

Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	1
Vorgehensweise, Materialien und Methode.....	1
Doppelkegel.....	1
Material: Foliertes Papier.....	1
Material: Glasflaschen.....	1
Material: Styropor.....	1
Material: Gips.....	2
Material: Kunststoff (3D-Druck).....	2
Schiefe Ebene.....	2
Metallstangenkonstruktion.....	2
Verschiedene schiefe Ebenen zur Überprüfung unseres Ergebnisses.....	3
Messung.....	3
Ergebnisse.....	3
Darum scheint der Doppelkegel aufwärts zu rollen.....	3
Überprüfung des Ergebnisses.....	4
Vermutung.....	4
Experimentelle Überprüfung der Vermutungen.....	6
Zusammenfassung.....	6
Unterstützungsleistung.....	7
Quellenangaben für Internetseiten.....	7

Einleitung

Wir kamen auf die Idee einen Doppelkegel zu bauen , weil wir uns einen Film angeschaut haben, in dem ein Mann einen Doppelkegel bergauf rollen lassen lief. Das fanden wir so interessant dass wir das sofort nachbauen und untersuchen wollten. Doch das war schwieriger, als gedacht, da unsere selbst gebastelten Doppelkegel einfach nicht rollen wollten. So mussten wir viele Versuche machen, ehe wir erste Erfolge hatten und mit der Untersuchung beginnen konnten.

Vorgehensweise, Materialien und Methode

Doppelkegel

Wir haben verschiedene Methoden ausprobiert, Doppelkegel zu basteln:

Material: Foliertes Papier

Am Anfang haben wir einen kleinen Doppelkegel aus foliertem Papier gebaut. Aber wir konnten ihn nicht benutzen, da er zu ungleichmäßig war und nicht rollen wollte.



Foto: Droll

Material: Glasflaschen

Der zweite war aus zwei Flaschen:

Aber die sind die ganze Zeit nicht gerollt, sondern seitlich weggerutscht.



Foto: Droll

Material: Styropor

Der dritte war aus Styropor:

Wir haben zwei Kegel aus Styropor im Internet besorgt und zu einem Doppelkegel zusammen geklebt.

Mit dem konnten wir auch endlich erste Messungen machen.

Material: Gips

Nachdem wir herausgefunden haben, warum die Doppelkegel scheinbar aufwärts rollen, wollten wir das mit verschiedenen geformten Doppelkegeln überprüfen. Wir haben es mit Gips probiert und haben es in selbst zugeschnittene Folienformen gegossen.



Foto: Droll

Material: Kunststoff (3D-Druck)

Da es uns lange nicht gelingen wollte, selbst Doppelkegel zu basteln, hatten wir die Idee, Kegel mit einem 3D-Drucker drucken zu lassen. Herr Droll fand eine Internetadresse, die dies zu einem günstigen Preis machte.

Schiefe Ebene

Metallstangenkonstruktion

Wir ließen den Doppelkegel eine Konstruktion aus Metallstangen entlang rollen, die aus 6 Metallstangen, 2 Tonnenfüßen und 1 Stativfuß bestand.

Wir wollten Messungen machen, ob die Bahn wirklich bergauf geht. Auch das war nicht einfach: Denn mit der Wasserwaage sahen wir, dass der Tisch nicht gerade war. Also sind wir auf den Boden gegangen.

Mit der Wasserwaage, zusätzlichen Latten und einem Lineal haben wir die Höhe der Bahn auf beiden Seiten gemessen, um zu unter-



Foto: Droll

suchen, ob die eine Seite höher ist als die andere. Das konnte man mit dem bloßen Auge nicht erkennen.

Verschiedene schiefe Ebenen zur Überprüfung unseres Ergebnisses

Unsere Gipskegel mit den verschiedenen Radien 1cm, 3cm und 5cm wollten wir unterschiedlich geneigte Ebenen entlang rollen lassen. Durch die verschiedenen Bahnen können wir unterschiedliche Messungen machen. Mit schiefen Ebenen aus Pappe konnten wir keine Messungen machen, weil die Pappe zu instabil war. Schließlich bekamen wir die schiefen Ebenen aus Holz gesägt, um damit erfolgreiche Messungen zu machen.

Messung

Wir mussten die Höhe des Doppelkegels über dem Boden messen. Aber das war nicht leicht:

- Entweder hält man das Lineal nicht gerade oder der Kegel rollt weg.
- Dann hatten wir das Problem, genau zu messen, wo die Doppelkegelmitte ist. Das Problem hatten wir dadurch gelöst das wir an der Spitze des Doppelkegel einen Zahnstocher rein gestochen haben. Mit diesem konnten wir viel besser die Höhe des Doppelkegels messen.

So haben wir die Messung am Ende dann doch hin gekriegt.



Foto: Droll

Ergebnisse

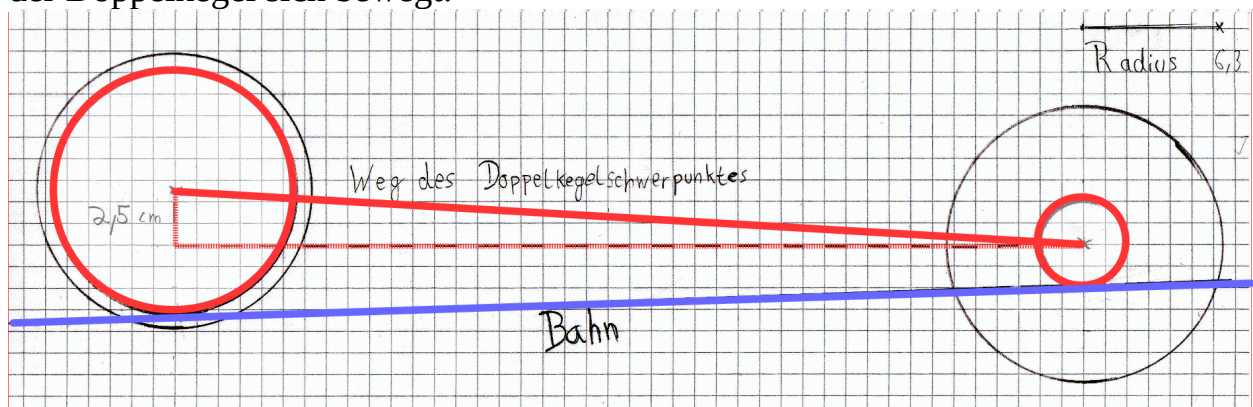
Darum scheint der Doppelkegel aufwärts zu rollen

Die Messung an der Metallstangenbahn und dem Styropor-Doppelkegel ergab: Die Höhe der Stange am oberen Ende ist 221mm über dem Boden und am unteren Ende 208mm.

Der Durchmesser des Kegels beträgt 125,7mm.

Die Kegelmitte ist am Anfang 265mm über dem Boden und am Ende der Bahn sind es 240mm.

Wir haben eine Zeichnung angefertigt, dass wir genau feststellen können, wie der Doppelkegel sich bewegt.



Man erkennt, dass sich der Kegel in Wirklichkeit doch bergab bewegt, obwohl die Bahn bergauf geht.

Überprüfung des Ergebnisses

Anschließend wollten wir die Ergebnisse mit verschiedenen Kegeln und unterschiedlichen schiefen Ebenen ausprobieren. Unsere Gips-Doppelkegel hatten die Radien 1cm, 3cm und 5cm. Die Bahnen hatten eine Steigung von 0cm, 2cm und 4cm.

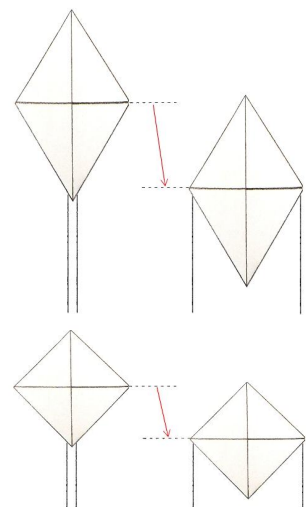
Vermutung

Vor den Experimenten haben wir Bilder gezeichnet und Vermutungen aufgeschrieben, wie sich die Doppelkegel wohl verhalten würden.

Steigung von der Bahn: 0 cm

$r = 5\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (5 cm) größer ist als die Steigung (0 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 5 cm.

$r = 3\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (3 cm) größer ist als die Steigung (0 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 3 cm.

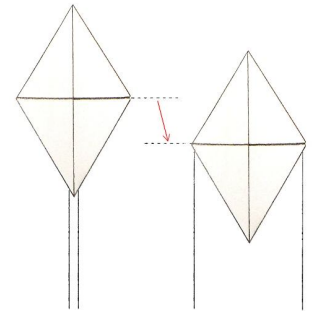


$r = 1\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (1 cm) größer ist als die Steigung (0 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 1 cm.

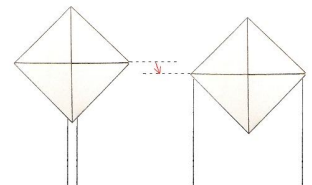


Steigung der Bahn: 2 cm

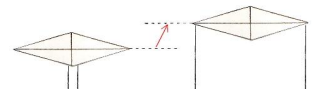
$r = 5\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (5 cm) größer ist als die Steigung (2 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 3 cm.



$r = 3\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (3 cm) größer ist als die Steigung (2 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 1 cm.

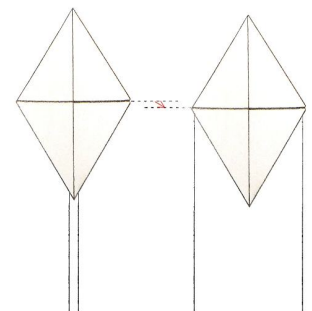


$r = 1\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergab“, weil der Radius (1 cm) kleiner ist als die Steigung (2 cm). Der Schwerpunkt steigt um 1 cm.

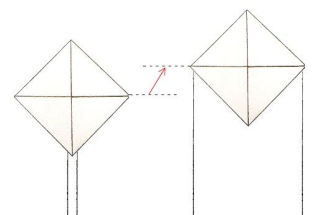


Steigung der Bahn: 4 cm

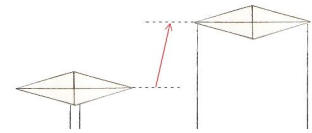
$r = 5\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergauf“, weil der Radius (5 cm) größer ist als die Steigung (4 cm). Der Schwerpunkt sinkt um 1 cm.



$r = 3\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergab“, weil der Radius (3 cm) kleiner ist als die Steigung (4 cm). Der Schwerpunkt steigt um 1 cm.



$r = 1\text{cm}$ – Doppelkegel rollt „bergab“, weil der Radius (1 cm) kleiner ist als die Steigung (4 cm). Der Schwerpunkt steigt um 3 cm.



Experimentelle Überprüfung der Vermutungen

Unsere Gipskegel (und die 3D-gedruckten Kegel) haben wir anschließend auf unterschiedlichen Bahnen laufen lassen, um unsere Vermutungen zu überprüfen.

Bei diesen Experimenten erhielten wir die folgenden Ergebnisse:



Foto: Dück

	Steigung von 0cm	Steigung von 2cm	Steigung von 4cm
$r = 5\text{cm}$ -Doppelkegel	rollt „bergauf“	rollt „bergauf“	rollt „bergauf“
$r = 3\text{cm}$ -Doppelkegel	rollt „bergauf“	rollt „bergauf“	rollt „bergab“
$r = 1\text{cm}$ -Doppelkegel	rollt „bergauf“	rollt „bergab“	rollt „bergab“

Unsere Messergebnisse haben mit unseren Vermutungen hervorragend übereinstimmt. Wir haben festgestellt, dass der Doppelkegelradius einfach nur größer sein muss, als die Steigung der Bahn.

Zusammenfassung

Wir haben ein Bild gemalt, auf dem man sieht, dass der Schwerpunkt des Doppelkegels runter rollt, obwohl die Bahn bergauf geht.

Deswegen sieht es so aus als ob er hoch rollt.

Mit verschiedenen Experimenten konnten wir zeigen, dass dieses Ergebnis richtig ist.

Unterstützungsleistung

Herr Droll (Lehrer und Jugend forscht-Betreuer am MDG)

hat uns die Doppelkegel aus Kunststoff besorgt.

Alexander Hohenbild (Vater von Helena)

hat uns die Holzbretter zurecht geschnitten.

Quellenangaben für Internetseiten

- **Youtube – uphill Roller** (September 2016)
 - <https://www.youtube.com/watch?v=zkt1eScOCEI>
 - Youtube – sponge212
- **Youtube - Doble cono antigraedad** (September 2016)
 - https://www.youtube.com/watch?v=78_CMS1YS_8
 - YouTube – Experimento a la vista
Colegio La Salle Teruel (España)
- **Amazon - Styropor-Kegels** (November 2016):
 - https://www.amazon.de/VBS-Styroporkegel/dp/B00974QN9M/ref=pd_lpo_201_lp_img_3/254-5734530-8377559?_encoding=UTF8&psc=1&refRID=5J79266NBQ8GHWVCEPVP
 - Amazon – VBS-Hobby-Versand
- **3-Delta Druckservice** (November 2016):
 - <http://www.3-delta.de>
 - Johann Hientz, Silcherweg 4, 89155 Erbach