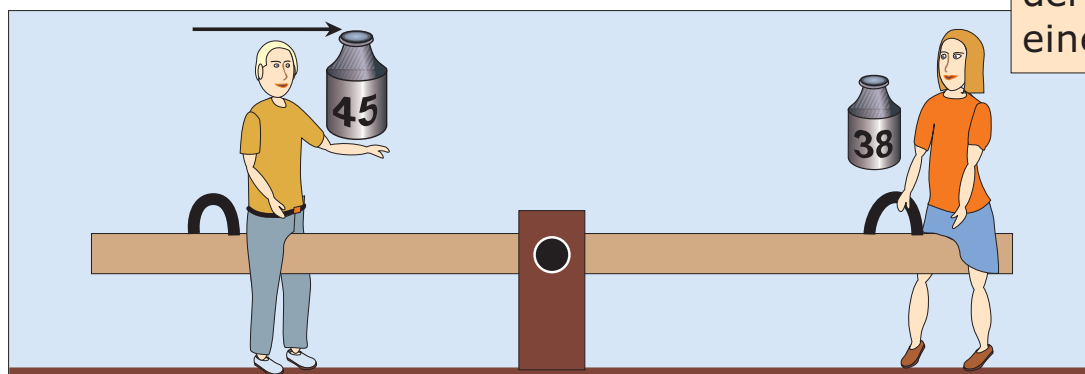


Kai wiegt 45 kg – Mandy wiegt 38 kg.
Beide haben ihre Füße auf dem Boden.

Was passiert, wenn beide ihre Füße heben? Warum?



Fachleute sprechen bei der Wippe von einem **Hebel**.



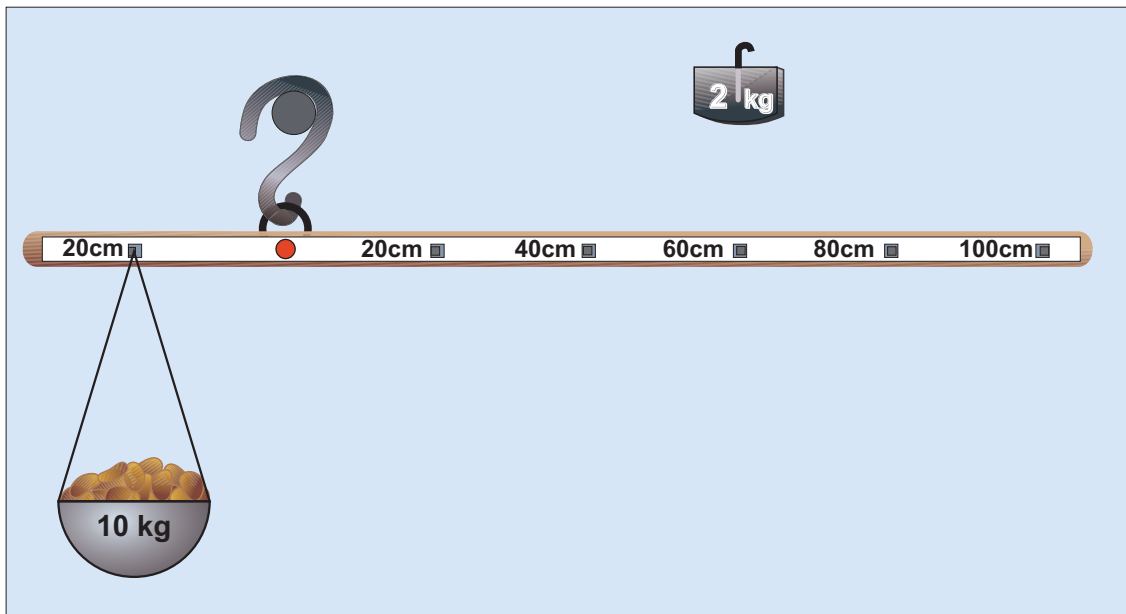
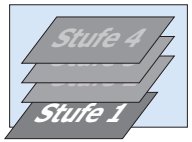
Kai setzt sich vor den Griff.
Was passiert, wenn jetzt beide ihre Füße heben?



- Die Situation „Wippe“ ist bei den Jugendlichen allgemein bekannt.
- Die erste Aufgabe wird in allen Fällen – bei der Ersterprobung – richtig gelöst. Auch die Begründung erfolgt in der Regel zutreffend. Sie beruht offenbar auf „Umgangserfahrung“.
- Erste Probleme tauchen aber häufig bereits bei der 2. Aufgabe auf. Die Lösung ist nicht eindeutig, da die Abstände (des Last- bzw. Kraftarmes) nicht genau zu bestimmen sind. Es ist möglich, dass ein unsicheres Gleichgewicht herrscht.
- Wichtig ist es, hier bereits Vermutungen über die Möglichkeiten zu fordern. Welche Gründe sprechen für die geäußerte Vermutung? Die Lernenden können sich austauschen. Ein Hinweis auf die Entfernung beider Jugendlicher von der Mitte (dem Drehpunkt) und dem unterschiedlichen Gewicht kann Anstöße für Erinnerungen und Überlegungen geben.
- Die Argumente geben diagnostische Hinweise darauf, ob ein grundlegendes Verständnis der Hebelwirkung aus der Erfahrung bereits abgeleitet werden kann.
- Falls dies nicht der Fall ist, müssen diese Umgangserfahrungen nachgeholt und bewusst gemacht werden, bevor weiter gearbeitet wird.
- Die Verallgemeinerung, dass „Fachleute von Hebeln sprechen“ dient zur Einführung des grundlegenden Fachbegriffs.

Waage

Manchmal sieht man noch alte Waagen.



Die Balkenwaage muss gerade bleiben!

An welche Stelle muss das Gewicht umgehängt werden, wenn in der Schale 10 kg Kartoffeln sind?

Zeichne es ein. Warum? Begründe!

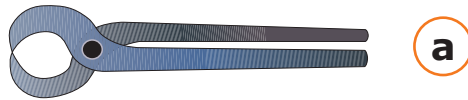
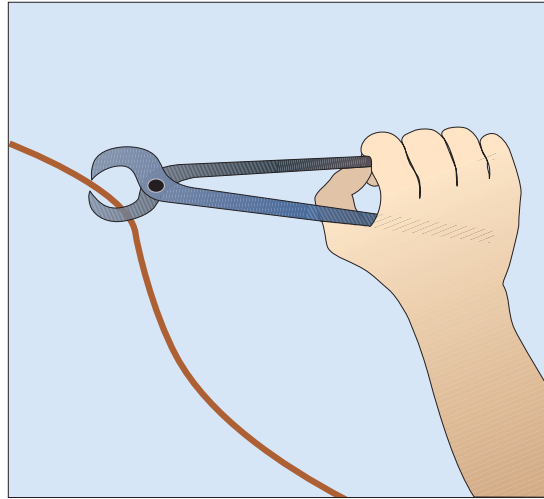
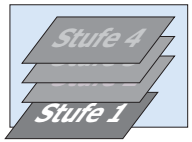


Was fällt dir auf, wenn du die beiden Seiten der Waage vergleichst?

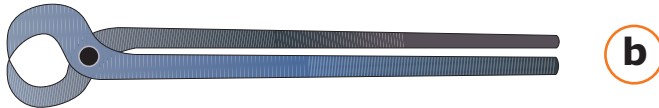
Fachleute sprechen auch bei der Waage von einem **Hebel**.

- Die „alte Waage“ (römische Schnellwaage) ist vielen Jugendlichen nicht mehr bekannt. Das Beispiel wurde aber gewählt, um Übertragungsmöglichkeiten („transfer“) anzuregen.
- Wenn die ersten beiden Aufgaben der Wippe befriedigend gelöst worden sind, sollen die dabei erworbenen Einsichten auf die Waage übertragen werden können.
- Das entscheidende Moment ist auch hier das Verhältnis von den Gewichten (kg) und der Entfernung – Länge (cm) – vom Drehpunkt, an dem die Kräfte angreifen. Deshalb sind die Maße nun zusätzlich zum Gewicht angegeben. Diese Übertragung sollte den Jugendlichen wenigstens annähernd gelingen. Der mathematische Zusammenhang kann, muss aber noch nicht genau formuliert werden.
- Falls die Waage überhaupt nicht bekannt und ein Exemplar nicht vorhanden ist, kann ein einfaches Modell aus einer Holzleiste herangezogen werden. Wichtig ist in diesem Fall, dass Maße erkennbar werden (einfach je ein Maßbandstreifen – aus dem Baumarkt – vom Drehpunkt ausgehend aufkleben). So lassen sich schnell einfache Versuche durchführen.
- Der Begriff Hebel soll bei den Jugendlichen mit dem Verhältnis von Gewicht und Länge in Verbindung gebracht werden.
- Die Einheit „Gewicht“ wird im vorliegenden Kontext noch umgangssprachlich benutzt. Die physikalisch korrekte Einheit ist das **Newton (N)**. Diese Einheit wird hier nicht verwendet, es sei denn, sie wäre bereits eingeführt.

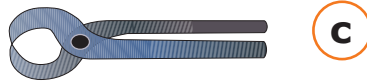
Ein dicker Draht muss durchgekniffen werden



a



b



c

Welche Zange würdest du nehmen? Begründe!

Zange:

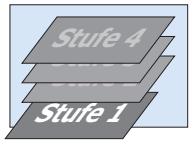
Astschere:

Kannst du auch begründen, warum Astscheren und Bolzenschneider so lange Hebelarme haben?



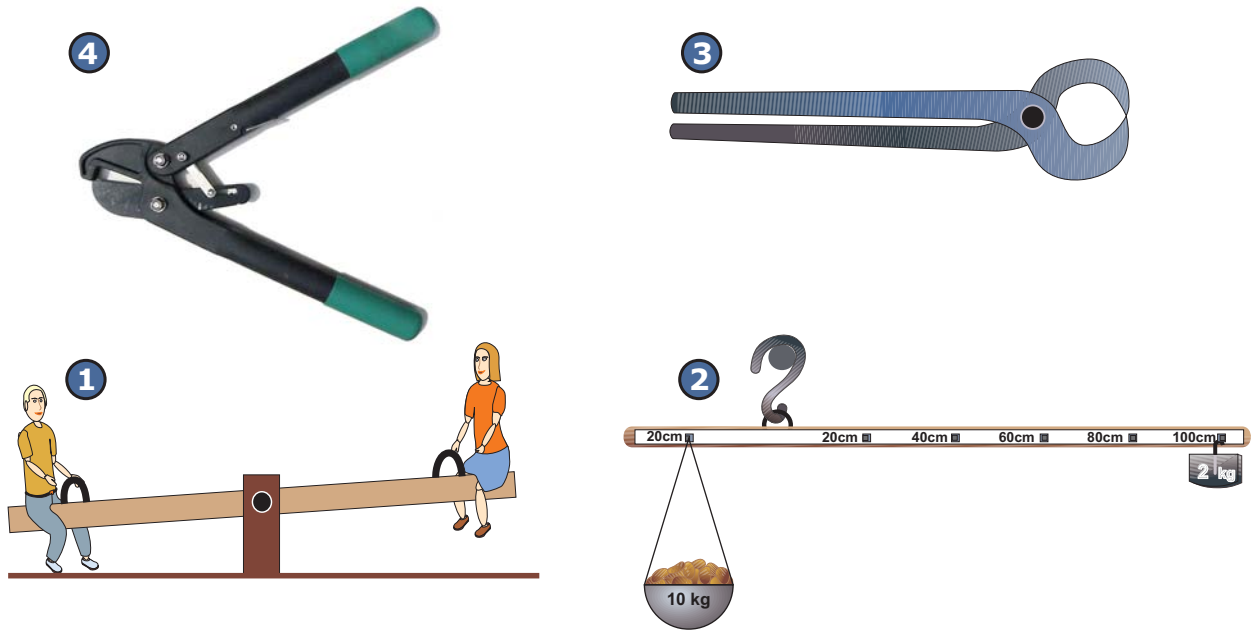
- Die Schneiden der Zangen – obwohl es sich um Verkleinerungen eines Modells handelt – werden zum Teil als unterschiedlich ausgeformt angesehen. Ein Hinweis dass es sich um das gleiche Modell – die sich „nur“ in der Größe/Länge unterscheiden – handelt, kann auf den „wesentlichen“ Unterschied, die Länge des Hebelarms (Kraftarm) lenken.
- Bolzenschneider und Astscheren sind vielleicht nicht nicht allgemein bekannt, so dass verschiedene Modelle von vergleichbaren Schneidwerkzeugen aus der Schulwerkstatt, von Hausmeistern ... als Ersatz und Ergänzung herangezogen werden können. Auch hier geht es um die Länge der „Kraftarme“.
- Beide „Probleme“ werden minimiert, wenn eine Erfahrungsbasis mit entsprechenden Werkzeugen geschaffen wird.
- Auch hier geht es um die sprachliche Begründung der Auswahl, bei der auf die Verwendung der Begriffe geachtet werden sollte.
- Die angehängten „Lösungshilfen“ lenken das Augenmerk auf die bereits gesicherten fachlichen Grundlagen und bereiten die folgenden begrifflichen Verallgemeinerungen vor.

Gemeinsamkeiten suchen – Unterschiede finden



Wippe ①, Waage ②, Kneifzange ③ und Astschere ④ haben alle gemeinsam:

- ✗ sie haben zwei Seiten.
- ✗ sie haben einen Punkt um den sich die Seiten drehen.



Versuche die beiden Seiten (Hebelarme) herauszufinden, wo beginnen sie?

Umkreise (markiere) den Punkt um den sich die Seiten drehen!

Nun vergleiche die Entfernung – den zurückgelegten Weg an beiden Enden der Waage, Wippe und Zangen.

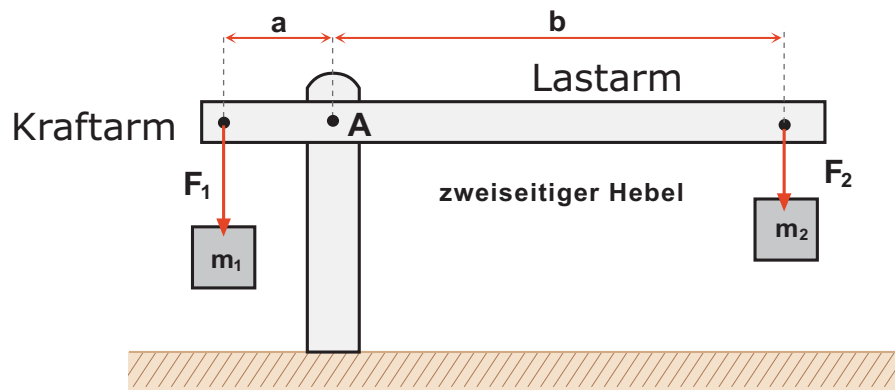
Was stellst du fest?

Was man an Kraft „spart“, führt zu einem weiteren Weg! Trotzdem wird die Arbeit aber leichter.

- Nur wenn der Blick auf die Beachtung der Länge der Hebelarme gerichtet wurde, können die Jugendlichen die unterschiedliche Länge bei den Beispielen erkennen (und zeigen, benennen und oder skizzieren). Evtl. kann auch die Strecke gemessen werden. Hilfreich ist es, die genutzten Beispiele (Werkzeug ...) noch zur Anschauung bereit zu halten.
- Der zweite Teil der Aufgabe richtet sich nun auf den Weg, der auf den beiden Seiten des Hebels zurückgelegt wird. Dies kann mit einem Werkzeug mit einem langem Kraftarm, einer Astschere, einem Bolzenschneider... erprobt werden. Gemessen wird der Weg des Schneidwerkzeuges und der Bewegung am Ende des Kraftarms, dort wo die Hände zupacken.
- Möglich ist auch ein einfaches Modell aus zwei Holzleisten, die an unterschiedlichen Stellen drehbar zusammengeschaubt werden können.
- "Arbeit" wird hier (noch) nicht als physikalischer Begriff genutzt, da in diesem elementaren Trainingsbaustein auf die Dimensionen/Größen verzichtet wird.

Die Fachleute bezeichnen alle Hebel die zwei Seiten haben, als **zweiseitige Hebel**.

Damit wir besser verstehen, wie Hebel grundsätzlich funktionieren, werden die einzelnen Teile mit Fachwörtern genau bezeichnet.



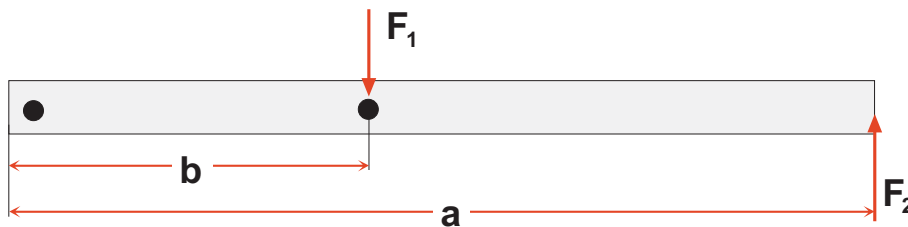
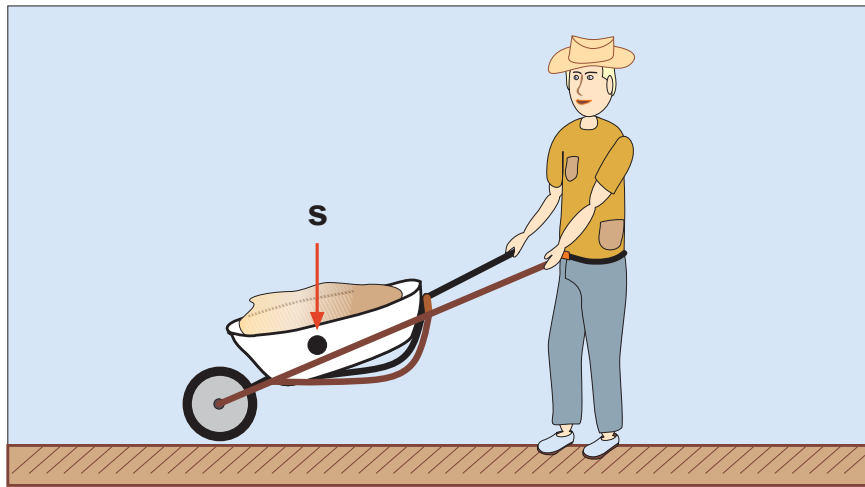
Schau die Skizze genau an und wende die Begriffe Kraftarm, Lastarm, und Kraft, Last auch auf die Wippe, die Zangen und andere Beispiele an.

Beispiel 1

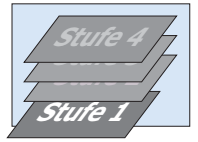
Beispiel 2

- Die Fachbegriffe sind notwendig, um die allgemeine Grundlage in der Formulierung des Hebelgesetzes zu verstehen. Damit wird eine wichtige Verallgemeinerung geleistet, die zugleich eine Voraussetzung für die weitere (mathematische) Durchdringung der Hebelgesetzes schafft.
- Evtl. kann es vorkommen, dass ein einseitiger Hebel als Beispiel genannt wird. Typisch dafür ist eine einfache Schubkarre. Es sollte nur bei Bedarf auf diesen Fall eingegangen werden. Dies gilt auch für abgewinkelte Hebel.

Beim einseitigen Hebel ist der Drehpunkt an einem Ende, Lastarm und Kraftarm befinden sich auf der gleichen Seite. Entscheidend ist der Schwerpunkt (der Gewichtskraft). Er wird mit dem Buchstaben S bezeichnet.



Nun fassen wir alles zusammen:



Die Fachleute haben für alle vergleichbaren Hebel bestimmte Begriffe eingeführt:

- ✘ Der Punkt um den sich alles dreht heißt: **Drehpunkt**.
- ✘ Die zwei Seiten werden als Arme bezeichnet. Sie werden als **Kraftarm** und als **Lastarm** unterschieden. Sie werden mit den kleinen Buchstaben a und b bezeichnet.
- ✘ Wo die Last bzw. die Kraft ansetzt, wird die Stelle mit den Großbuchstaben F_L bzw. F_K bezeichnet.
- ✘ Alles zusammen wird als Hebel bezeichnet.

Versuche nun den Satz zu erklären:

Kraft mal Kraftarm = Last mal Lastarm

Denke dabei an Kraft und Weg.

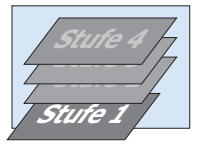
Benutze dabei die Beispiele auf den Arbeitsblättern und finde selbst weitere.

(Schere, Türklinke, Schubkarre, Locher, Wasserhahn ...
Fahrradlenker, Bremshebel ...)

Beispiel 1

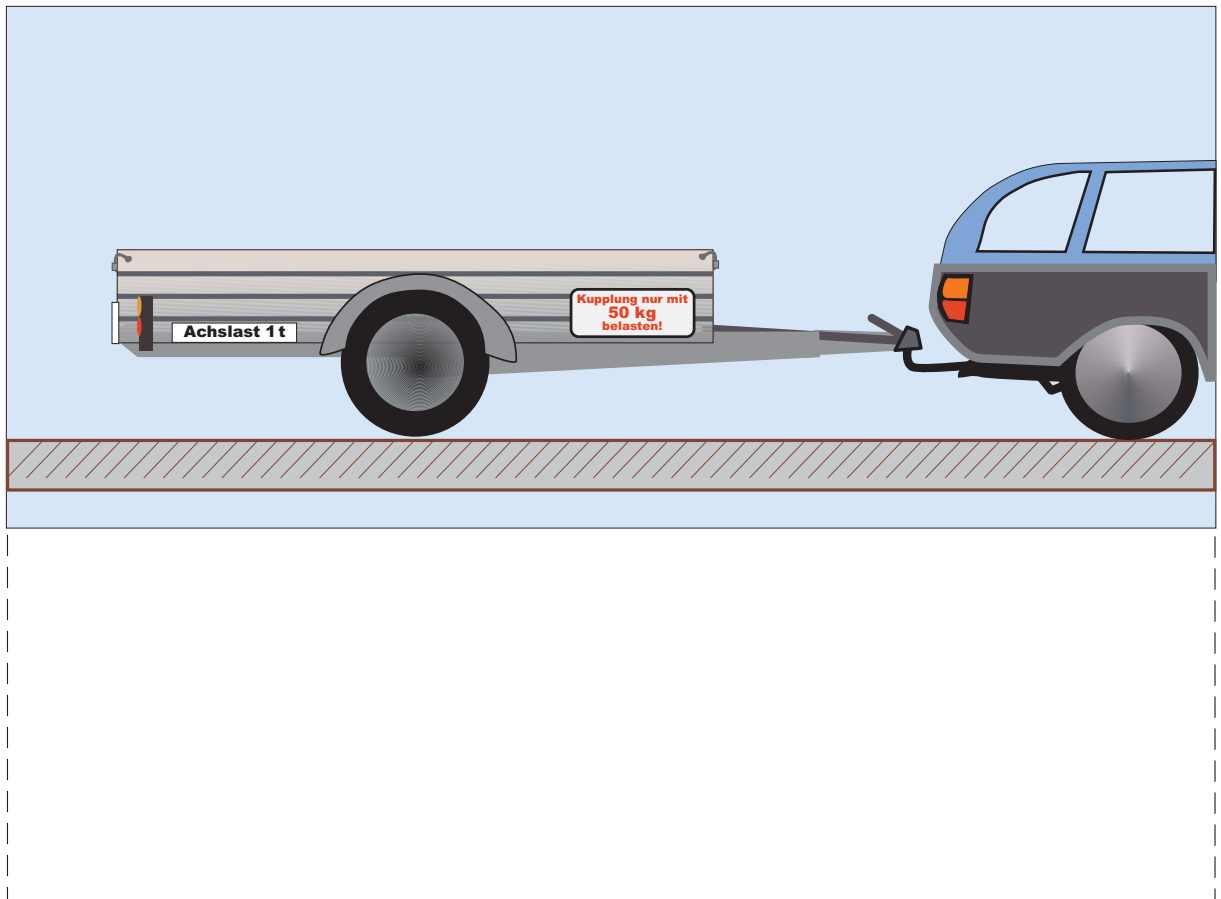
Beispiel 2

PKW-Anhänger



Du hast nun die wichtigsten Begriffe und Grundlagen vom Hebel gelernt.

Nun schreibe und zeichne die Fachbegriffe in die Abbildung.



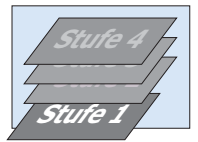
Wie ist das möglich?

Die Anhängerkuppelung darf höchstens mit 50 kg belastet werden, der Anhänger aber mit 1 000 kg?

Verwende bei deiner Erklärung die Fachbegriffe.

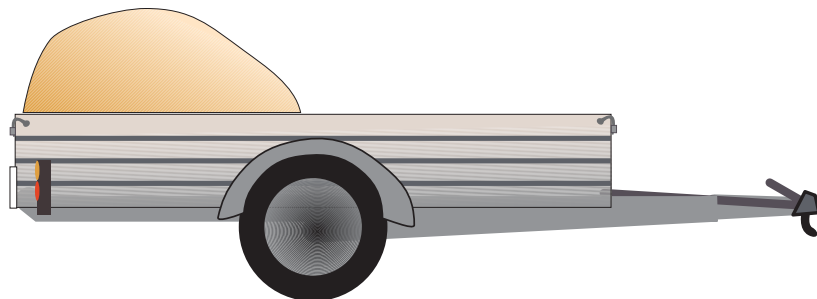
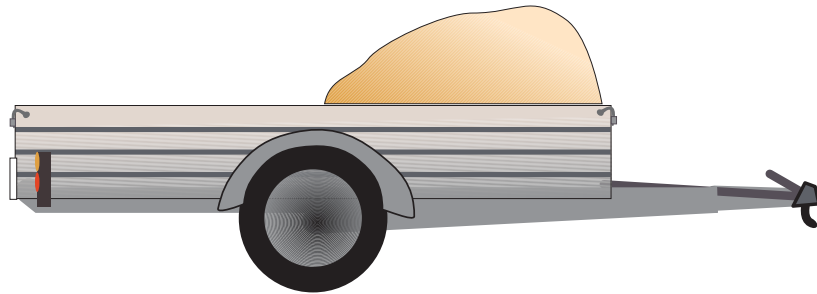
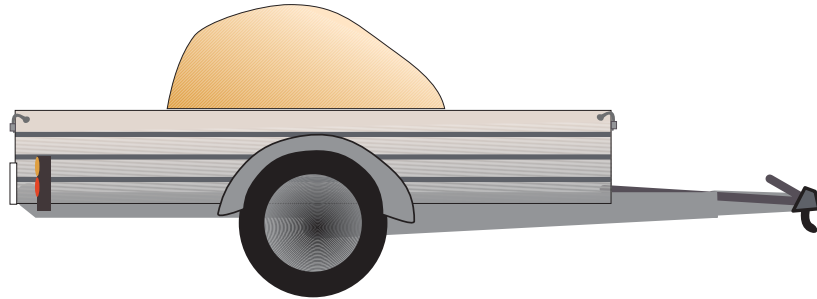


PKW-Anhänger II



Der Anhänger ist unterschiedlich beladen.

Nun schreibe und zeichne die Fachbegriffe in die Abbildung.

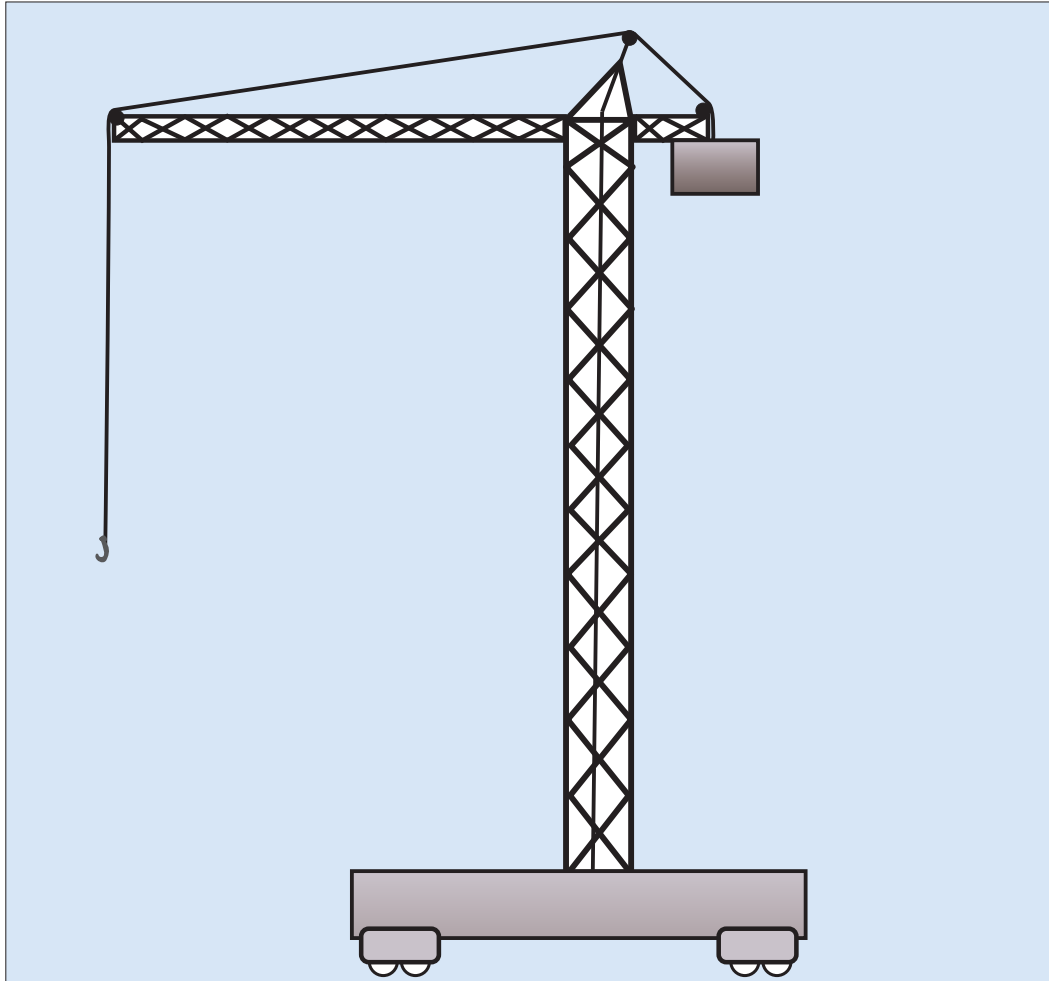


Markiere in den Bildern jeweils den Drehpunkt. Zeichne den Schwerpunkt für die Last in die Bilder ein.

Kennzeichne jeweils den Lastarm und den Kraftarm.

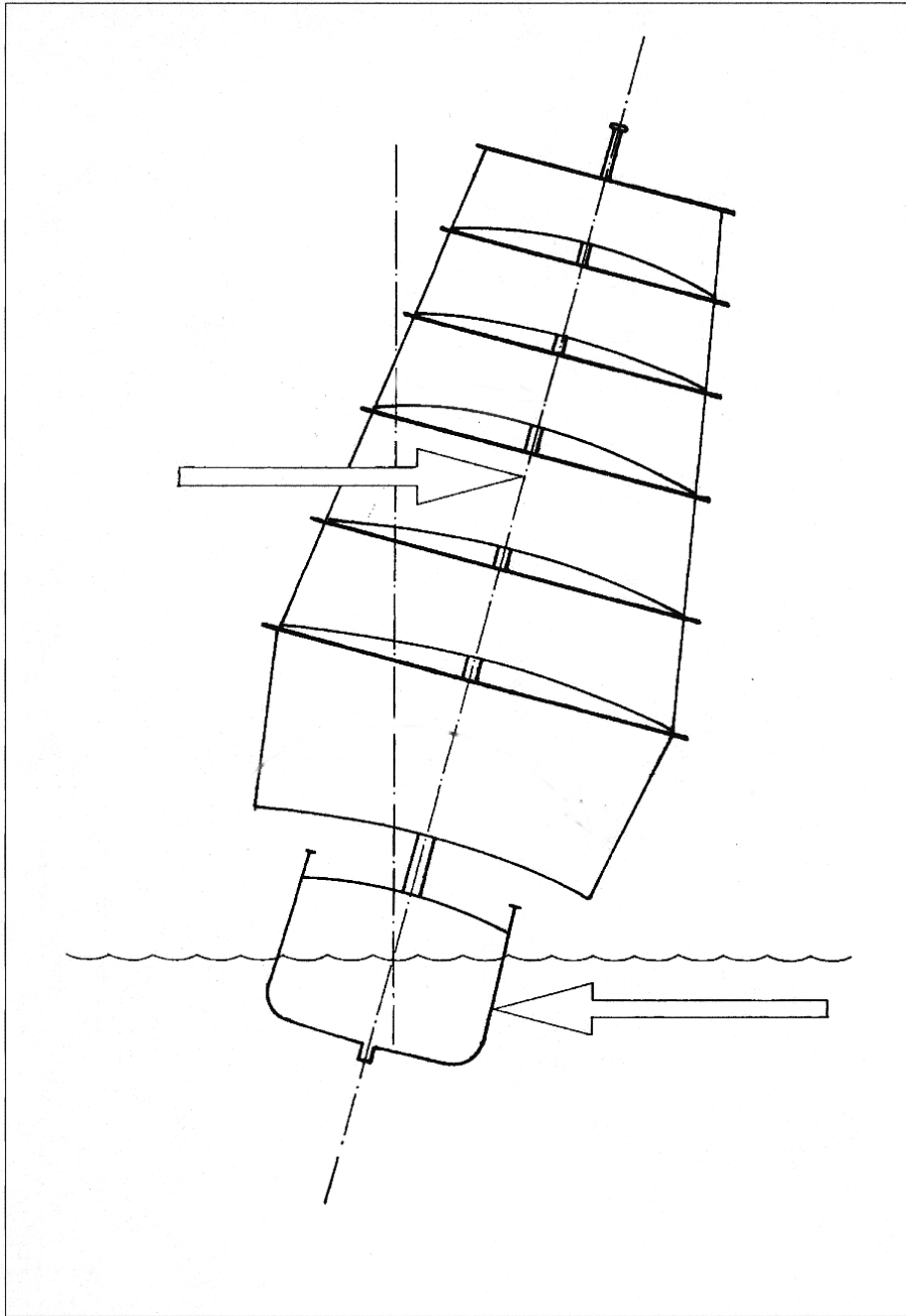
Erkläre die Unterschiede.

- Die drei Aufgaben **PKW Anhänger**, **Hochbaukran** und **Segelschiff** sollen/können alternativ zur Vertiefung, dem Transfer und schließlich zur Kontrolle über den Lernfortschritt eingesetzt werden. Die Aufgaben sind an schwierigeren Testaufgaben aus Berufseignungstest orientiert.
- Die Aufgaben können ohne und mit expliziter Nutzung der gelernten Fachbegriffe und der Formulierung des Hebelgesetzes beantwortet werden. Die Art der Antworten geben diagnostische Hinweise auf Herangehensweise der Jugendlichen und den erzielten Lernfortschritt.



Solche Krane sieht man auf vielen Baustellen.
 Kennzeichne Last und Lastarm in der Abbildung. Wo ist der Drehpunkt? Welche Aufgabe hat das Gegengewicht?
 Wie groß darf die Last im Vergleich zum Gegengewicht sein, damit der Kran nicht umkippt (im Gleichgewicht ist)?

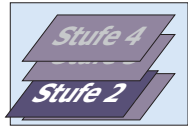
Beschreibe und verwende die Fachbegriffe.



Versuche zu erklären, wann das Schiff umkippt („kentert“, sagen die Segler).

Kannst du nun auch erklären, warum sich bei Sportsegelbooten die Segler manchmal weit aus dem Boot hängen?

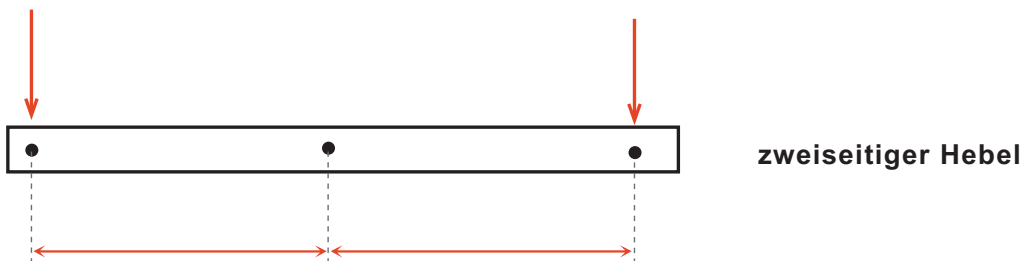
Hebelgesetz 1



Jetzt geht es um die Theorie – Naturgesetz erkennen

In Wissenschaft und Technik wird versucht, die Zusammenhänge so genau zu erkennen, dass sie **berechenbar** werden. Das gilt auch für das Hebelgesetz.

Hier wird nur der Idealfall berücksichtigt, ein zweiseitiger Hebel mit senkrecht ansetzenden Kräften.



Setze die richtigen Bezeichnungen (Buchstaben!) in die Zeichnung.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten das Hebel zu formulieren. Der Techniker sagt zum Beispiel:

Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn die Summe aller am Hebel wirksamen Drehmomente gleich Null ist.

Das Drehmoment ergibt sich aus Kraft mal Hebelarm.

Drehmomente = Kraft mal Hebelarm

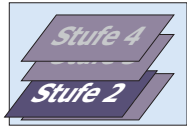
Der Mechaniker formuliert:

Am Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn Kraft mal Kraftarm gleich Last mal Lastarm ist.

Versuche das Hebelgesetz an selbst gewählten Beispielen mit eigenen Wörtern zu erläutern.

- Die folgenden Arbeitsblätter sollten nur bearbeitet werden, wenn von den Jugendlichen zuvor die erste Stufe – einschließlich der Anwendung der Fachbegriffe – erfolgreich abgeschlossen wurde. Das richtige Eintragen der Zeichen in die Skizze des zweiseitigen Hebels ist ein Hinweis auf den Lernerfolg.
- Da hier ein **erstes** Eindringen in die naturwissenschaftlich-mathematischen Grundlagen erfolgt, müssen ein entsprechender Anlass und eine Zielperspektive (Berufsorientierung ...) für die Jugendlichen zur Bearbeitung gegeben sein.
- Der Begriff „Drehmoment“ wird hier eingeführt (ohne auf eine allgemeine Begriffsklärung einzugehen). Auf der hier angezielten Kompetenzstufe reicht es, wenn die Jugendlichen den Begriff mit dem Drehpunkt und den auftretenden Kräften anwenden können.

Hebelgesetz 2



Nun wird es mathematisch:

Um in der Technik Berechnungen durchführen zu können, müssen die Zusammenhänge als Formel dargestellt werden.

✗ Für einen zweiseitigen geraden Hebel bei dem die Kräfte gerade (senkrecht) angreifen gilt:

$$\mathbf{F_1 \cdot a = F_2 \cdot b}$$

So sieht das Hebelgesetz in mathematischer Form aus. Mit dieser Formel können alle zweiseitigen Hebel berechnet werden.

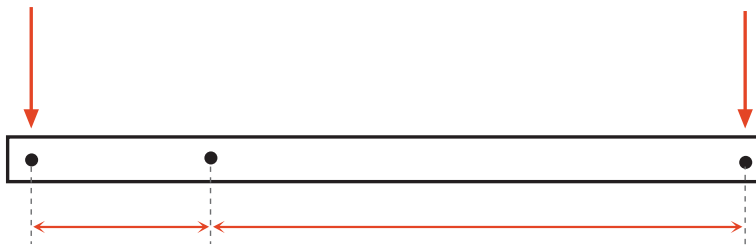
Was bedeuten wohl die Formelzeichen: $\mathbf{F_1}$ und \mathbf{a} ?

Was bedeuten dann die Formelzeichen: $\mathbf{F_2}$ und \mathbf{b} ?

Versuche die folgende Aufgabe zu lösen:

$$\mathbf{F_1 = 20} \quad \mathbf{F_2 = 10}$$

$$\mathbf{a = 5} \quad \mathbf{b = ?}$$



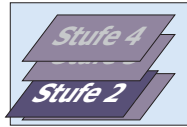
Setze zuerst die Bezeichnungen ($\mathbf{F_1}$, \mathbf{a} ...) an die richtigen Stellen.

Dann überlege, was zu tun ist und rechne!

- Wenn das Verständnis der allgemeinen sprachlichen Fassung gesichert ist, kann die Kurzfassung unter Verwendung der Zeichen eingeführt werden. Zur weiteren Sicherung der Zeichen und ihrer Bedeutung sollen diese in die Skizze eingetragen werden.
- Auf die Einführung der physikalischen Dimensionen/Einheiten wird auf diesem Kompetenzniveau wegen der damit verbundenen Schwierigkeiten noch verzichtet.
- Die Lösung der Aufgaben setzt voraus, dass die sehr einfache Gleichung verstanden wird. Bei der ersten Aufgabe (Blatt 2) „springt“ die richtige Lösung noch ohne schwierige Zahlen sofort ins Auge, wenn das Prinzip verstanden wurde. Es kann hierbei ein Bezug zu den Beispielen (Waage) des ersten Teils des Trainings hergestellt werden.
- Die zweite Aufgabe (Blatt EX 3) sollte ohne Hinweise und Unterstützung gelöst werden, auch wenn die Werte etwas schwieriger zu rechnen sind.
- Eine weitere Steigerung wird erreicht, wenn die Jugendlichen selbst entsprechende Aufgaben entwickeln können, diese von anderen lösen lassen und sie selbst kontrollieren. Damit können sie zeigen, dass sie das Prinzip nicht nur mechanisch beherrschen, sondern auch anwenden können.
- Hilfreich ist es, bei den Aufgaben immer wieder Bezüge zu den im Training verwendeten Gegenständen (Werkzeug ...) und Beispielen herzustellen.

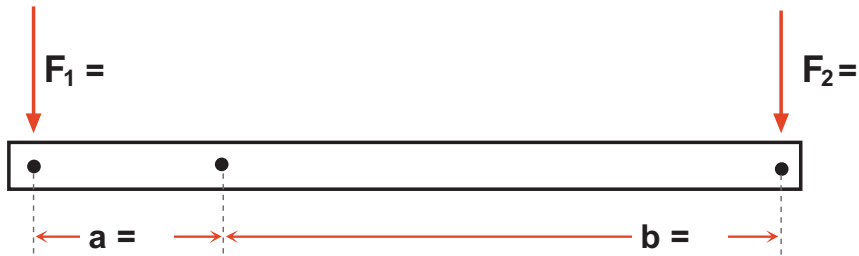
Bei den verschiedenen Varianten zur Formulierung des Hebelgesetzes wird der Bogen von der verbalen Form bis zur mathematischen Formel gespannt. So schließt sich der Kreis zur Eingangsbemerkung „...Zusammenhänge ... berechenbar werden“.

Versuche nun, die folgende Berechnung durchzuführen:



Wenn du die vorausgehende Aufgabe geschafft hast, kannst du auch die nächste Aufgabe lösen.

$F_1 = 9$ $a = 6$ $F_2 = ?$ $b = 18$

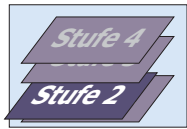


Setze zuerst die Bezeichnungen an die richtige Stelle und rechne dann.

Nun finde selbst eine Aufgabe!

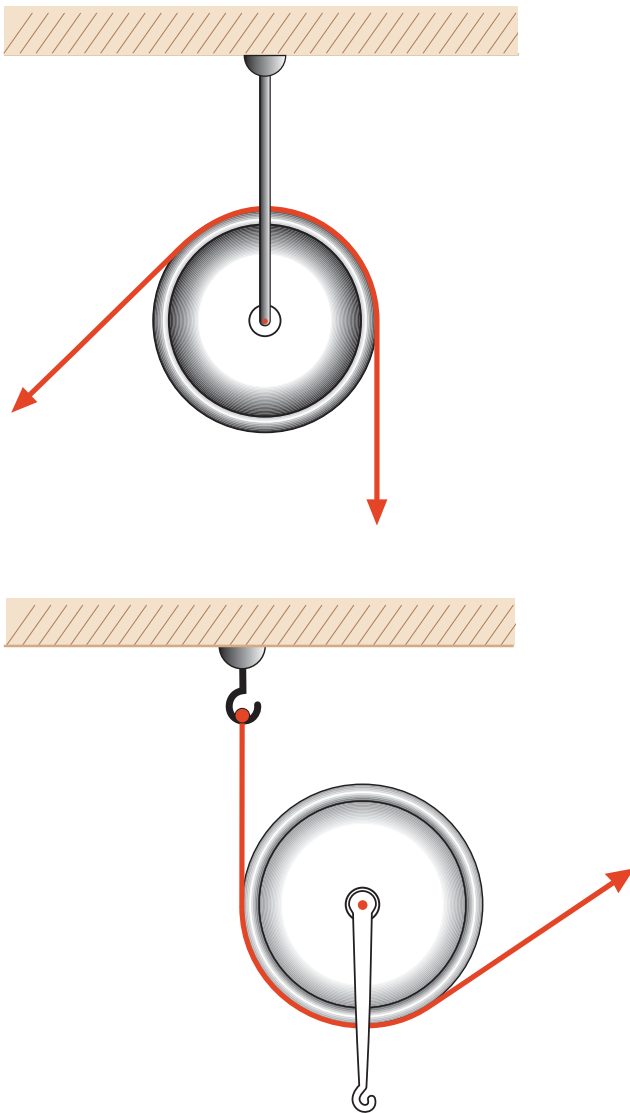
Lass sie von jemand lösen, der auch die Aufgaben auf Blatt 2 bearbeitet hat. Kontrolliere das Ergebnis.

Flaschenzug 1



Auch Räder (genauer Rollen) wirken – physikalisch und technisch - als Hebel. Wie alle Hebel, erleichtern auch sie die Arbeit.

Auf Baustellen sieht man manchmal noch ganz einfache Hebevorrichtungen mit Rollen.



Wo können hier Hebel verborgen sein? Zeichne sie ein.

Mit welcher Rolle können größere Lasten leichter gehoben werden? Warum?

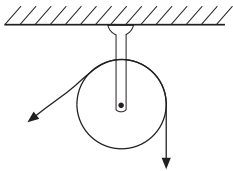
Auch bei dieser Aufgabe sollte nicht auf praktische Versuche mit entsprechendem Material verzichtet werden.

- Die Übertragung der Funktion von Hebeln auf Rollen ist sicher schwierig. Als ein Anhaltspunkt kann der Hinweis auf den Drehpunkt dienen.
- Bei der losen Rolle wirkt ein einseitiger Hebel, was hier jedoch nicht weiter im Detail thematisiert werden muss (Vgl. **Stufe 1, Blatt 5 – Für die Lehrende** des ersten Teils).

Anmerkung: Der Lösungshinweis (Arbeitsblatt) ist hier (bei den Rollen) meines Erachtens sehr wichtig, weil den Schülern die Erfahrungen fehlen. Sie werden kaum in der Lage sein, den einseitigen Hebel zu erkennen oder einzuschätzen, welche Kräfte notwendig sind. Hier ist „Ausprobieren“ die optimale Variante. Erst danach solle man zur Kombination von Rollen (Flaschenzug) übergehen.

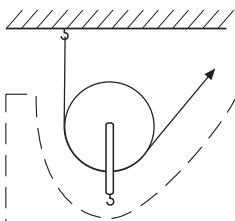
Leichter kommt man dahinter, wenn es einfach ausprobiert wird. Versuche es durch zeichnen, wo könnte ein Hebel versteckt sein?

Feste Rolle: Du erkennst vielleicht einen zweiseitigen Hebel.



Wie verhalten sich die Kräfte?
Wende das Hebelgesetz an.

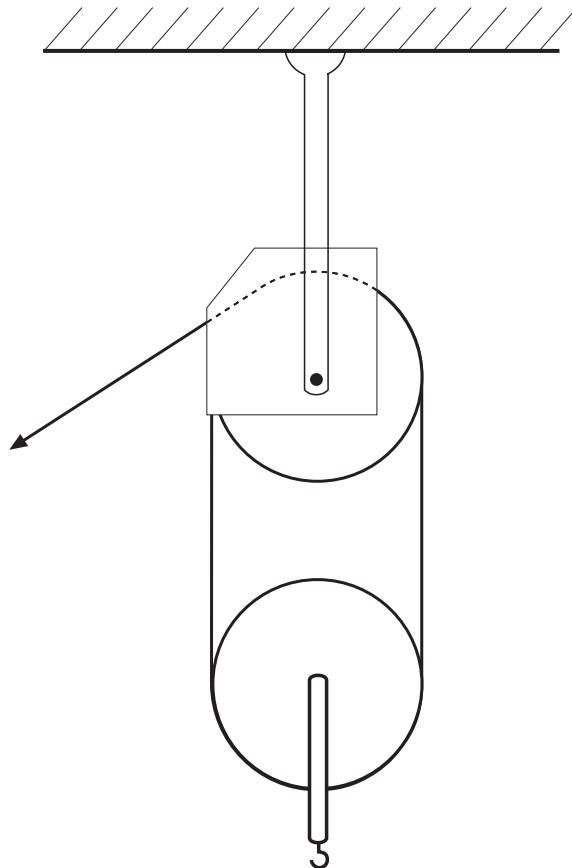
Lose Rolle: Wie groß ist die Kraft, die du aufwenden musst? Hast du eine Veränderung zum Kraftaufwand bei der festen Rolle bemerkt?



Warum ist das so? Erkläre deine Vermutung!

Eine Vorrichtung aus einer losen und einer festen Rolle wird „Flaschenzug“ genannt.

(„Flasche“ ist die Bezeichnung für das Gestell, in dem die Rolle gelagert ist.)



Flaschenzüge, oft mit vielen Rollen, werden an vielen Stellen in der Technik gebraucht: Autokrane, Schiffe, Hochbaukran, Werkstätten ...

Wir untersuchen die Wirkung an einem Modell.

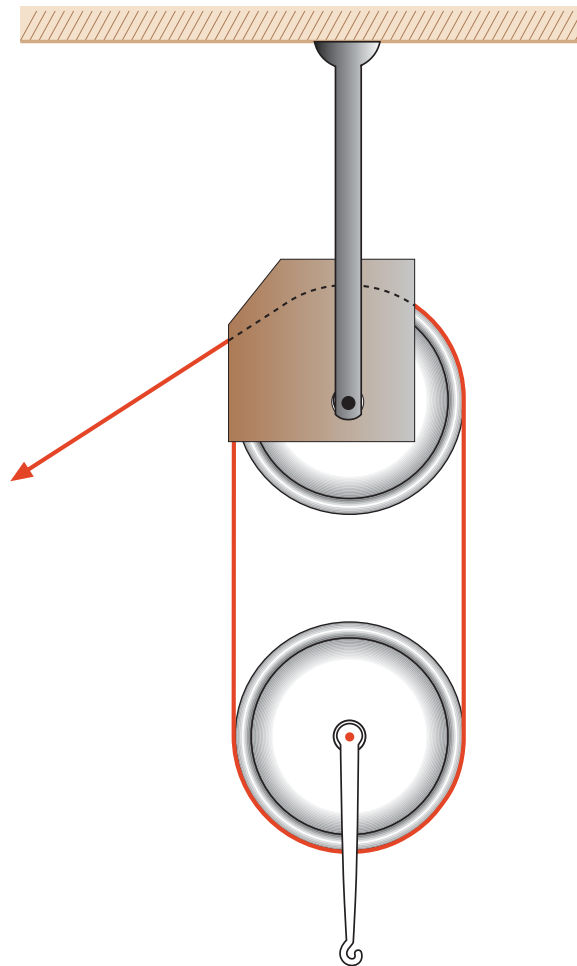
Untersuche die Führung des Seils und führe Hebeversuche durch. Benutze dabei Kraftmesser und unterschiedliche Gewichte!

Du kannst auch die Länge der Hubstrecke (Wie hoch wurde das Gewicht gehoben?) ausmessen.

Miss auch die Länge des Seils.

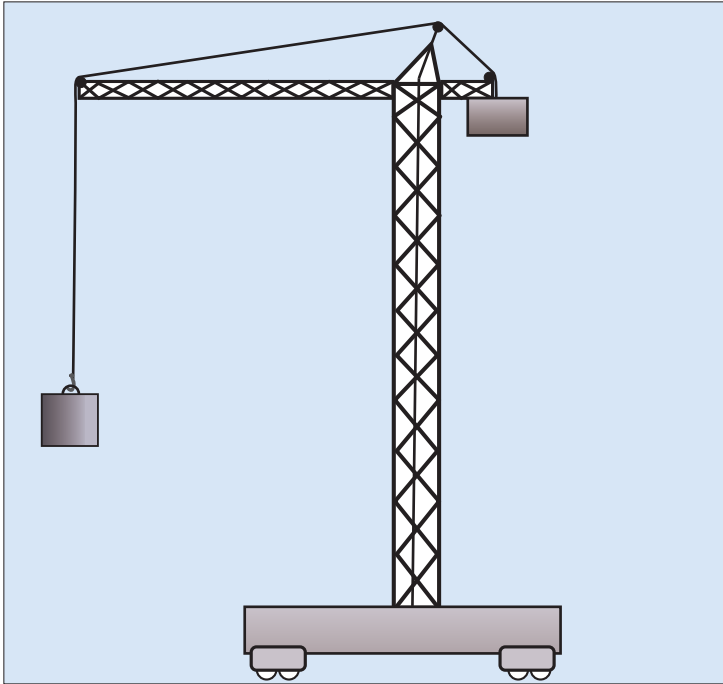
Was stellst du fest? Begründe die Ergebnisse mit dem Hebelgesetz.

- Ohne eine Auseinandersetzung mit konkreten Rollen und Flaschenzügen wird die Einsicht in die Funktion nicht zu erreichen sein. Die Jugendlichen müssen genügend Gelegenheiten haben, selbst Versuche durchzuführen. Das Material dafür ist leicht zu beschaffen und sehr kostengünstig. Selbst ein Flaschenzug mit mehreren nebeneinander liegenden Rollen aus dem Baumarkt kostet kaum mehr als 10 Euro. Damit lassen sich wenig aufwändig, zahlreiche spannende und motivierende Versuche auch im Freien durchführen.
- Die möglichen Erkenntnisse werden zunächst auf der Ebene der Umgangserfahrungen und der ersten Begriffe angebahnt. Dies entspricht dem ersten fachlichen Kompetenzniveau.
- Aus dem Umgang mit der losen Rolle wird „erfahren“, dass der notwendige Kraftweg deutlich geringer als bei der festen Rolle wird, dafür aber der Weg (des Seils) ebenso deutlich länger wird. Hier kann eine Analogie zu den Hebeln hergestellt werden.



Bei Baukranen, Autokranen usw. sind oft mehrere Rollen in einer Flasche zusammen (nebeneinander) montiert.

Wir untersuchen die Wirkung an einem Modell.

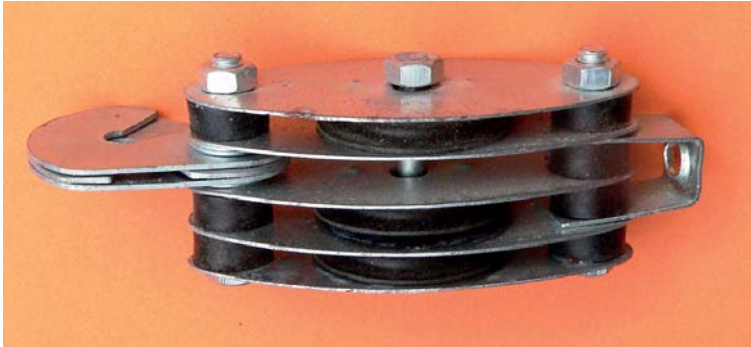
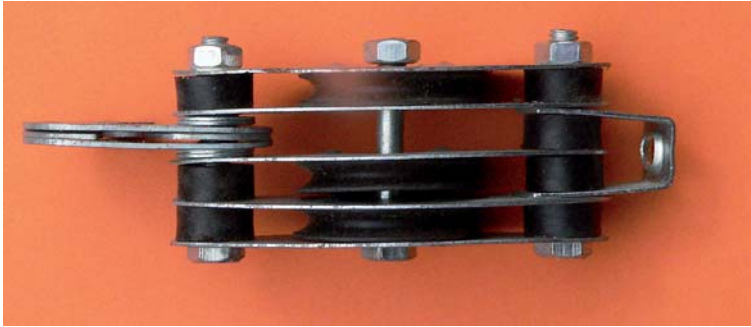


Untersuche die Führung des Seils und mache Hebeversuche.

Benutze dabei Kraftmesser und unterschiedliche Gewichte!
 Du kannst auch die Länge der Hubstrecke (Wie hoch wurde das Gewicht gehoben?) ausmessen

Miss auch die Länge des Seils.

Was stellst du fest? Begründe die Ergebnisse mit dem Hebelgesetz.



Ein ähnliches Modell hat der italienische Forscher Leonardo da Vinci schon vor ungefähr 500 Jahren entworfen und gezeichnet. Er hat sich auch mit den Hebelgesetzen befasst.

Zähle die festen und losen Rollen und miss die Kräfte und den Weg des Seils

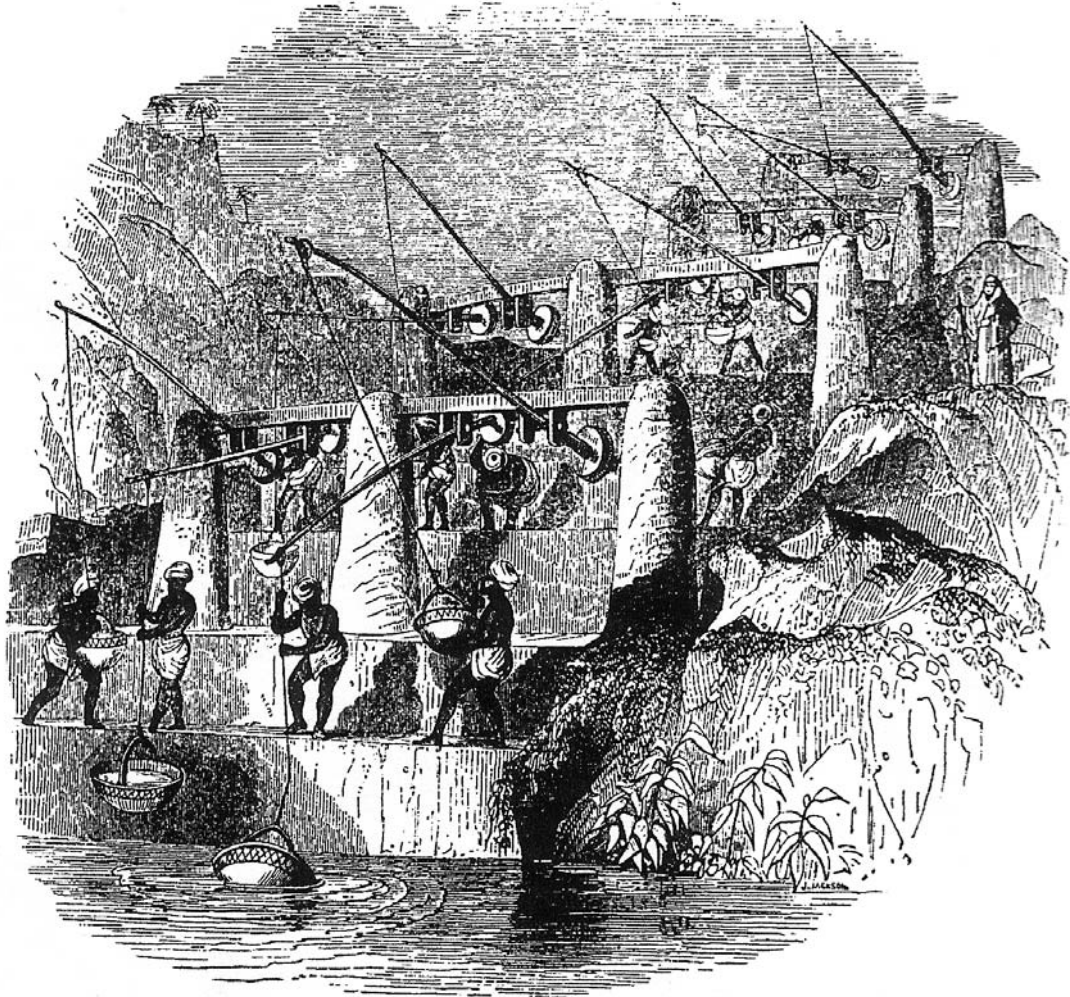
Was stellst du fest?

Oft werden viele feste und lose Rollen kombiniert, um sehr schwere Lasten zu heben. So bei Baukränen und Schiffskränen.

- Die Aufgaben zum da Vinci-Modell dienen vor allem der vertiefenden Sicherungen und /oder der Kontrolle des Kompetenzzuwachses. Sie setzen eine Analyse der Abbildung voraus, die mit den Erfahrungen der vorausgehenden Versuche verknüpft werden (Transfer). Die Anordnung der Rollen ist besonders anschaulich und die Seilführung viel deutlicher zu erkennen.
- Die über einhundert Jahre alte Zeichnung der ägyptischen Hebeanlage zum Bewässern von Feldern muss genau analysiert werden. Hier geht es noch mal um die Anwendung von Hebeln. Die Gegengewichte sollten nicht als Rollen interpretiert werden! Deshalb soll auch der Sinn und Zweck der Anlage aus der Anwendung und nicht auf die Anwendung der gerade gelernten Zusammenhänge reduziert werden. Die Bearbeitung sollte deshalb nicht in einen direkten Zusammenhang mit den Flaschenzügen gebracht werden.

Jetzt kannst du ein Bild betrachten, dass mehr als hundert Jahre alt ist.

Was genau machen die Menschen auf dem Bild?



Historische Zeichnung mit ägyptischem Schaduf in mehreren Stufen

Beschreibe die Tätigkeiten und die verwendete Anlage.

Nutze dabei deine Kenntnisse von Hebeln und von Rollen und Flaschenzügen.