

Projekttitlel: Flugweite von gefüllten Tischtennisbällen auf einer Sprungschanze

Teilnehmerin/Teilnehmer (mit Alter): Samuel Komann 12 Jahre, Leonard Schmidt 11 Jahre

Schule: Carl-Zeiss-Gymnasium Jena

Projektbetreuung: Dr. Christina Walther

Thema des Projekts:	Sprungschanze, Tischtennisbälle, Flugweite
Fachgebiet:	Physik
Wettbewerbssparte:	Schüler experimentieren
Bundesland:	Thüringen
Wettbewerbsjahr	2024

SCHÜLER
FORSCHUNGS
ZENTRUM
JENA



[1]

1 Projektüberblick

In dem Projekt wurde untersucht, wie sich die Konsistenz und die Masse der Füllung eines Tischtennisballs und die Breite der Beschleunigungsbahn auf die Flugweite der Bälle auswirkt.

Dabei kam heraus, dass ein Tischtennisball eine möglichst dünnflüssige Füllung und eine möglichst hohe Masse haben sollte und von einer möglichst schmalen Schanze springen sollte, damit er möglichst weit fliegt.

2 Inhaltsverzeichnis

1	Projektüberblick.....	2
2	Inhaltsverzeichnis.....	2
3	Motivation und Fragestellung.....	2
4	Hintergrund und theoretische Grundlagen.....	3
5	Vorgehensweise, Materialien und Methoden	3
5.1	Material	3
5.2	Methoden.....	3
5.2.1	Vorbereitung	3
5.2.2	Messungen	8
6	Ergebnisse	9
6.1	3 cm-Sprungschanze.....	9
6.2	1 cm-Sprungschanze.....	9
6.3	Vergleich beider Sprungschancen.....	10
7	Ergebnisdiskussion	12
8	Fazit und Ausblick.....	14
9	Quellen- und Literaturverzeichnis	14
11	Unterstützungsleistungen.....	14

3 Motivation und Fragestellung

Kugeln und ihr Rollverhalten sind interessant. Wenn Kugeln schneller rollen, dann können sie von einer Schanze weiter fliegen. Wir fragten uns, wie wir Kugeln am weitesten fliegen lassen können.

Wir wussten wenig über das Verhalten von verschiedenen Kugeln und Schanzen. Insbesondere über das Verhalten von mit verschiedenen Materialien gefüllten Kugeln kann man experimentell einiges erfahren.

Schanzen kann man auf viele Arten bauen. Wir betrachten Schanzen, die aus zwei Schienen bestehen. Hier stellt sich die Frage, ob Kugeln langsamer sind, wenn sie tiefer in den Schienen liegen. Außerdem haben wir uns gefragt, ob die Zähflüssigkeit der Füllung die Flugweite einer Kugel, die von einer Schanze rollt, beeinflusst. Wir hatten dazu die folgenden Hypothesen:

1. Je schwerer der Ball, desto weiter fliegt der Ball
2. Je zähflüssiger der Inhalt, desto kürzer fliegt der Ball
3. Je schmaler die Schanze, desto weiter fliegt der Ball

4 Hintergrund und theoretische Grundlagen

Wir haben eine Zykloide als Schanzenform gewählt, weil eine Zykloide die beste Methode ist, eine Kugel zu beschleunigen [2], [3].

5 Vorgehensweise, Materialien und Methoden

5.1 Material

Füllungen: Wasser, Sand, Honig, Shampoo, Kleber, Öl

Zum Befüllen: Spritzen, Kanülen, Digitalwaage, Mikrowelle, Styropor, Deckel, Permanentmarker, Klebeband, Handbohrer

Schanzen: Laptop, Kleber, Holz, Lasercutter, Plastikkiste, Klebeband, Faden, Büroklammern, Klammern, Schraubzwingen

Messungen: Zollstock, Sand, Klammern, Schraubzwinde, Holz, Kleber, Laptop, Stift

Sonstiges: Tischtennisbälle (etwa 40 Millimeter Durchmesser und 2,47 Gramm Gewicht), Handy, Metallstab, Kerze

5.2 Methoden

5.2.1 Vorbereitung

Wir hatten vor, eine Schanze zu bauen, die einen Schienenabstand von einem Zentimeter hat, und eine weitere mit einem Schienenabstand von drei Zentimetern.

Dazu wurde die Schanzenvorlage in Inkscape erstellt, damit sie dann von einem Lasercutter ausgeschnitten werden konnte. Deswegen wurde erst in GeoGebra eine Zykloide erstellt. Diese ließ sich aber nicht in Inkscape einfügen. Deswegen wurde eine Vorlage von Wikipedia in Inkscape nachgezeichnet. Außerdem wurden in der Vorlage für die Schanze auch Löcher eingefügt, in die dann Abstandhalter kommen sollen, die jeweils zwei von den Schanzenhälften aneinanderhalten sollen. Die Abstandhalter sind ebenfalls auf der Cutvorlage (Abbildung 1). Es sind fünf Abstandhalter für die 1 cm-Schanze und ebenso fünf für die 3 cm-Schanze.

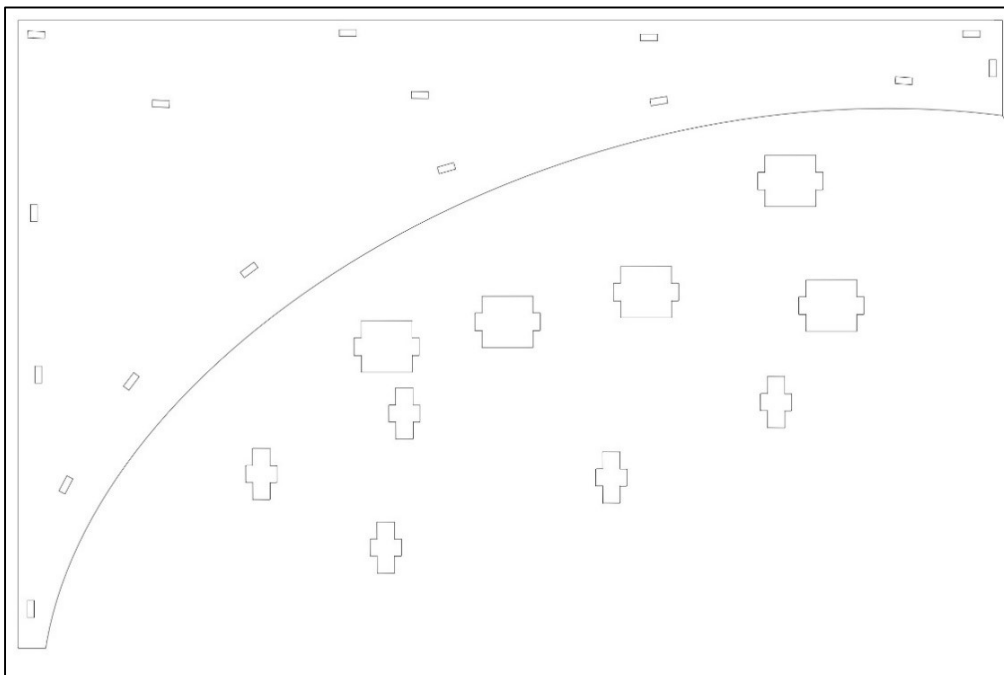


Abbildung 1: Lasercutvorlage

Die Lasercutvorlage wurde viermal von einem Lasercutter aus vier Millimeter dickem Holz ausgeschnitten, sodass man vier Schanzenhälften und zwanzig 1 cm lange und zwanzig 3 cm lange Abstandhalter hat.

Auf eine Schanzenhälfte wurden 16 Abstandshalter für die 3 cm-Schanze geklebt. Darauf wurde dann eine zweite Schanzenhälfte geklebt. Dann wurde die Schanze mit Klammern und Schraubzwingen zusammengepresst (Abbildung 2). Als der Kleber getrocknet war, wurden die Klammern und Schraubzwingen abgemacht und die Schanze war fertig. Das gleiche wurde dann mit der 1 cm-Schanze gemacht (Abbildung 3).



Abbildung 2: 3 cm-Schanze trocknet (Foto: Samuel Komann)



Abbildung 3: 1 cm-Schanze trocknet (Foto: Samuel Komann)

Danach wurde in einen Tischtennisball mit einem Handbohrer ein Loch gebohrt und mit einer Spritze Wasser in ihn gefüllt. Dann wurde das Loch mit Klebeband zugeklebt. Das hat auch gut funktioniert, aber bei einem Test, bei dem der Tischtennisball etwa einen Meter gefallen ist, hat das Klebeband zwar gehalten, aber der Tischtennisball ist an einer anderen Stelle aufgeplatzt.

Dann haben wir nach einer anderen Verschlussmöglichkeit gesucht. Die Idee war, das Loch mithilfe von Hitze zuzuschweißen. Deswegen wurde über einer Kerze ein dünner Metallstab erhitzt und damit der Tischtennisball bearbeitet. Man konnte Löcher reinbohren, man konnte den Kunststoff aber nicht gut verteilen.

Die letzte Idee war, dass Kanülen genommen werden, die ein kleineres Loch benötigen, sodass es gar nicht verschlossen werden muss, da die Füllungen auch so nicht rauskommen.

Deswegen wurden die Tischtennisbälle mit Hilfe von Spritzen und Kanülen befüllt. Mit den Kanülen wurde immer ein Loch gebohrt und dann das jeweilige Material in den Ball gefüllt (Abbildung 4). Es wurden die Materialien Wasser, Honig, Kleber, Sand, Öl und Shampoo ausgetestet (Tabelle 1). Es sollte pro Füllung immer ein Tischtennisball 10 Gramm wiegen und einer 20 Gramm. Dafür wurden die Tischtennisbälle während des Füllens mehrmals auf eine Waage gelegt.



Abbildung 4: Befüllung eines Tischtennisballs mit Honig (Foto: Leonard Schmidt)

Tabelle 1: Warum wurden die Füllungen ausgewählt und welche Schwierigkeiten gab es beim Befüllen der Bälle?

Füllung	Masse in g	Warum diese Füllung?	Schwierigkeiten beim Befüllen
Luft	2,47	Tests mit normalen Tischtennisbällen	-
Wasser	10	verteilt sich schnell	-
	20		
Honig	10	verteilt sich sehr langsam	Der Honig fließt nicht sonderlich gut durch Kanüle. Deswegen wurde der Honig in der Mikrowelle erhitzt. Dann hat es funktioniert (siehe Abbildung 4).
	20		
Kleber	10	verteilt sich gar nicht	Der Kleber löst die Schale des Balles teilweise auf, sodass er sich verformt (siehe Abbildung 5). Deswegen konnten keine mit Kleber gefüllten Bälle genutzt werden.
	20		
Sand	10	keine Flüssigkeit	Der Sand ging nicht in die Bälle rein, weswegen auch keine mit Sand gefüllten Bälle genutzt werden konnten.
	20		
Öl	10	geringe Dichte, sodass der Tischtennisball weiter gefüllt ist	-
	20		
Shampoo	10	verteilt sich langsamer als Wasser aber schneller als Honig	-
	20		



Abbildung 5: Kleber verformt Tischtennisball (Foto: Samuel Komann)

Die Tischtennisbälle wurden zur Lagerung erst auf Deckel gelegt, dann auf ein Styroporstück mit Löchern.

Danach wurde ein rechteckiger Holzrahmen auf ein Brett geklebt. In den entstandenen Behälter wurde Sand gefüllt (Abbildung 6). In diesem sollen später die Tischtennisbälle landen.



Abbildung 6: Sandbecken (Foto: Samuel Komann)

Zum schnellen und leichten Glätten des Sandes wurde ein Holzklötz genommen und an ihm mit zwei Klammern und einer Schraubzwinde ein dünnes Brett befestigt, das senkrecht auf dem Sand steht. Der Holzklötz lag auf dem Holzrahmen, sodass, wenn man ihn vor und zurück bewegte, das dünne Holzbrett den Sand glättete (Abbildungen 7 bis 9).

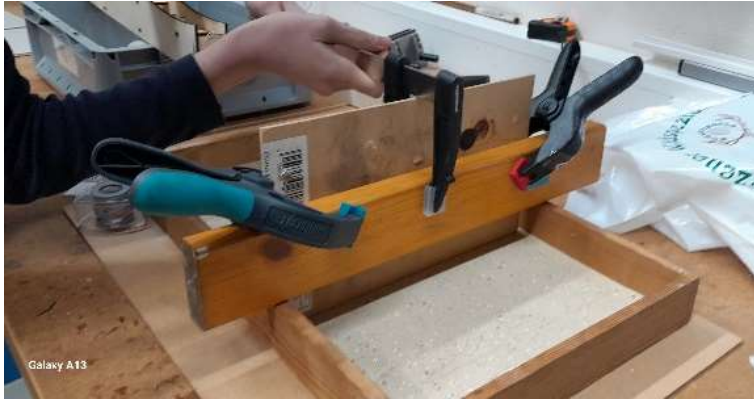


Abbildung 7: Sandglätter beim Benutzen (Foto: Samuel Komann)



Abbildung 8: Sandglätter von der Seite (Foto: Samuel Komann)



Abbildung 9: Sandglätter von vorne (Foto: Samuel Komann)

Vor das Sandbecken wurde eine Plastikkiste gestellt, auf die dann die Schanzen gestellt wurden. Die Kiste war 12 cm hoch. Damit die Tischtennisbälle immer an der gleichen Stelle losflogen, wurde vorne an den Schanzen je ein Faden mit Klebeband befestigt. An diesen Fäden waren ein paar Büroklammern als Gewicht befestigt. Auf der Seite des Sandbeckens, die zur Plastikkiste zeigte, war eine Markierung. Über dieser Markierung hingen die Büroklammern (Abbildung 10). Dadurch flogen die Tischtennisbälle immer an der gleichen Stelle los und es konnte immer von der Markierung aus gemessen werden.



Abbildung 10: Büroklammern hängen über der Markierung (Foto: Samuel Komann)

5.2.2 Messungen

Am Anfang jedes Versuches wurde der Sand geglättet. Dann wurde mit der 3 cm-Schanze begonnen. Sie wurde so auf die Plastikbox gestellt, dass die Büroklammern über der Markierung hingen. Nun wurde die 20 g-Wasserkugel auf die Schanze gelegt und so leicht angeschoben, dass die Kugel gerade so runtergerollt ist.

Dann wurde mit einem Zollstock die Distanz von dem Absprungpunkt aus bis zum Abdruck der Kugel im Sand gemessen (Abbildungen 11 und 12) und dieser Wert wurde zu der Dicke des Holzrahmes (1 cm) addiert.



Abbildung 11: Eine Kugel ist von einer Schanze geflogen (Foto: Samuel Komann)



Abbildung 12: Messung der Flugweite (der Pfeil markiert den Abdruck des Balls) (Foto: Samuel Komann)

Insgesamt gab es pro Ball pro Schanze fünf Wiederholungen.

Nach dem Wassertischtennisball wurden die anderen Tischtennisbälle auch je fünf Mal von der 3 cm-Sprungschanze springen gelassen und wurden jeweils ausgemessen. Dann sprangen noch alle Bälle fünf Mal von der 1 cm-Schanze.

Zum Schluss wurden noch der Mittelwert und die Standardabweichung von den fünf Versuchen pro Tischtennisball pro Schanze berechnet.

6 Ergebnisse

Für den Kleber konnten keine Messungen durchgeführt werden, weil der Kleber den Tischtennisball auflöste. Für Sand konnten ebenfalls keine Messungen durchgeführt werden, weil die Tischtennisbälle nicht mit Sand befüllt werden konnten. Dies lag daran, dass die Sandkörner nicht durch die Kanüle passten. Da sich im Verlauf der Messungen beim Honig die Weite mit jedem Versuch erhöht hatte, wurde für beide Massen eine zweite Versuchsreihe an einem anderen Tag durchgeführt (in Tabellen und Diagramm mit (2) gekennzeichnet).

6.1 3 cm-Sprungschanze

In Tabelle 2 werden die Messergebnisse der 3 cm-Sprungschanze dargestellt. Der höchste Mittelwert war bei Wasser 20 g und der niedrigste bei Honig 10 g beim ersten Versuch. Die höchsten Standardabweichungen waren bei Honig 10 g und Honig 20 g beim ersten Versuch. Die Standardabweichung war bis auf Shampoo immer bei 10 g höher als bei 20 g.

Tabelle 2: Messergebnisse der 3 cm-Sprungschanze: Einzelmessungen, Mittelwerte und Standardabweichung der Sprungweite für verschiedene Füllungen und Massen

Füllungen		Messwerte in cm					Auswertung	
Material	Masse	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	4. Versuch	5. Versuch	Mittelwert in cm	Standardabweichung in cm
Leer	2,47 g	20,9	20,5	21,4	21,3	20,1	20,84	0,55
Wasser	10 g	19,5	16,8	17,2	18,8	20	18,46	1,41
	20 g	26,4	25,9	26,1	28,7	26,1	26,64	1,17
Honig	10 g (1)	7,8	8,5	9,7	13,2	15,4	10,92	3,25
	10 g (2)	20,5	17,1	20,3	19,9	20,2	19,6	1,41
	20 g (1)	8,2	9,2	16,1	11,7	12,9	11,62	3,13
	20 g (2)	19	20,1	20,1	19	21,1	19,86	0,88
Kleber	10 g	keine Ergebnisse, da der Kleber den Tischtennisball auflöste						
	20 g							
Sand	10 g	keine Ergebnisse, da wir den Sand nicht in den Tischtennisball bekamen						
	20 g							
Öl	10 g	17,4	19,3	19,8	19,4	19,3	19,04	0,94
	20 g	22,1	22,1	22,2	22	21,8	22,04	0,15
Shampoo	10 g	20,5	20	18,2	19,5	20,2	19,68	0,90
	20 g	19	19,5	20,1	21,4	19,5	19,9	0,92

6.2 1 cm-Sprungschanze

In Tabelle 3 werden die Ergebnisse der 1 cm-Sprungschanze dargestellt. Der höchste Mittelwert war bei Wasser 20 g und der niedrigste bei Honig 20 g beim ersten Versuch. Die höchsten Standardabweichungen waren bei Honig 20 g und Honig 10 g beim ersten Versuch. Bei Wasser und bei Honig beim ersten Versuch war die Standardabweichung bei 20 g höher als bei 10 g. Bei

Öl war sie bei 10 g höher als bei 20 g und bei Honig beim zweiten Versuch und Shampoo war die Standardabweichung bei 10 g und 20 g gleich.

Tabelle 3: Messergebnisse der 1 cm-Sprungschanze: Einzelmessungen, Mittelwerte und Standardabweichung der Sprungweite für verschiedene Füllungen und Massen

Füllungen		Messwerte in cm					Auswertung	
Material	Masse	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch	4. Versuch	5. Versuch	Mittelwert in cm	Standardabweichung in cm
Leer	2,47 g	25,8	30,5	30,2	28,5	28,6	28,72	1,87
Wasser	10 g	30,8	30,7	30,9	30	30,5	30,58	0,36
	20 g	36,8	40,8	37,9	41	36	38,5	2,29
Honig	10 g (1)	18,7	24,5	20,8	21,5	22,8	21,66	2,17
	10 g (2)	22,1	23,5	22,3	23,2	24,7	23,16	1,04
	20 g (1)	18,8	25,5	20,1	22,8	20,1	21,46	2,69
	20 g (2)	27	27,4	25	25,6	25,5	26,1	1,04
Kleber	10 g	keine Ergebnisse, da der Kleber den Tischtennisball auflöste						
	20 g							
Sand	10 g	keine Ergebnisse, da wir den Sand nicht in den Tischtennisball bekamen						
	20 g							
Öl	10 g	21,4	22,9	25,1	23,8	25,4	23,72	1,64
	20 g	29,8	28,7	29,1	29,7	28,8	29,22	0,51
Shampoo	10 g	24,5	24,5	23,4	25	23,9	24,26	0,62
	20 g	26	25,7	24,9	24,5	25,6	25,34	0,62

6.3 Vergleich beider Sprungschancen

Abbildung 13 zeigt die mittlere Flugweite der Tischtennisbälle einschließlich Standardabweichung von beiden Schanzen.

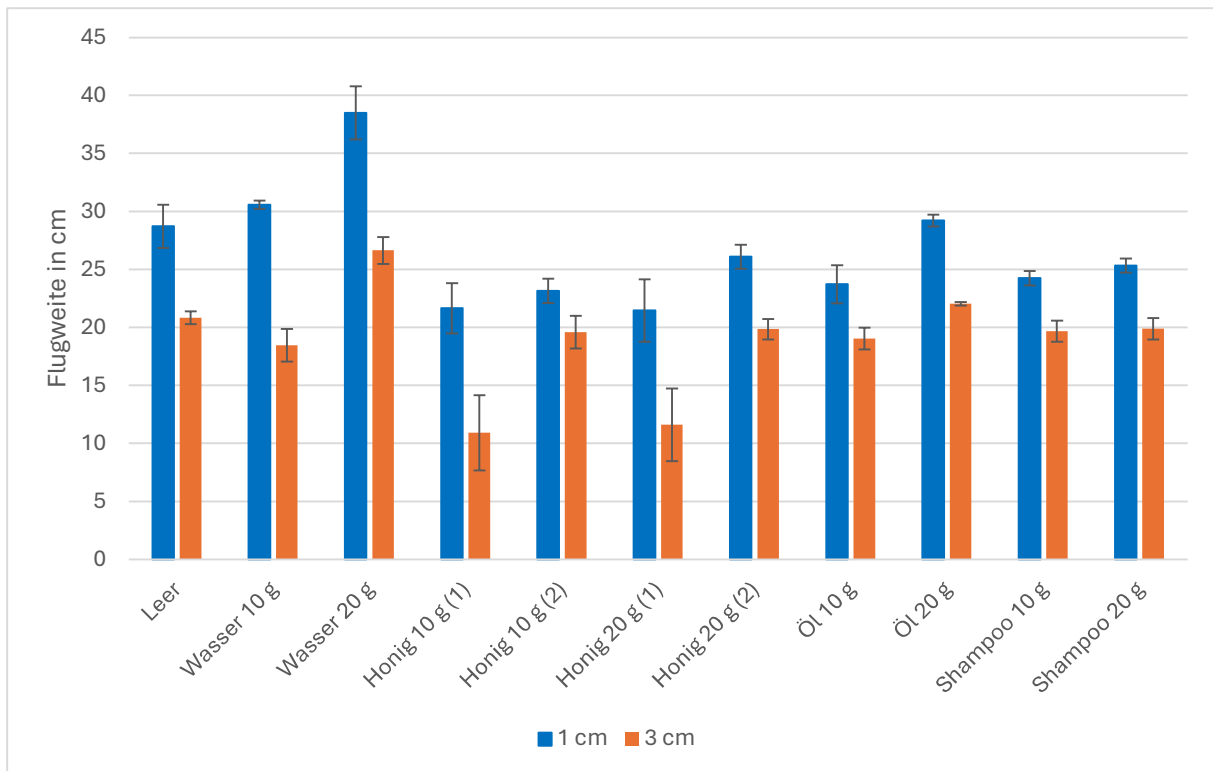


Abbildung 13: Diagramm von Mittelwert und Standardabweichung der Tischtennisbälle auf beiden Sprungschanzen

Tabelle 4 zeigt die Bälle der Flugweite nach geordnet. Oben sind die am weitesten gesprungenen Bälle und unten die, die am wenigsten weit geflogen sind. Links wird das für die 1 cm-Schanze angezeigt und rechts für die andere. Es zeigt sich, dass sich die Rangfolge der Füllungen auf beiden Schanzen kaum unterscheidet.

Tabelle 4: Rangliste der Sprungweite (1 cm- und 3 cm-Schanze getrennt)

1 cm				3 cm			
Platz	Material	Masse	Flugweite in cm	Platz	Material	Masse	Flugweite in cm
1	Wasser	20 g	38,5	1	Wasser	20 g	26,64
2	Wasser	10 g	30,58	2	Öl	20 g	22,04
3	Öl	20 g	29,22	3	Leer	2,47 g	20,84
4	Leer	2,47 g	28,72	4	Shampoo	20 g	19,9
5	Honig	20 g (2)	26,1	5	Honig	20 g (2)	19,86
6	Shampoo	20 g	25,34	6	Shampoo	10 g	19,68
7	Shampoo	10 g	24,26	7	Honig	10 g (2)	19,6
8	Öl	10 g	23,72	8	Öl	10 g	19,04
9	Honig	10 g (2)	23,16	9	Wasser	10 g	18,46
10	Honig	10 g (1)	21,66	10	Honig	20 g (1)	11,62
11	Honig	20 g (1)	21,46	11	Honig	10 g (1)	10,92

Tabelle 5 zeigt die Bälle der Sprungweite nach geordnet. Im Gegensatz zur Tabelle 4 zeigt diese nicht alle Bälle von einer Schanze geordnet, sondern von beiden. Es zeigt sich, dass die Bälle von der 1 cm-Schanze fast immer weiter geflogen sind.

Tabelle 5: Rangliste der Sprungweite gesamt

Platz	Schanze	Material	Masse	Flugweite in cm
1	1 cm	Wasser	20 g	38,5
2	1 cm	Wasser	10 g	30,58
3	1 cm	Öl	20 g	29,22
4	1 cm	Leer	2,47 g	28,72
5	3 cm	Wasser	20 g	26,64
6	1 cm	Honig	20 g (2)	26,1
7	1 cm	Shampoo	20 g	25,34
8	1 cm	Shampoo	10 g	24,26
9	1 cm	Öl	10 g	23,72
10	1 cm	Honig	10 g (2)	23,16
11	3 cm	Öl	20 g	22,04
12	1 cm	Honig	10 g (1)	21,66
13	1 cm	Honig	20 g (1)	21,46
14	3 cm	Leer	2,47 g	20,84
15	3 cm	Shampoo	20 g	19,9
16	3 cm	Honig	20 g (2)	19,86
17	3 cm	Shampoo	10 g	19,68
18	3 cm	Honig	10 g (2)	19,6
19	3 cm	Öl	10 g	19,04
20	3 cm	Wasser	10 g	18,46
21	3 cm	Honig	20 g (1)	11,62
22	3 cm	Honig	10 g (1)	10,92

7 Ergebnisdiskussion

Unsere Ergebnisse zeigten, dass sich unsere Hypothesen größtenteils bestätigt haben.

Hypothese 1 (Je schwerer der Ball, desto weiter fliegt der Ball) hat sich bzgl. der Weiten-Mittelwerte bestätigt. Schwerere Bälle flogen über fast alle Kombinationen aus Füllung und Schanzenbreite weiter. Ausnahmen waren die erste Messung von Honig auf der 1 cm-Schanze und der leere Ball. Dieser flog, obwohl er nur 2,47 g wog, auf der 1 cm-Schanze weiter als alles, außer den beiden Wasserbällen und dem 20 g Öl-Ball und auf der 3 cm-Schanze weiter als alles, außer 20 g Wasser und 20 g Öl. Das könnte daran liegen, dass sich keine Füllung beim Rollen immer wieder neu verteilen musste und der Ball dadurch nicht abgebremst wurde.

Hypothese 2 (Je zähflüssiger der Inhalt, desto kürzer fliegt der Ball) hat sich mehrheitlich bestätigt. Honig (zähflüssigste Füllung) flog im Schnitt am kürzesten, Öl (mittelmäßig zähflüssig) erreichte mittlere Weiten und Wasser (am wenigsten zähflüssig) flog am weitesten. Shampoo (auch mittelmäßig zähflüssig) lag im Bereich des Öls. Auch hier kann die Ursache sein, dass sich zähflüssige Inhalte sich nicht schnell genug verteilen können und so der Ball ausgebremst wird.

Hypothese 3 (Je schmaler die Schanze, desto weiter fliegt der Ball) hat sich bzgl. der Weiten-Mittelwerte bestätigt. Enger liegende Schienen führen zu höheren Weiten bei gleicher Kombination aus Inhalt und Masse. Das kann daran liegen, dass bei einer schmalen Schanze der Schwerpunkt des Balles höher liegt und er so schneller ist.

Beim Honig bei der ersten Versuchsreihe war es möglicherweise so, dass dadurch, dass sich der Honig bei jedem Versuch mehr im Tischtennisball verteilt hat, der Ball dann immer schneller gerollt ist und so auch weiter geflogen ist. Als deswegen eine Woche später eine zweite Versuchsreihe gemacht wurde, war der Honig getrocknet und der Ball flog deswegen immer etwa gleichweit.

Tabelle 6 zeigt, was bei der Vorbereitung des Experiments und beim Messen gut und schlecht funktioniert hat.

Tabelle 6: Was hat gut und schlecht funktioniert?

Ziel	Das hat gut funktioniert	Das hat schlecht funktioniert
Schanzenvorlagenerstellung in Inkscape	Das Einfügen der Zykloide von Wikipedia in Inkscape.	Das Nachzeichnen der Zykloide in Inkscape dauerte ziemlich lange.
Schanzenaufbau	Das Zusammenbauen der Schanzen ging sehr gut. Der Kleber hat auch sehr gut gehalten, bis...	... sich zum Schluss der Abstandhalter oben an der 3 cm-Schanze gelöst hat. Es wurde dort aber eine Klammer gefestigt, sodass es dann wieder gehalten hat.
Befüllung der Tischtennisbälle Methode 1: Mit Handbohrer, Spritze und Klebeband	Das Loch zu bohren, Wasser in den Ball zu füllen und das Klebeband auf ihn zu kleben hat gut funktioniert. Ebenso hat das Klebeband gut gehalten, bis...	... bei einem Test, bei dem der Ball aus etwa einem Meter Höhe gefallen ist, der Ball aufplatze (das Klebeband blieb aber dran)
Befüllung der Tischtennisbälle Methode 2: Verschließung mit einem über einer Kerze erhitzen Metallstab	Das Erhitzen des Metallstabes über einer Kerze und die Bearbeitung des Tischtennisballes hat gut funktioniert.	Man konnte mit dem heißen Metallstab den Tischtennisball nicht so bearbeiten, dass ein Loch verschlossen wird.
Befüllung der Tischtennisbälle Methode 3: Mit Spritzen und Kanülen (letzte und beste Methode)	Das Löcherbohren mit einer Kanüle ging sehr gut. Das Befüllen funktionierte auch gut bis auf ein Paar Materialien.	Der Honig ging nicht gut durch die Kanüle. Nach dem Erhitzen in der Mikrowelle hat das aber dann doch gut funktioniert. Der Sand ging nicht durch die Kanüle und der Kleber löste den Tischtennisball teilweise auf, sodass er sich verformte.
Glätten des Sandes	Mithilfe des Gerätes aus einem dünnen Holzbrett, einem dickeren Holzklotz, Klammern und einer Schraubzwinde konnte man den Sand sehr schnell und leicht glätten.	-
Messen der Flugweite	Das Messen der Flugweite ging sehr leicht, da man mit dem Zollstock, wegen des sehr glatten Sandes sehr gut von der Markierung zum Anfang des Abdruckes des Balles messen konnte. Das 1cm-Addieren war auch nicht schwer.	-

8 Fazit und Ausblick

Wie unsere Messergebnisse zeigen, ist die beste Kombination aus Füllung, Masse und Schanze: 20 g Wasser auf der 1 cm Schanze.

Wenn man dieses Projekt weiterführt, könnte man noch weitere Schanzenformen, Schanzenbreiten, Absprunghöhen, Füllungen und Massen der Tischtennisbälle untersuchen.

9 Quellen- und Literaturverzeichnis

[1] <https://carlzeissgymnasiumphysik.files.wordpress.com/2015/06/schullogo.png>, 09.01.2024, Einladung | Studienfahrt Physik

[2] Brachistochrone – Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Brachistochrone>, 11.01.2024

[3] Zyклоide – Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Zyклоide>, 11.01. 2024

11 Unterstützungsleistungen

Christina Walther, Projektleiterin, Schülerforschungszentrum Jena, hat uns dabei geholfen die Schanzenvorlage in Inkscape zu erstellen und uns Geräte und Materialien bereitgestellt. Außerdem hat sie uns bei der Themenwahl beraten.

Thomas Köhler, Mitarbeiter Carl Zeiss AG hat uns Geräte und Materialien gegeben und mit uns unser Thema diskutiert.

Johannes Kretzschmar, Lichtwerkstadt Jena hat den Lasercut ermöglicht.

Unsere Eltern haben uns beim Fertigstellen der Arbeit geholfen.