

Kräfte als Pfeile Addition und Zerlegung von Kräften	
Bezug zu Bildungsstandards/Rahmenplan	Dauer
„Zusammensetzung zweier auch verschieden gerichteter Kräfte, resultierende Kraft; Zerlegung einer Kraft in zwei Komponenten, Kräftegleichgewicht.“ ¹ (Niveau II)	5 x 90min
Leitende Fragestellung, Problem	
	
Kurzbeschreibung	
Einstieg <ol style="list-style-type: none"> 1. Entsprechend dem oben gezeigten Foto wird ein Stein von zwei Schülern getragen, zunächst stehen die Schüler dicht nebeneinander, dann gehen sie auseinander. Es entstehen enorme Kräfte. Erarbeitung <ol style="list-style-type: none"> 2. In Gruppen wird das Szenario in kleinen Experimenten (Reißfestigkeit von Nähseide) untersucht und Messungen aufgenommen. 3. Die Methode der Addition von Pfeilen wird durch ein Würfelspiel eingeführt und auf Kraftpfeile übertragen. 4. Anhand von Kraftmessern, die an einen Knoten angreifen, wird klar, dass sich im Gleichgewicht alle Kraftpfeile zu null addieren. Festigung <ol style="list-style-type: none"> 5. Der Stein wird wieder getragen, diesmal jedoch mit einer Querstütze. 	
Methodische Schwerpunkte	
Wieder stehen „große“ Experimente am Anfang des Bausteins. Daran entwickelt sich eine Forschungsfrage nach der Kraftentwicklung am Seil, die in Gruppenarbeit bearbeitet wird. Ein Würfelspiel verinnerlicht die „Regeln“ der Pfeiladdition im Kontext „Brettspiel“. Tischexperimente mit Kraftmessern führen zurück zur Physik. Am Ende des Bausteins wird die anfangs gestellte Frage wieder aufgegriffen, erweitert und beantwortet.	
Lernziele/Kompetenzen	
Fachwissen: physikalisches Grundprinzip (Kräftezerlegung) Erkenntnisgewinn: Beschreiben und Erkennen von Phänomenen, Planung des Gruppenexperiments, Mathematisierung durch Vektoren, Übertragung auf neue Situationen	

¹ Rahmenplan Physik, Land Berlin

http://www.berlin.de/imperia/md/content/sen-bildung/schulorganisation/lehrplaene/sek1_physik.pdf

Anhang

1. Unterrichtsverlauf
2. Arbeitsblätter
3. Materialien
4. Quellen

Unterrichtsablauf**Einstieg**

1. Die Schüler werden aufgefordert, einen großen Stein mit einem Seil zu zweit zu transportieren und auf einen Tisch zu heben. Je weiter die Schüler auseinander gehen, desto größer wird der Zug am Seil (Abb. oben). Was passiert? Obwohl sich die Last auf zwei Träger aufteilt, ist keine Erleichterung zu spüren.

Erarbeitung

2. Zur Lösung der Fragestellung werden Schülerexperimente in Gruppen durchgeführt.

Es gibt drei verschiedene Aufgabenstellungen:

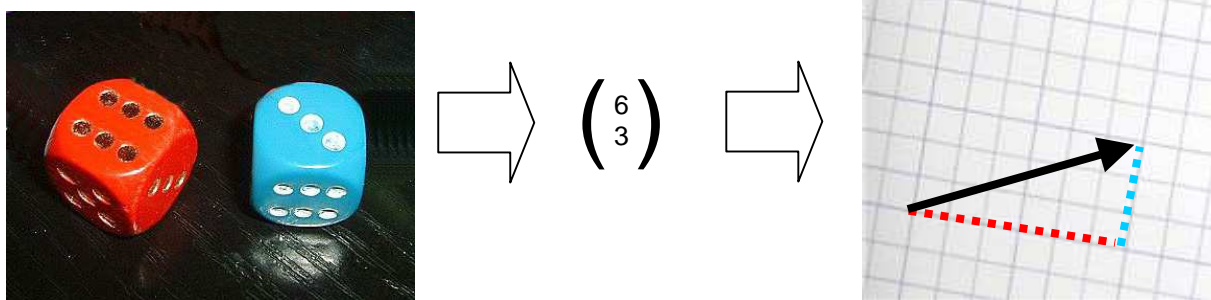
- Die Reißfestigkeit des Fadens (Nähseide) wird an einer Aufhängung untersucht, bei der beide Fäden parallel sind. Sie werden mit Sandbeuteln belastet.
- Die Reißfestigkeit der Fäden unter einem festen Winkel wird getestet, indem sie mit unterschiedlichen Mengen an Sand belastet werden. (Siehe Bild unten.)
- Durch Ziehen an den Fäden wird der Winkel zwischen den beiden Fäden variiert und die Reißfestigkeit bei Belastung mit verschiedenen Steinen untersucht.

Die Messergebnisse werden dokumentiert und anschließend der Gruppe vorgestellt. Die Abhängigkeit zwischen Winkel und der max. Belastbarkeit wird klar.



Schülerinnen der Walter-Gropius-Schule, Berlin

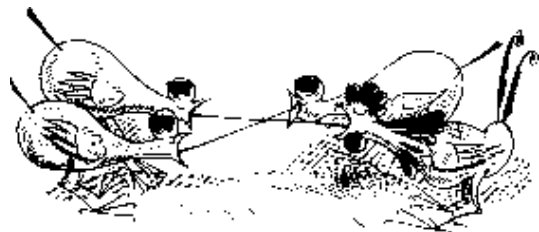
3. Die verschiedenen Spielfelder und eine Anleitung des Würfelspiels finden Sie in der Anlage. Die Regeln sind einfach: Es wird mit zwei Würfeln gespielt, jede Augenzahl ergibt eine Komponente des Vektors. Vor dem Zug ist zu bedenken, welchen Würfel man welcher Komponente zuordnet, um auf dem Parcours zu bleiben bzw. das Ziel zu erreichen. Außerdem ist das Vorzeichen geeignet zu wählen. Der durchgeführte Spielzug ist in Vektorschreibweise zu notieren. (Siehe Abb.) An das Vektorspiel schließt sich eine Festlegung der Regel für die Addition von Pfeilen an, die dann in Übungen auf die Addition der Kraftpfeile übertragen wird, bei der die Einheit der Kraft eingeführt wird, Diese Regeln werden dann auch genutzt, um die Auswertung der Versuche zur Reißfestigkeit der Nähseide durchzuführen.



4. Die Addition von Kraftpfeilen wird an einem Freihandexperiment geübt. Die Schüler führen dieses in Vierer- oder Fünfergruppen durch, wobei jeder an einem Schnurende mit einem Federkraftmesser zieht. Diese gemessenen Kräfte müssen dann von den Schülern als Pfeile dargestellt werden, wobei ein geeigneter Maßstab zu wählen ist und die Richtung berücksichtigt werden muss. Nach der Addition aller gemessenen Kräfte ergibt sich die resultierende Kraft zu null. Es gilt das Grundprinzip: „Wenn ein Körper in Ruhe ist, dann ist die Summe der angreifenden Kräfte null.“ Weitere Übungen zur Darstellung von Kraft als Pfeil und zur Addition dieser schließen sich an.



Freihandversuch: Abtragen der Pfeilrichtung, die Pfeillänge ergibt sich aus der angezeigten Kraft.



nach Wilhelm Busch

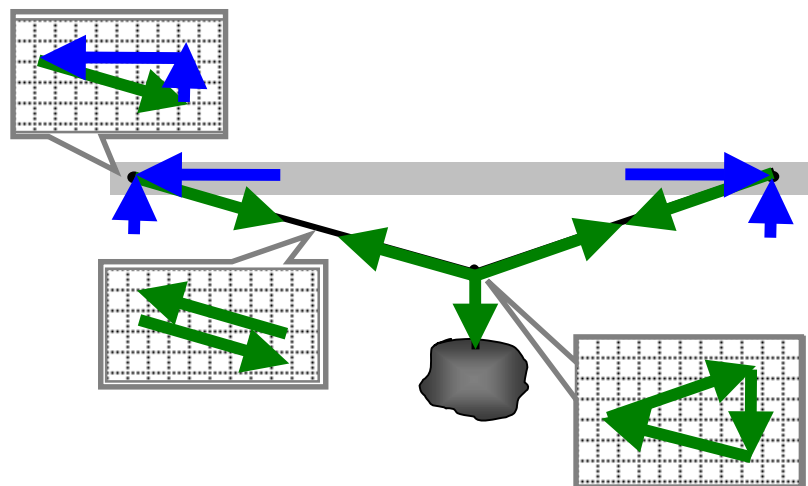
Festigung

5.

Es wird auf den Einstiegsversuch unter der Fragestellung Bezug genommen, welche Kräfte in dem Seil wirken, wenn der Stein auf den Tisch gehoben wird. Das Problem wird konstruktiv von den Schülern gelöst.

Danach werden Vorschläge gesammelt, wie man sich den Transport des Steines vereinfachen könnte, wobei immer noch zwei Personen, ein Seil und weitere Hilfsmittel genutzt werden sollen. Als eine Möglichkeit der Erleichterung wird eine Holzlatte als Querstange genutzt, in welche die Seilenden eingehängt werden können.

Die Untersuchung der wirkenden Kräfte an den Enden der Holzlatte führt auf eine Diskussion der Frage, ob die Holzlatte eine Stütze oder ein Träger ist. Die Antwort kann mit einem überdimensionalen Kraftmesser (große Feder in einem durchsichtigen Plexiglasrohr mit zwei Holzstangen) überprüft werden.



An dieser Stelle kann auch auf Kräftepaare (Kraft und Gegenkraft) eingegangen werden.

Ausblick

Diese Stunden insbesondere die Blöcke 4 und 5 sind eine wichtige Voraussetzung für die Untersuchung stabiler Dreiecke und die Anwendung des Cremonaplanes in komplexeren Fachwerken oder anderen Konstruktionen wie z.B. Fahrrädern, Kränen und Brücken.

Kompetenz²

F2 (Fachwissen):

² Entsprechend „Struktur für Ergebnisberichte/Lehrerhandreichungen“, Christoph Müller, IPN Kiel
Original: Kultusministerkonferenz, Quelle: <http://www.kmk.org/schul/home1.htm>

- Geben ihre Kenntnisse über physikalische Grundprinzipien, Größenordnungen, Messvorschriften, Naturkonstanten sowie einfache physikalische Gesetze wieder E8 (Erkenntnisgewinn):
- planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse. K2 (Kommunikation)
- Unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen

Erfahrungsbericht

- Die Schüler haben Spaß die großen Versuche mit den Steinen durchzuführen. Hier haben sie die Möglichkeit auch ihre Kräfte wirklich einzusetzen und diese wahrzunehmen. Das Seil darf hier reißen!
- Bei dem Nähseidenversuch müssen die Schüler genau arbeiten, damit die Werte verwendet werden können. Für den Versuch sollte ausreichend Zeit für Aufbau und Durchführung eingeplant werden.
- Beim Vektorspiel müssen sich die Schüler an die Reihenfolge (erst rechts oder links dann hoch oder runter) sowie an die Vorzeichen gewöhnen, verstehen aber das Prinzip schnell.

Arbeitsblätter

- Schülerexperiment

Durchführung:

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_durchführung.doc

Auswertung:

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_auswertung.doc

- Vektorspiel

Regeln:

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_Regeln.doc

Spielfelder:

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_Tor.doc

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_Autorennen.doc

OH-Folie:

Ergebnisbericht_Teil_2.3_Baustein_Kraefte_als_Pfeile_OH-folie.doc