



Physik im Kontext

**Der
Kraftbegriff**
Einführung
und Stationenarbeit

Klasse 8
Schulart: beliebig

Schulset Hamburg

Hamburg im Mai 2007



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bildung und Sport

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Bildung und Sport
Amt für Bildung - B 22 -
Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg
Referat: Math.-naturwissenschaftlich-technischer
Unterricht

Referatsleitung: Werner Renz, B 22-2
IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik
der Naturwissenschaften
Olshausenstraße 62, 44098 Kiel
Projekt *Physik im Kontext*

Redaktion:

Manfred Bergunde, Friedrich-Ebert-Gymnasium
Olaf Colditz, Kurt-Körber-Gymnasium
Dr. Michael Hildebrandt, Gymnasium Süderelbe
Henrik Kruse, Gymnasium Süderelbe
Elke Notz, Friedrich-Ebert-Gymnasium
Dr. Andreas Richter, Gymnasium Süderelbe
Dr. Christian Sikorski, Kurt-Körber-Gymnasium
Dr. Ulrike Vogt, Gymnasium Süderelbe

Hamburg 2007

„Physik im Kontext“ (piko)

ist ein Programm*, das die naturwissenschaftliche Grundbildung von Schülerinnen und Schülern durch Physikunterricht fördern will. Dabei arbeiten erfahrene Lehrkräfte und Fachdidaktiker gemeinsam in sogenannten „Schulsets“ an der Entwicklung von neuen Unterrichtskonzepten und Materialien, die sich an drei Leitlinien orientieren:

- 1. Entwicklung einer neuen Lehr-Lern-Kultur:** Ein methodisch vielfältiger und auf die Lernziele abgestimmter Unterricht bietet Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Zugänge zu einem Thema, hilft bei der Überwindung von Lernschwierigkeiten und kann selbstgesteuertes Lernen ermöglichen. Die Anbindung an Alltagskontexte fördert Interesse und Motivation.
- 2. Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens, Arbeitens und Anwendens:** Ein grundlegendes Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen kann Schülerinnen und Schüler zu eigenständiger Arbeit befähigen sowie die Anwendung schulischen Wissens in der Auseinandersetzung mit Problemen aus Alltag und Lebenswelt fördern.
- 3. Integration von Themen aus dem Bereich moderne Physik/ Technologien:** Moderne Themen können als Anwendungskontexte das Interesse von Schülerinnen und Schülern fördern. In höheren Jahrgangsstufen kann darüber hinaus ein Grundverständnis für moderne theoretische Perspektiven entwickelt werden.

Die vorliegende Handreichung ist ein Produkt der piko-Arbeit im Schulset Hamburg.

* Das Programm wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel in Kooperation mit den Universitäten Kassel und Paderborn, der Humboldt-Universität zu Berlin und der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Erläuterungen

Aufbau der Unterrichtseinheit

- | | |
|----|---|
| V1 | Einleitender Versuch
(nur Lehrerblatt) |
| V2 | Theorie zum einleitenden Versuch
(nur Lehrerblatt) |
| A1 | Bilder zu Kraftwirkungen
(Lehrerblatt) |
| A1 | Bilder zu Kraftwirkungen
(Arbeitsblatt) |
| A2 | Roller
(Lehrerblatt) |
| A2 | Roller
(Arbeitsblatt) |
| A3 | Sandkiste
(Lehrerblatt) |
| A3 | Sandkiste
(Arbeitsblatt) |
| B1 | Schülervorstellungen |

(nur Arbeitsblatt)

- C1 Kräftevergleich und -messung
(Lehrerblatt)
- C1 Kräftevergleich und -messung
(Arbeitsblatt)
- C2 Der Fahrradspeichen-Kraftmesser
(Lehrerblatt)
- C2 Der Fahrradspeichen-Kraftmesser
(Arbeitsblatt)
- C3 Historisches – Robert Hooke
(Lehrerblatt)
- C3 Historisches – Robert Hooke
(Arbeitsblatt)
- D1 Tauziehen
(Lehrerblatt)
- D1 Tauziehen
(Arbeitsblatt)
- D2 Kraftübertragung
(Lehrerblatt)
- D2 Kraftübertragung
(Arbeitsblatt)
- D3 Einkaufswagen
(Lehrerblatt)

D3 Einkaufswagen
 (Arbeitsblatt)

D4 Reißzwecke
 (Lehrerblatt)

D4 Reißzwecke
 (Arbeitsblatt)

E1 Rakete
 (Lehrerblatt)

E1 Rakete
 (Arbeitsblatt)

T1 Test

Allgemeine Erläuterungen

Erfahrungsgemäß bilden die Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang mit Kräften neben einigen richtigen auch diverse falsche Vorstellungen aus; nicht selten halten die Schülerinnen und Schüler an letzteren beharrlich fest. Wegen der zentralen Rolle des Kraftbegriffs im Physikunterricht sind diese Fehlvorstellungen geeignet, das Verständnis in weiten Bereichen der Physik zu behindern.

Beim Abfassen unseres Unterrichtsentwurfs für eine Einheit zum Kraftbegriff war uns die Entwicklung sicherer Grundvorstellungen ein besonderes Anliegen. Unser methodischer Ansatz ging davon aus, dass es für Schülerinnen und Schüler aller Schulformen hilfreich ist, die Vorstellungen aus „körperlichen“ Erfahrungen und deren Reflexion heraus zu entwickeln und ggf. zu korrigieren.

Wegen der angestrebten Gründlichkeit haben wir die Thematik begrenzt, indem wir auf Drehmomente und Vektordarstellung von Kräften verzichtet haben. Diesbezügliche Ergänzungen sind, je nach angestrebter Vollständigkeit, der Lehrkraft überlassen. Stattdessen enthält dieser Entwurf reichlich Experimente, bei denen die Schüler mit unterschiedlichen Wirkungen der Kraft – im Rahmen der thematischen Eingrenzung – vertraut gemacht werden.

Wir hoffen, einige Anregungen gegeben zu haben, wie die Entdeckerfreude unserer Schülerinnen und Schüler zielgerichtet genutzt werden kann, um einen schwierigen Begriff mit sicheren Vorstellungen zu unterfüttern.

Kraftbegriff Klassenstufe 8	
Bezug zum Lehrplan	Dauer
Entwicklung von Grundvorstellungen zum Kraftbegriff	16 Unterrichtsstunden
Ziele der Unterrichtseinheit	
Inhaltliche Schwerpunkte	Methodische Schwerpunkte
Kraft und Kraftwirkungen (ohne Drehmomente)	Praktisches Herantasten an den Begriff unter Einbeziehung körperlicher Erfahrungen Vertiefen an Hand von Stationen

Aufbau der Unterrichtseinheit

Stunde	Unterrichtsbaustein
1.	V1
2.	
3.	Fortsetzung V1, möglichst als Doppelstunde
4.	V2 (Theorie, Erarbeiten des Fachvokabulars)
5.	
6.	
7.	Stationsarbeit (A1, A2, A3, B1, B2)
8.	Sammlung und Reflexion
9.	
10.	
11.	Stationsarbeit C1, C2, C3
12.	
13.	
14.	Sammlung und Reflexion
15.	
16.	
	Stationen D1 bis D4 und E1
	Sammlung und Reflexion
	Test T1, Rückschau

Der Kraftbegriff - Einleitung	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Die Einführung des Begriffs der Kraft: Im Rahmen von Mechanik 2 für Klassenstufe 8 vorgesehen.	2 Stunden, vorzugsweise Doppelstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Die Schüler sollen die Wirkung von Kraft erfahren und ihre Eindrücke durch Beantwortung von Fragen zum Ausdruck bringen.	
Methodische Vorschläge	
An 3 verschiedenen Versuchen sollen die Schüler die Wirkung von Kraft erfahren und ihre Eindrücke durch Beantwortung von Fragen auf unterschiedlichen (farbigen) Metaplankarten notieren. <u>Versuch 1: Ballwanderung:</u> Die Schüler stehen sich in zwei parallelen Reihen gegenüber (Abstand 2 – 3 m). Sie werfen einen Medizinball (möglichst schwer, 4 kg) dem gegenüber stehenden Schüler zu, dieser muss ihn fangen. Er wirft ihn dann dem Schüler zu, der neben dem ersten Werfer steht. So wandert der Ball durch die Reihe (und zurück). (Kraft -> Beschleunigung/Abbremsen) <u>Versuch 2: Kreisball:</u> Die Schüler stehen in einem Kreis (Abstand zum Nachbarn 1 – 2 m). Ein Tennisball (später dann ein Medizinball) soll von den Schülern vorsichtig mit dem Fuß zu seinem Nachbarn so weitergeleitet werden, dass der Ball beim Durchlaufen der Reihe möglichst exakt eine Kreisbahn beschreibt. Dabei muss der Ball ständig in Bewegung bleiben. (Kraft -> Richtungsänderung) <u>Versuch 3: Ballprallen:</u> Die Schüler lassen einen angefeuchteten Tennisball (mit guter Stoffhülle) auf eine saugfähige Unterlage fallen, z.B. aus 1m Höhe auf ein Papierhandtuch. Anschließend werfen sie den Ball möglichst kräftig auf eine gleich geartete zweite saugfähige Unterlage. Auszuwerten sind die beiden Abdrücke, die der Ball hinterlassen hat. (Kraft -> Verformung)	
Material	
Genügend Platz (Pausenhalle / Schulhof) 1 – 2 Medizinbälle (möglichst schwer, 4 kg) 1 – 2 Tennisbälle mit guter Stoffhülle Papierhandtücher Wasser zu Anfeuchten	
Anhang	
<u>Fragestellungen:</u> <u>zum Versuch Ballwanderung:</u>	

V1 - Lehrerblatt

- 1.)
 - a.) Was hast du in deinen Armen gespürt, als du den Ball geworfen hast?
 - b.) Was hast du in deinem Körper gespürt, als du den Ball geworfen hast?
 - c.) Was hast du in deinen Armen gespürt, als du den Ball gefangen hast?
 - d.) Was hast du in deinem Körper gespürt, als du den Ball gefangen hast?
 - e.) Was konntest Du bei den anderen Schülern beim Werfen und Fangen beobachten?

zum Versuch Kreisball:

- 2.)
 - a.) Beschreibe in einem Satz, wie es am leichtesten geht, den Ball sicher weiter zu leiten.
 - b.) Mit welchem Ball fiel es dir leichter, den Ball sicher weiter zu leiten? Woran kann das gelegen haben?

zum Versuch Ballprallen:

- 3.)
 - a.) Beschreibe die Abdrücke der beiden Würfe.
 - b.) Erkläre in einem Satz, wie es zu dem von dir beobachteten Ergebnis kommt.

Anschließend werden die Schüler in 3 (oder 6) Gruppen aufgeteilt und erhalten alle Metaplankarten zu einem Versuch (ggfls. die Hälfte). Sie stellen die Beobachtungen zusammen, formulieren ein Ergebnis und präsentieren es der Klasse.

Der Kraftbegriff – Theorie zur Einleitung

Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Erarbeitung des Fachvokabulars	2 Stunden
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Was ist mit dem bewegten Körper (dem Ball) im einleitenden Versuch passiert?	
Methodische Vorschläge	
Die Schülergruppen präsentieren die von ihnen zusammengefassten Beobachtungen. Das Fachvokabular kann noch nicht verlangt werden. Erarbeitung der 3 Wirkungen der Kraft (fragend-entwickelnd): Beschleunigen/Abbremsen, Richtungsänderung und Verformung. Daraus folgen im gleichen Stil die anderen Begriffe (siehe Anhang). Nach Entwicklung der Zusammenhänge werden die umgangssprachlichen Formulierungen der Schüler aus den Auswertungen analysiert und in die Fachsprache umgesetzt. Es bietet sich an dieser Stelle an, schon den Begriff der trägen Masse einzuführen, da sich dieser fast beiläufig aus den Versuchen herleiten lässt (s. u.: „Widerstand“, „Druck“, „Schwung“).	
Material	
Auswertungen der Schüler aus der Unterrichtseinheit „Einleitender Versuch“	
Anhang	
Die gemeinsame Ursache der 3 Phänomene wird mit „Kraft“ definiert. Dabei kann das umgangssprachliche „Kraft aufwenden“ mit herangezogen werden (um Etwas zu verbiegen muss man „Kraft aufwenden“). Formelzeichen (F, force) und Einheiten (N, Newton) werden eingeführt. Aus der Erfahrung „Je schwerer der Ball, desto mehr Kraft benötige ich beim Werfen“ kann mit leichter Unterstützung schon die Proportionalität angesprochen werden. Der Beweis erfolgt dann an der Station „Kräfte messen“. Analog kann man aus dem ersten Versuch (Ballwanderung) den Zusammenhang „je mehr Kraft ich aufwende, desto schneller fliegt der Ball“ (Beschleunigung) entwickeln. Aus den „Je.....desto“ Beziehungen folgt die Formel $F = m \cdot a$. An dieser Stelle wird noch einmal auf die Präsentationen der Schüler eingegangen. Hier werden sicherlich Begriffe wie „Widerstand“ (Gegenkraft beim Beschleunigen des Balls), „Druck“ (Kraftaufwand beim Abbremsen) oder „Schwung“ (Beschleunigung/Energie des Tennisballs in Versuch 3) fallen. Auf diese physikalisch unkorrekten Begriffe werden die Schüler aufmerksam gemacht und mit den korrekten Begriffen vertraut gemacht.	

V2 – Lehrerblatt

Aus Versuch 1 ergibt sich die Beziehung *actio und reactio* aus den Antworten der Schüler zur letzten Frage (Frage 1e, Was konntest Du bei den anderen Schülern beim Werfen und Fangen beobachten), da dort die Reaktion der Schüler auf die Kraft, die der Ball auf den Schüler ausübt, beschrieben wird.

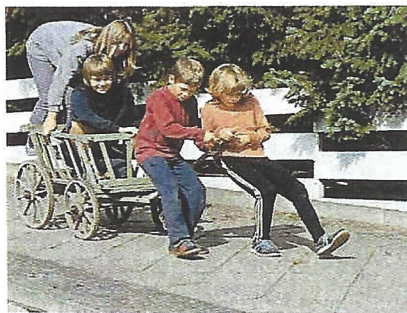
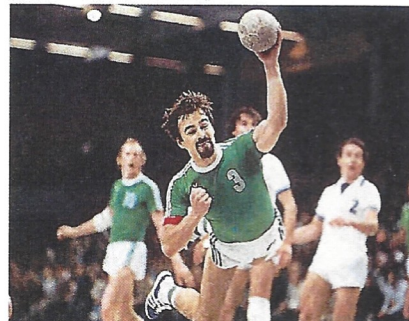
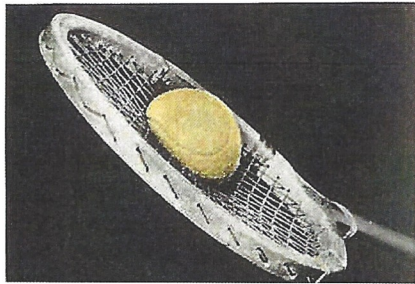
Mit dem Wissen über das Gesetz von *actio und reactio* entdecken die Schüler dieses auch bei den anderen Versuchen.

Kräfte und ihre Wirkungen	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Thema Kraft, Klasse 7 / 8.	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Woran erkennt man die Wirkungen von Kräften?	
Methodische Vorschläge	
Stationen lernen: Schüler sollen erkennen, dass sich durch Kräfte 1. die Richtung eines Körpers ändern kann, 2. ein Körper verformt werden kann; 3. ein Körper schneller oder langsamer bewegen kann.	
Material	
Eine Seite mit Bildern.	
Anhang	

A1

Betrachte die Bilder auf denen die möglichen Wirkungen von Kräften dargestellt sind.

- a) Notiere noch einmal die drei möglichen Wirkungen von Kräften.
- b) Ordne jedem Bild alle dargestellten Wirkungen zu.



Wirkung von Kraft Fahren mit einem Roller	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Welche weiteren Wirkungen von Kraft gibt es?	
Methodische Vorschläge	
Stationen lernen: Schüler sollen erfahren: 1) Durch Krafteinwirkung von außen ändert sich der Bewegungszustand des Rollers; 2) Ohne Krafteinwirkung wird der Roller langsamer (Reibungsverluste); 3) Richtungsänderung beim Lenken; 4) Abbremsen; 5) Actio = Reactio;	
Material	
Roller	
Anhang	

Fahren mit dem Roller
(Partnerarbeit)

1. Stelle dich auf den Roller und lasse dich anschieben.
Wie schnell fährt der Roller (schnell, langsam)?
Was musst du tun, damit der Roller schneller wird?
Was passiert nach einiger Zeit?
2. Wann bleibt der Roller stehen?
Was musst du machen, damit der Roller früher stehen bleibt?
Was musst du machen, damit der Roller weiter fährt?
3. Was passiert, wenn du lenkst?
Musst du dich etwas in die Kurve legen?
Nach innen oder nach außen?
Was passiert, wenn du dich nicht in die Kurve legst? (Vorsicht!)
4. Was passiert, wenn du mit dem Roller z. B. gegen eine Mülltonne fährst?
Bleibt der Roller stehen?
Fällt die Mülltonne um?

Schreibt eure Beobachtungen unter Berücksichtigung des Themas Kraft auf.

Der Kraftbegriff – Station Sandkiste	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Experimentieren: Entwurf eines Experiments, hier: Messtechnik	1 Stunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Einfluss von Fallhöhe und Masse auf Wirkung der Kraft. Entwicklung einer Messtechnik zur Tiefenbestimmung.	
Methodische Vorschläge	
Stationsarbeit, bei gutem Wetter auch draußen möglich.	
Material	
- Sandkiste/Sprunggrube (draußen) oder mit Sand gefüllte Kiste mit den Mindestmaßen 50 cm x 40 m x 10 cm. - zwei etwa gleich große Kugeln mit deutlich unterschiedlichen Massen (z. B. Tischtennisball und gleich große Stahlkugel) - Lineal und oder Geodreieck (an besten 2 Stück)	
Anhang	
Siehe Arbeitsblatt	

Arbeitsblatt: Sandkiste

Vom Weitsprung kennst du das: Wenn man auf unterschiedliche Weise in die Sandkiste springt, „erzeugt“ man unterschiedlich tiefe Abdrücke bei der Landung. Dieses soll nun genauer untersucht werden.

Untersuche die Tiefe des Abdrucks, den eine Kugel im Sand hinterlässt, wenn du sie hineinfallen lässt. Kannst du Abhängigkeiten von der Fallhöhe und der Masse der Kugel feststellen?

- Überlege dir zunächst eine Möglichkeit, wie du die Tiefe eines Abdrucks sicher, genau und reproduzierbar messen kannst. Beschreibe diese Möglichkeit anhand einer Skizze im Protokoll zu diesem Versuch.
 - Erstelle eine Tabelle, in der du die Messwerte für Masse, Fallhöhe und Tiefe des Lochs erfassen kannst. Führe alle Versuche mehrfach durch und bilde den Mittelwert.
- Führe deine Experimente durch und notiere, welche Gesetzmäßigkeit du erkennen kannst. Im ersten Schritt solltest du „Je.....desto“ - Beziehungen aufstellen, im zweiten kannst du dann genauer auf die Gesetze eingehen (quantitativ, z. B. verdoppeln).

Ein Ball wird mit der Hand senkrecht nach oben geworfen. Nehmt den Ball, der bei dieser Station liegt, und beobachtet in eurer Gruppe den Vorgang ganz genau.

Der Ball wird auf dem Weg nach oben langsamer, weil ihn die Erde festhält.



Stefanie



...

Andreas

Die Kraft auf den Ball ist nur solange vorhanden, wie ich ihn mit meiner Hand berühre.

Die Kraft auf den Ball ist dort am größten, wo der Ball am schnellsten ist.



Gabi

Wenn ich einen Ball hochwerfe, hat er solange Kraft, bis er wieder herunterfällt



Melinda

Die Kraft auf den Ball ist dort am größten, wo er anfängt wieder nach unten zu fallen.



Lukas

Aufgabe:

- 1.) Lest euch die Aussagen von Stefanie, Andreas, Gabi, Melinda und Lukas gut durch.
- 2.) Diskutiert in der Gruppe, ob die Aussagen aus physikalischer Sicht richtig sein können oder nicht.
- 3.) Formuliert jeweils schriftlich zu drei Aussagen:
 - Was ist daran richtig ?
 - Was ist daran falsch ?
 - Wie könnte man es richtig formulieren ?

Kräfte messen	
Bezug zum Rahmenplan	Dauer
7/8 Messen in der Physik Bau eines Kraftmessers, hookesches Gesetz, messende Untersuchungen	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Welche Materialien eignen sich für ein Messgerät zur Bestimmung des Betrages einer Kraft? Kontext: Die Größen von Kräften lassen sich mit Hilfe von Kraftmessern ermitteln. Doch wie funktionieren Kraftmesser und wie sind sie aufgebaut? Die Schülerinnen und Schüler lernen in dieser Station unterschiedliche Materialien kennen und überprüfen sie auf ihre Eignung zum Bau eines Kraftmessers. Ihnen ist die Einheit der Kraft (Newton) oder aber die Einheit der Masse bereits bekannt.	
Methodische Vorschläge	
Stationenlernen: Selbstständige Konstruktionsaufgabe, Vergleichen von Materialien, Eichen einer Skala. Binnendifferenzierende Maßnahmen: - Mögliche Hilfe: Skizze eines Aufbaus wird auf Nachfrage ausgehändigt. - Verschiedene Fragestellungen an den Versuch werden mitgeteilt. - Ansprechen verschiedener Fertigkeiten: Manuelle Fertigkeiten, mathematische Überlegungen, kritischer Umgang mit Versuchsmaterialien, Protokollerstellung. Festigung: Schriftliche Sicherung durch die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe (Protokoll). Rückmeldung in Form von Musterlösung, Korrektur oder Lehrer-Schüler-Gespräch.	
Material	
Stahlfeder, Gummiband, Bindfaden, Tischklemme, Stativmaterial, Zeiger als Markierungshilfe, Massestücke.	
Anhang	
Aufgabenstellung Anmerkung: Vor der Bearbeitung der Stationen wurde mit den Schülern der physikalische Kraftbegriff von der Verwendung dieses Begriffes im Alltag abgegrenzt und die möglichen Wirkungen von Kräften wurden erarbeitet.	

Messung und Vergleich von Kräften

1. Wie könnt ihr Kräfte messen oder vergleichen? Baut die Stativstangen so auf, dass ihr nacheinander die Feder, das Gummiband und den Bindfaden daran anhängen könnt, die sich durch Anhängen der Massestücke verformen können.
2. Wie werden die obigen Materialien ausgedehnt, wenn unterschiedliche Wägestücke angehängt werden? Fertigt hierzu eine Tabelle an.
3. Bestimmt auch jeweils die Lage des Zeigers, wenn kein Massestück angehängt wird.
4. Zeichne in ein Achsenkreuz für jedes Material die Verlängerung (in cm) auf der x-Achse mit der entsprechenden Masse der Wägestücke (kg) auf der y-Achse ein.
5. Vergleicht die Ergebnisse. Welches Material eignet sich als Kraftmesser besonders gut?
6. Begründet ausführlich. Diskutiert auch die Vor- und Nachteile.

Hinweis:

Sollte der Bau eures Kraftmessers gar nicht gelingen, so könnt ihr beim Lehrer einen weiteren Tipp einholen.

Kräfte messen Bau eines Kraftmessers	
Bezug zum Rahmenplan	Dauer
7/8 Messen in der Physik Bau eines Kraftmessers, messende Untersuchungen	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Wie baut man einen Kraftmesser mit Hilfe der folgenden Materialien: Fahrradspeiche, Tischklemme, Klebeband, Büroklammer, Pappe, Stift? Kontext: Die Größen von Kräften lassen sich mit Hilfe von Kraftmessern ermitteln. Doch wie funktionieren Kraftmesser und wie sind sie aufgebaut? Die Schülerinnen und Schüler werden in dieser Station vor eine Konstruktionsaufgabe gestellt, bei der sie überlegen müssen, wie man mit Alltagsmaterialien ein Messgerät zur Kraftmessung herstellen kann. Sie haben in der vorherigen Station bereits Federn, Gummibänder und Bindfäden auf ihre Eignung zum Bau eines Kraftmessers untersucht und mit Hilfe der Federn die Gewichtskräfte verschiedener Massen ermittelt. Problem: Der Bau des Kraftmessers soll ohne Anleitung erfolgen. Die Schülerinnen und Schüler müssen einen eigenen Ansatz entwickeln, die Materialien sinnvoll zu einem Kraftmesser zu kombinieren. Auch die Eichung der Skala soll ohne Anleitung erfolgen.	
Methodische Vorschläge	
Stationenlernen: Selbstständige Konstruktionsaufgabe, Eichen einer Skala, geschicktes Abschätzen von Messwerten. Binnendifferenzierende Maßnahmen: - Mögliche Hilfe: Skizze des Aufbaus wird auf Nachfrage ausgehändigt. - Verschiedene Präzisionsgrade bei der Eichung der Skala möglich. - Ansprechen verschiedener Fertigkeiten: Manuelle Fertigkeiten, mathematische Überlegungen beim Eichen der Skala und Beschreibung und Beurteilung. Festigung: Schriftliche Sicherung durch die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe. Rückmeldung in Form von Musterlösung, Korrektur oder Lehrer-Schüler-Gespräch.	
Material	
Für den Bau des Kraftmessers: Fahrradspeiche, Tischklemme, Klebeband, Büroklammer, Pappe, Stift. Für die Eichung: Diverse Massestücke mit Gewichtskraft-Aufkleber, ein Massestück ohne angegebene Gewichtskraft.	
Anhang	
Aufgabenstellung Anmerkung: Vor der Bearbeitung der Stationen wurde mit den Schülern der physikalische Kraftbegriff von der Verwendung dieses Begriffes im Alltag abgegrenzt und die möglichen Wirkungen von Kräften wurden erarbeitet.	

Der Fahrradspeichen-Kraftmesser

1. Baut mit Hilfe der Fahrradspeiche, der Tischklemme, dem Klebeband, der Büroklammer und der Pappe einen Kraftmesser.
2. Markiert mit Hilfe der Massestücke, deren Gewichtskraft angegeben ist, eine Skala auf der Pappe, mit der ihr Kräfte messen könnt.
3. Bestimmt die Gewichtskraft des Massestücks, dessen Gewichtskraft nicht angegeben ist, näherungsweise mithilfe eures Kraftmessers.
4. Beschreibt in einem kurzen Text (mit Skizze) die Konstruktion eures Kraftmessers. Welche Probleme sind dabei aufgetreten und wie habt ihr sie gelöst?
5. Vergleicht euren Kraftmesser mit einem gewöhnlichen Federkraftmesser. Wo seht ihr Vor- und Nachteile?

Hinweis:

Sollte der Bau eures Kraftmessers gar nicht gelingen, so könnt ihr beim Lehrer einen weiteren Tipp einholen.

Kräfte messen Historisches – Robert Hooke	
Bezug zum Rahmenplan	Dauer
Aspekte des Lernens - Lesekompetenz, wissenschaftlicher Sprachgebrauch 7/8 Messen in der Physik - Hookesches Gesetz	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Wer war Robert Hooke und was ist das hookesche Gesetz? Kontext: Die Schülerinnen und Schüler haben zuvor Kraftmesser untersucht. In dieser Station beschäftigen sie sich mit Robert Hooke und seinen wissenschaftlichen Untersuchungen. Sie lernen den historischen Kontext kennen, in dem Hooke arbeitete und erfahren etwas über weitere Wissenschaftler der Zeit, wie Galilei, Kepler oder Newton. Die Beschäftigung mit einem Text zum hookeschen Gesetz dient der Festigung der zuvor erarbeiteten Kenntnisse über den Aufbau von Federkraftmessern.	
Methodische Vorschläge	
Stationenlernen: Stärkung der Lesekompetenz, Einordnung in den historischen Kontext. Binnendifferenzierende Maßnahmen: a) Mögliche Hilfe: Mögliche Fragestellungen werden auf Nachfrage ausgehändigt. b) Ansprechen verschiedener Fertigkeiten: gemeinsames Lesen und Diskutieren des Textes. Festigung: Schriftliche Sicherung durch die Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe. Rückmeldung in Form von Musterlösung, Korrektur oder Lehrer-Schüler-Gespräch.	
Material	
Texte	
Anhang	
Aufgabenstellung Anmerkung: Vor der Bearbeitung der Stationen wurde mit den Schülern der physikalische Kraftbegriff von der Verwendung dieses Begriffes im Alltag abgegrenzt und die möglichen Wirkungen von Kräften wurden erarbeitet.	

Robert Hooke

1. Nach Robert Hooke wurde ein physikalisches Gesetz, das hookesche Gesetz, benannt. Lest den Text zum hookeschen Gesetz durch. Formuliert in euern eigenen Worten den wesentlichen Inhalt des Gesetzes.
2. Schreibt eine Kurzbiografie über Robert Hooke. Fasst darin die Aspekte zusammen, die euch besonders wichtig erscheinen.
3. Diskutiert: Wieso konnte Robert Hooke so berühmt werden?
Vielen Menschen seiner Zeit gelang dieses nicht. Hat dies etwas mit Intelligenz, Geschlecht, Herkunft usw. zu tun? Was meint ihr??

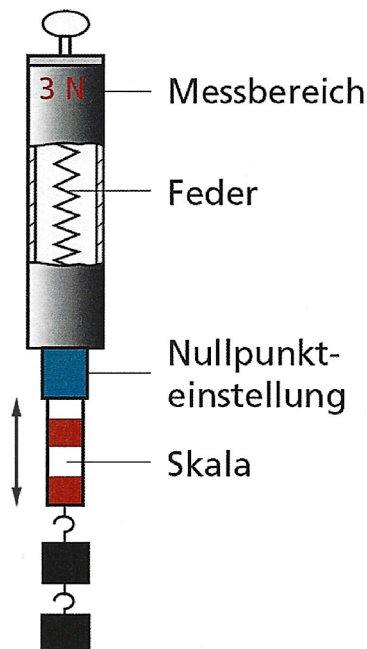
Das hookesche Gesetz



Für die Ausdehnung einer Feder fand R. Hooke das nach ihm benannte **hookesche Gesetz**:

Unter der Bedingung, dass eine Feder elastisch verformt wird, gilt: Die Verlängerung der Feders ist der angreifenden Kraft F proportional:

$$s \sim F$$



Für andere Körper, z. B. für ein Gummiband, gilt das hookesche Gesetz nicht. Es dehnt sich bei bestimmten Kräften überproportional aus.

Das hookesche Gesetz wird zum Messen von Kräften mit einem **Federkraftmesser** genutzt (siehe Abb. links). Sein wichtigster Teil ist eine elastische **Feder**. Um an einer **Skala** die Kraft in Newton (N) ablesen zu können, muss diese Skala geeicht werden. Dazu lässt man z. B. eine Kraft von 1 N, 2 N usw. einwirken und markiert die jeweilige Dehnung der Feder.

Vor jeder Messung ist der **Nullpunkt** der Skala einzustellen. Je nach Bauart des Federkraftmessers kann man das durch Verschieben einer Hülse oder Verstellen einer Schraube machen.

Um kleine bzw. große Kräfte zu messen, verwendet man Federkraftmesser, die unterschiedliche Federn und damit einen **verschiedenen Messbereich** haben. Federkraftmesser für große Kräfte haben dicke Federn, solche für kleine Kräfte dagegen dünne

Federn. Der Physiker spricht auch von harten und weichen Federn.

Text aus: DUDEN PAETEC Schulbuchverlag, Berlin

Robert Hooke



Bild 1

ROBERT HOOKE lebte in einer Zeit, die in der Forschung gekennzeichnet war durch die verstärkte experimentelle Arbeit bei gleichzeitiger Spezialisierung, durch zunehmendes Messen und Vergleichen. Die Entwicklung von Uhren ermöglichte genauere Zeitmessungen, die Entwicklung optischer Geräte machte Untersuchungen im mikroskopischen Bereich möglich. GALILEO GALILEI (1564-1642) hatte die Bewegungsgesetze und vier Jupitermonde entdeckt. JOHANNES KEPLER (1571-1630) hatte die Gesetze der Planetenbewegung gefunden. Zeitgenossen von HOOKE waren u. a. die Naturwissenschaftler CHRISTIAAN HUYGENS, EVANGELISTO TORRICELLE, OTTO VON GUERICKE, ISAAC NEWTON, OLAF RÖMER und ROBERT BOYLE sowie die Komponisten JOHANN SEBASTIAN BACH und GEORG FRIEDRICH HÄNDEL.

Leben und Wirken

ROBERT HOOKE wurde am 18. 7. 1635 in Freshwater auf der Insel Wight geboren. Er war als Kind sehr schwächlich und häufig krank. Sein Vater, der Prediger war, bestimmte ihn für den geistlichen Stand und schickte ihn auf eine Lateinschule. Da sich seine Krankheiten häuften, musste er aber bald von jedem Unterricht entbunden werden. In der nun verfügbaren Freizeit zeigten sich viele Proben seines Erfindertalentes. So baute er eine ziemlich genau gehende hölzerne Uhr. Aber der Plan, ihn nun Uhrmacher werden zu lassen wurde aufgegeben. Am Ende zeigte sich, dass er für die Gelehrtenlaufbahn wohl am geeignetsten sei. So wurde er auf die Westminstererschule geschickt, wo er Latein, Griechisch, Hebräisch und Mathematik studierte. Besonders in Mathematik machte er rasche Fortschritte. Auch hier zeigte sich seine Erfindergabe, indem er seinem Lehrer 30 verschiedene Arten zu Fliegen mitteilte.

1653 bezog er die Universität Oxford. Dort wurde er mit Wissenschaftlern bekannt und wurde wegen seines Talentes bald Gehilfe des berühmten ROBERT BOYLE (1627-1691). Aufgrund der Erfindungen und Entdeckungen, die er in den folgenden Jahren machte, wählte ihn die Royal Society in London 1663 zu ihrem Mitglied. Wegen seiner drückenden Vermögenslage erließ man ihm die dafür sonst übliche Gebühr und gewährte ihm sogar ein - allerdings sehr bescheidenes - jährliches Gehalt.

HOOKE war von sehr reizbarem Temperament, eigensinnig und auf jeden fremden Verdienst eifersüchtig. Ständig war er in Streitigkeiten verwickelt, u. a. mit HUYGENS, mit NEWTON oder mit der ganzen Royal Society. Wie sehr man seine Leistungen trotz seiner Fehler schätzte, geht aus der Unterstützung hervor, die er immer wieder für seine Arbeit erhielt. HOOKE bewahrte seine große Aktivität bis ins hohe Alter. Er starb am 3. 3. 1703 im Alter von fast 68 Jahren. In den letzten Jahren seines Lebens saß er fast Tag und Nacht am Schreibtisch und ging nie anders als unausgekleidet ins Bett. Verheiratet war er nie.

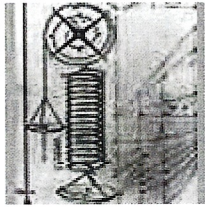


Bild 2

Seine wissenschaftlichen Leistungen

ROBERT HOOKE kann zwar nicht mit seinen Zeitgenossen NEWTON und HUYGENS auf eine Stufe gestellt werden, gehört aber durch seine reiche Gabe für Beobachtungen und Erfindungen zu den großen Gelehrten seiner Zeit. Viele sehen in ihm den Experimentator der Royal Society. Sein Hauptfehler war, dass er seine Kräfte zersplitterte. So hat er in fast allen Bereichen der Physik seine Spuren hinterlassen, ohne ein Gebiet grundsätzlich zu erneuern oder zu erweitern.

Er untersuchte die Elastizität von Körpern und fand das nach ihm benannte hookesche Gesetz über die Proportionalität zwischen Dehnung und Belastung. Das hookesche Gesetz ist Grundlage für die Funktionsweise von Federkraftmessern. Bild 2 zeigt eine Seite aus dem 1687 veröffentlichten Buch „Hookesche Lectures de Potentia Restitutiva“. Er erfand auch die Unruh, durch die genau gehende Uhren erst möglich wurden.



Bild 3

Bei mikroskopischen Untersuchungen entdeckte HOOKE die Zusammensetzung des Korkes aus Zellen (Bild 3), führte das Fernrohr als astronomisches Messgerät ein und war mit dem französischen Wissenschaftler DENIS PAPIN Wegbereiter für die Dampfmaschine. Hervorzuheben ist, dass HOOKE bereits um 1670 Licht als Welle betrachtete und zwar im Unterschied zu HUYGENS schon entsprechend unserer heutigen Auffassung als Querswelle (Transversalwelle). Das stand im Gegensatz zu der von NEWTON mit aller Autorität in einem Werk von 1672 vertretenen Teilchenvorstellung.

Nun folgende Streitereien, von beiden Seiten oft mit unfairen Mitteln geführt, haben NEWTON bewogen, erst nach HOOKEs Tod wieder über Optik zu schreiben (1704).

In seiner Schrift über die Bewegung der Erde (1674) ist HOOKE der Entdeckung des Gravitationsgesetzes sehr nahe, wenn er schreibt:

„Ich werde ein Weltsystem erklären, welches in jeder Beziehung mit den bekannten Regeln der Mechanik übereinstimmt. Dasselbe beruht auf drei Annahmen: Erstens, daß alle Himmelskörper ohne Ausnahme eine gegen ihren Mittelpunkt gerichtete Anziehung oder Schwerkraft besitzen, wodurch sie nicht bloß ihre eigenen Teile, sondern auch alle innerhalb ihrer Wirkungssphäre befindlichen Himmelskörper anziehen. Die zweite Voraussetzung ist die, daß alle Körper, welche in eine geradlinige und gleichförmige Bewegung versetzt werden, sich solange in gerader Linie fortbewegen, bis sie durch irgend eine Kraft abgelenkt und in eine Bahn gezwungen werden, welche einem Kreis, einer Ellipse oder einer anderen nicht so einfachen krummen Linie entspricht. Nach der dritten Hypothese sind die anziehenden Kräfte umso stärker, je näher ihrem Sitz der Körper ist, auf den sie wirken. Welches die verschiedenen Grade der Anziehung sind, habe ich noch nicht durch Versuche feststellen können. Aber es ist ein Gedanke, der, wenn er weiter verfolgt wird, den Astronomen in den Stand setzen muß, alle Bewegungen der Himmelskörper nach einem gewissen Gesetz zu bestimmen.“

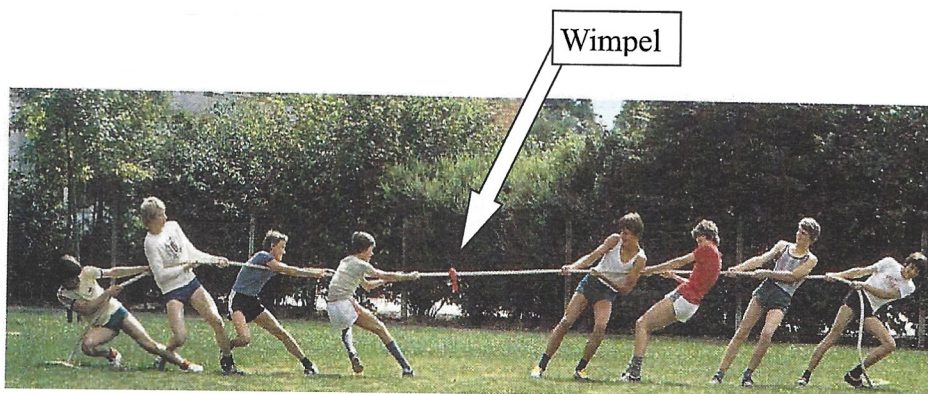
Der Autor äußert den Wunsch, dass jemand diese Gedanken weiter verfolgen möge, er selbst sei zu sehr durch andere Dinge in Anspruch genommen.

Zusammenwirken von Kräften	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Zusammenwirken von Kräften	ca. 1/3 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Wer zieht stärker? (Größenvergleich von Kräften, die miteinander ein Gleichgewicht bilden) Kontext: Am Beispiel des Tauziehens (theoretische Station) soll über die leitende Fragestellung nachgedacht bzw. diskutiert werden. Problem: Fehlvorstellungen vom Kräftegleichgewicht	
Methodische Vorschläge	
Gruppendiskussion mit verteilten Rollen (Vertreter gegensätzlicher Meinungen) Kraftpfeile einzeichnen lassen	
Material	
Arbeitsblatt	
Anhang	
Arbeitsblatt, man vergleiche auch mit den weiteren Stationen aus Block D.	

Arbeitsblatt zum Kräftegleichgewicht

In diesem Bild siehst du zwei Gruppen, die Tau ziehen. Gerade strengen sich alle sehr an, aber der Wimpel, der in der Mitte am Seil befestigt ist, rührt sich nicht.

Was schließt du daraus, dass der Wimpel sich nicht bewegt? Kreuze an!



- | | |
|---|--|
| ☐ Beide Gruppen ziehen gleich stark. | ☐ Die linke Gruppe zieht stärker als die rechte Gruppe, aber die rechte Gruppe hält fest. |
| ☐ Die rechte Gruppe zieht stärker als die linke Gruppe, aber die linke Gruppe hält fest. | ☐ Wenn z.B. die linke Gruppe mit 4000N nach links zieht, muss die rechte Gruppe mit 4000N nach rechts ziehen, um Kräftegleichgewicht zu halten. |

Die Formulierungen sind teilweise nicht ganz deutlich. Konzentrieren wir uns nur auf die Stelle des Seils, an der der Wimpel befestigt ist. Wenn du selbst dort einen Teil des Seils ersetzen würdest, würdest du von links und von rechts Zugkräfte spüren, die beide gleich stark an dir ziehen würden. Zwar strengen sich verschiedene Schüler verschieden an, aber die beiden Zugkräfte, die beim Wimpel wirken, sind gleich groß und entgegengesetzt. In der Fachsprache sagt man: „An dieser Stelle herrscht im Seil Kräftegleichgewicht.“

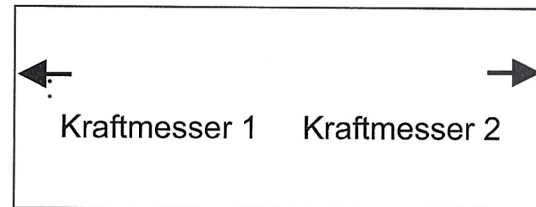
Nachdem du dieses gelesen hast, überprüfe deine oben vorgenommenen Ankreuzungen.

Zusatzfrage: Im Seil wirken Kräfte; sind diese Kräfte mitten in der linken Gruppe genauso groß wie dort, wo der Wimpel befestigt ist?

Übertragung von Kräften Kräftegleichgewicht	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Zusammenwirken von Kräften (in Verbindung mit Übertragungselementen)	ca. 1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Wie werden Kräfte weitergeleitet (übertragen)? Kontext: Am Experiment soll systematisch beobachtet werden, dass Kräfte von Federn und Fäden elastisch weitergeleitet werden können. Die Station soll ein tieferes Verständnis der Kraftübertragung bewirken. Sie dient u.a. zur Vorbereitung auf D (actio=reactio). Die Erkenntnisse dieses Versuches sollen z.B. Schüler-Fehlvorstellungen, dass Kräfte sich bei Übertragung verkleinern, oder dass Betrags-Unterschiede der Wechselwirkungskräfte die Ursache für Bewegung seien, ebenso wie der Verwechslung von Wechselwirkung und Kräftegleichgewicht entgegenwirken. Problem: Fehlvorstellungen vom Kräftegleichgewicht und Wechselwirkung	
Methodische Vorschläge	
Nach Ausführung jedes Telexperimentes sollten stets die Beobachtungen möglichst genau aufgeschrieben werden. Am Schluss sollten aus der Übersicht heraus Erkenntnisse formuliert werden. (Für die nötige Reflexion muss Zeit gegeben werden. Sie wird im Angesicht des Experimentiermaterials besser gelingen als in der Erinnerung zu Hause.)	
Material	
Arbeitsblatt, Stativmaterial, feste Rolle, Faden, 2 Kraftmesser (5 N oder mehr), Masse (0,5 kg)	
Anhang	
Arbeitsblatt, man vergleiche auch mit den weiteren Stationen aus Block D.	

1.) Verbinde zwei Kraftmesser, ziehe sie mit zwei Fingern an jedem Ende ein Stück auseinander und lies ab, was die Kraftmesser anzeigen. Trage die abgelesenen Werte in die Tabelle ein.

Kraftmesser 1	Kraftmesser 2



Wiederhole den Versuch ein paar Mal, indem du unterschiedlich stark ziehst.

Zusatzversuch zu 1.)

Nun versuche einmal Folgendes:

Halte Kraftmesser 1 nur fest und ziehe an Kraftmesser 2, zunächst nur ein bisschen, dann immer stärker. Was spürst du in den Fingern an Kraftmesser 1? Schreibe deine Beobachtungen auf.

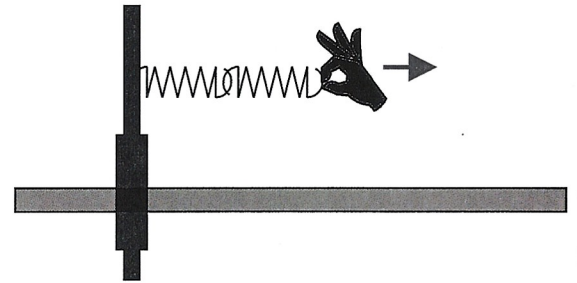
Schaue bei diesem Zusatzversuch auch auf die Anzeigen der Kraftmesser. Kannst du so ziehen, dass Kraftmesser 2 eine doppelt so große Kraft anzeigt wie Kraftmesser 1 ?

Schreibe deine Beobachtungen auf.

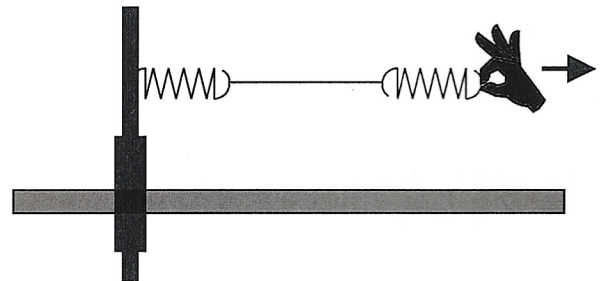
D2

2.) Befestige am Tisch eine senkrechte Stativstange und hänge Kraftmesser 1 ein. Ziehe an Kraftmesser 2 und vergleiche die Anzeigen beider Kraftmesser bei verschieden starkem Zug.

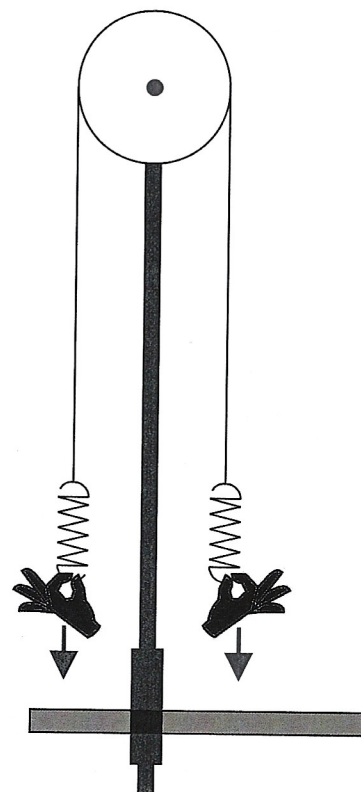
Schreibe deine Beobachtungen auf.



3.) Knote zwischen die beiden Kraftmesser ein Stück Faden (ca. 20cm lang) und gehe wie im vorigen Versuch vor. Was bewirkt der Faden zwischen den Kraftmessern?



4.) Befestige die Drehachse für eine Rolle an der Stativstange und setze eine Rolle auf die Drehachse. Nun lege den Faden über die Rolle und ziehe mit den Fingern auf beiden Seiten an den Kraftmessern. Was bewirkt die Rolle?

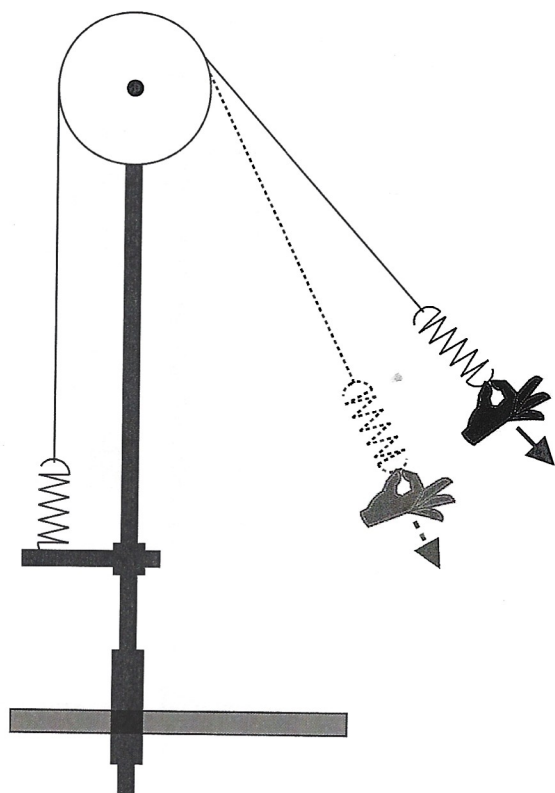


Zusatzversuche zu 4.)

Befestige am Tisch oder an der senkrechten Stativstange eine waagerechte Stativstange und hänge Kraftmesser 1 ein. Lege wieder den Faden über die Rolle und ziehe an Kraftmesser 2.

Ziehe mit Kraftmesser 2 in verschiedene Richtungen. (Achtung: Lass den Faden nicht von der Rolle rutschen; ziehe nie so, dass der Faden aus der Rille der Rolle heraus gezogen wird!)

Schreibe deine Beobachtungen auf.



5. a) Hänge an einen Kraftmesser ein Gewichtstück und halte ihn am Ende fest. Lies die Gewichtskraft ab.

Ergebnis: $F_G =$ _____ N.



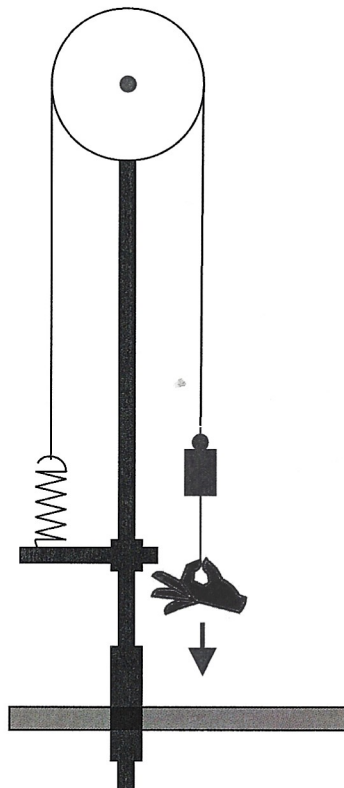
5. b) Nun miss mit zwei Kraftmessern hintereinander; lies die Kräfte an beiden Kraftmessern ab. (Du kannst auch das Ende in eine waagerechte Stativstange einhängen.)

Ergebnisse:

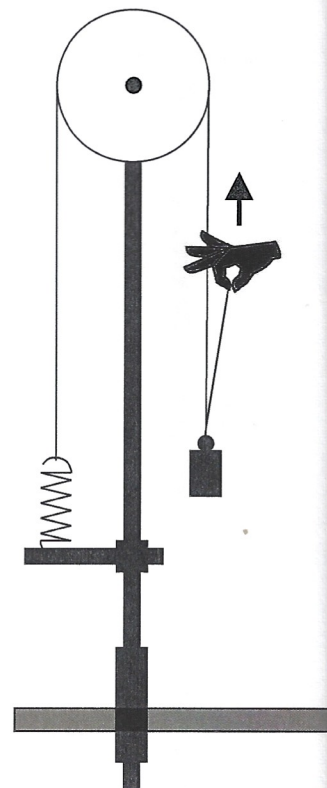
oberer Kraftmesser	unterer Kraftmesser



Zusatzversuche mit Kraftmesser an der Stativstange, Faden über Rolle und Gewicht:



Ziehe einmal „mit dem Gewicht“ und einmal „gegen das Gewicht“.



Zum Weiterdenken:

- Ziehe an zwei Kraftmessern, die beide 2 N anzeigen und auf einer Seite in einer Stativstange hängen. Mit wie viel N ziehst du?
- Kann eine Stativstange am Kraftmesser ziehen?

Was hast du aus all diesen Versuchen über Kräfte gelernt?

Ersatzkraft und Darstellung von Kräften	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
	¼ Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Leitende Fragestellung: Wie werden Kräfte dargestellt, wie wirken sie zusammen? Kontext: Kräfte mit gleicher Richtung, aber verschiedenen Beträgen und Orientierungen, setzen sich additiv oder subtraktiv zusammen. (Die gemeinsame Wirkungslinie wird hier nicht thematisiert.) Die Darstellung durch Kraftpfeile wird den Bildern „abgeguckt“; die Darstellungsform soll als nützlich für Erklärungen erlebt werden. Der Begriff der „Ersatzkraft“ soll mutmaßend eingeführt werden. Er muss später im Unterricht bestätigt werden. Problem: In Alltagssituationen, in denen nach den Darstellungen Kräftegleichgewicht herrschen sollte, gibt es häufig kein Gleichgewicht (Unregelmäßigkeiten in der Krafteinwirkung oder Drehmoment).	
Methodische Vorschläge	
Beziehung zu D1 (Kräftegleichgewicht) herstellen. Die Aufgabenstellung könnte als zu einfach empfunden werden. Der Auftrag, die Kraftpfeile in anderen Bildern einzutragen, z.B. in den Arbeitsblättern von D2, könnte Abhilfe schaffen.	
Material	
Arbeitsblatt mit Bildern	
Anhang	
Arbeitsblatt	

Ersatzkraft

Beantworte schriftlich die folgenden Fragen:

1. Wie sind in den Bildern die Richtungen der Kräfte dargestellt?
2. Wie sind in den Bildern die Größen der Kräfte dargestellt?
3. Was versteht man wohl unter der „Ersatzkraft“ F_{Ersatz} ?*



Formuliere möglichst genau in ganzen Sätzen!

*Zusatzinformation:

Die „Ersatzkraft“ wird auch „resultierende Kraft“ genannt.

Wirkung von Kraft Reißzwecke ins Holz	
Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Zusammenhang Kraft - Reibung	1 Unterrichtsstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Wodurch gelangt die Reißzwecke ins Holz?	
Methodische Vorschläge	
Die Schülerinnen und Schüler bekommen verschiedene Materialien und Reißzwecken. Sie erhalten die Aufgabe, die Reißzwecken in das Holz zu drücken und dabei Beobachtungen zu sammeln. Kraft abhängig von der Art des Holzes. Actio = Reactio. Finger drückt sich ein.	
Material	
Reißzwecken, verschiedene Hölzer, Styropor.	
Anhang	

Reißzwecke ins Holz

In diesem Versuch experimentierst du mit Reißzwecken und Holz sowie Styropor.

1. Drücke eine Reißzwecke ins Holz und beobachte:
Wie bewegt sich die Reißzwecke?
Was hast du gefühlt?
Hat sich an deinem Finger etwas verändert?
2. Wiederhole den Versuch einige Male mit weichem und hartem Holz und notiere deine Beobachtungen. (Siehe 1.)
3. Versuche deine Beobachtungen mit dem Thema Kraft in Verbindung zu bringen:
Wann braucht man viel Kraft?
Könntest du die Reißzwecke eindrücken, ohne dass sie auf deinen Finger einwirkt (d. h. ohne Kraft)?
4. Wiederhole die Versuche mit Reißzwecke und Styropor.

Der Kraftbegriff Rakete

Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Experimentieren: Optimieren eines Versuchsaufbaus	1 Stunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Actio und Reactio: Raketenantrieb	
Methodische Vorschläge	
Stationsarbeit, bei Interesse und Zeit auch als Wettbewerb möglich.	
Material	
- Luftballon - zwei Strohhalme (am besten nicht knickbar) - Klebeband (Gewebeklebeband oder Malerkrepp) - mindestens 10 m dünner Faden (Zwirn/Angelschnur)	
Anhang	
<u>Für die Lehrkraft:</u> Sofern Interesse bei den Schülern besteht, kann man auch einen kleinen Wettbewerb (Bau zuhause oder auch z. B. im Rahmen eines Schulfestes) veranstalten. Ziel: Welche Rakete fliegt am weitesten. Optimierungsmöglichkeiten bietet das Material des Seils, die Länge des zweiten Strohhalms (Reibungsverluste) und die Reibung des Ballons am Seil. Klebt man noch an den Enden des zweiten Strohhalms zwei kleine Unterlegscheiben ein, so dass das Seil nur auf diesen verläuft und nicht auf der ganzen Länge des Strohhalms, erzielt man noch bessere Weiten.	

Rakete

Baue nach der folgenden Anleitung eine Luftballon-Rakete, optimiere die „Flugweite“ und beschreibe das Prinzip von actio und reaction anhand dieses Aufbaus.

Führe einen Strohhalm 2 - 3 cm in einen Luftballon ein und dichte das Anblas-Stück des Luftballons um den Strohhalm herum mit Klebeband so ab, dass Du den Luftballon durch den Strohhalm aufblasen kannst, nebenbei aber keine Luft entweicht. Klebe den zweiten Strohhalm parallel auf den ersten. Führe die dünne Schnur durch den zweiten Strohhalm und befestige sie zwischen zwei Aufhängungen (gerne auch mit leichter Steigung). Ziehe Deine Luftballonrakete an das eine Ende Deines Seils (bei Steigung an das untere), blase den Ballon kräftig auf und lasse die Rakete starten.