

jugend forscht

schüler experimentieren

Projekttitlel

Gib Gummi! Versuche mit einem Raketenkatapult.

Wettbewerbsjahr

2023

Wettbewerbsname

Regionalwettbewerb Düsseldorf

Bundesland

Nordrhein-Westfalen

Sparte

Schüler experimentieren

Fachgebiet

Technik

Teilnehmer 1 / Gruppensprecher

Oskar Albrecht (11 Jahre,
31.05.2011)

Teilnehmer 1 - Schule

Otto-Hahn-Gymnasium, Monheim am
Rhein

Erarbeitungsort

Privat/zu Hause

Projektbetreuer

Sebastian Voss

Patent

Nein

Projekt mit Tieren

Nein

Projektnummer

99738

Standnummer

Nicht vergeben

Finalisierte Version

Ja

Kurzfassung

In meinem Experiment geht es darum, mit einem Katapult eine selbstgebaute Rakete möglichst hoch in die Luft zu schießen. Ich habe sowohl ein Gummiband-Katapult (ausgehend von einem Bausatz) als auch verschiedene Flugobjekte selbst konstruiert. Nach mehreren Tests und Verbesserungen habe ich meine gebauten Raketen abheben lassen. Dabei wollte ich herausfinden, wie ich den maximalen Schub mit dem Katapult erreichen kann und welchen Einfluss verschiedene Eigenschaften der Raketen auf die zu messende Höhe haben.

Gib Gummi!

Versuche mit einem Raketenkatapult

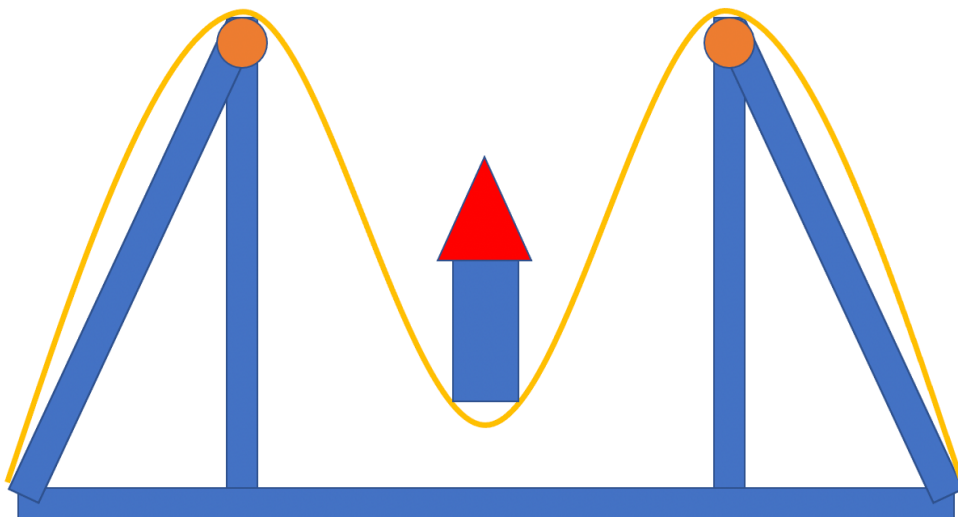
Oskar Albrecht (11 Jahre, 6. Klasse)

oskar.albrecht@ohg-monheim.eu

Projektbetreuung: Sebastian Voss (Schule), Keno Albrecht (privat)

Schüler experimentieren, Fachgebiet: Technik

Nordrhein-Westfalen / Düsseldorf, 2023



Kurzfassung

In meinem Experiment geht es darum, mit einem Katapult eine selbstgebaute Rakete möglichst hoch in die Luft zu schießen.

Ich habe sowohl das Gummiband-Katapult (ausgehend von einem Bausatz) als auch verschiedene Flugobjekte selbst konstruiert. Nach mehreren Tests und Verbesserungen habe ich meine gebauten Raketen abheben lassen. Dabei wollte ich herausfinden, wie ich den maximalen Schub mit dem Katapult erreichen kann und welchen Einfluss verschiedene Eigenschaften der Raketen auf die zu messende Höhe haben. Als Sieger konnte das „Ei“ eine Höhe von ca. 12 Metern erreichen.

In diesem Bericht beschreibe ich den Bau und meine Experimente und diskutiere die erreichten Ergebnisse.

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Ziel dieser Arbeit	3
Konstruktion und Materialien	3
Die Anfänge	3
Erste Versuche	4
Verbesserungen des Katapults	5
Stabilisierung des Katapults.....	5
Sicheres Spannen und Lösen des Gummis	6
Verschiedene Flugobjekte	8
Holzrakete	8
Flaschenkopf + Dose = „Flaschendose“ = Rakete	9
Die „Spraydose“	10
Das „Ei“	10
Experimente und Ergebnisse	10
Versuchsaufbau und Methode	10
Experimente und Ergebnisse	12
Holzrakete mit Einspannvorrichtung	12
Flaschendose mit Startplattform	13
Flaschendose ohne Startplattform (am Gummi eingespannt)	14
Spraydose ohne Startplattform	14
Ei ohne Startplattform	14
Ergebnisdiskussion	15
Zusammenfassung	16
Raketengalerie	16
Quellen- und Literaturverzeichnis.....	17
Unterstützungsleistungen	17

Einleitung

Ich bin sehr an Raketen interessiert und wie sie funktionieren. Bisher habe ich immer wieder kleinere Papierraketen gebaut, die ich von Hand in die Luft geworfen habe, um zu schauen, wie gut sie fliegen. Eines Tages möchte ich gerne für die ESA arbeiten und Raketen entwickeln. Daher kam mir die Idee, das Thema „Raketen“ in diesem Projekt genauer zu betrachten.

Doch zuvor hatte ich eigentlich eine andere Idee im Bereich Technik oder Physik: gerne hätte ich einen Anzug entwickelt, mit dem ich an einer Wand laufen könnte. Mir wurde aber schnell bewusst, wie schwer dieses Ziel zu erreichen wäre. Zum einen wusste ich überhaupt nicht, wie man so etwas bauen müsste, zum anderen war die Zeit bis zur Abgabe sicherlich zu knapp. Ich überlegte dann kurz, ob vielleicht ein an einer Wand fahrendes Auto funktionieren könnte. Doch auch dieses Projekt erschien mir zu schwierig.

Also suchte ich eine neue Idee, die ich auch wirklich umsetzen konnte. Als wir im Urlaub bei einem Bekannten, der auch Ingenieur gewesen ist, zu Besuch waren, zeigte er mir ein Holzkatapult, mit dem man Gegenstände in die Luft schießen konnte. Er gab mir den Grundaufbau des Katapults mit, das er selbst entworfen, aber nie ganz fertiggestellt hatte. Dies war der Start für die Experimente, die ich mit einem Raketenkatapult anstellen wollte.

Ziel dieser Arbeit

Ziel meiner Arbeit ist es, eine „Rakete“ möglichst hoch in die Luft zu schießen. Damit meine ich keine „Rakete“ mit eigenem Antrieb (Fest- oder Flüssigtreibstoff, siehe [1]), sondern ein raketenähnliches Flugobjekt, das ich mit dem Katapult nach oben katapultiere.

Das heißt, für mein Experiment werde ich ein Katapult sowie ein oder mehrere Flugobjekte bauen und untersuchen müssen.

Konstruktion und Materialien

Die Anfänge

In dem folgenden Bild habe ich den Grundaufbau meines Katapults dargestellt:

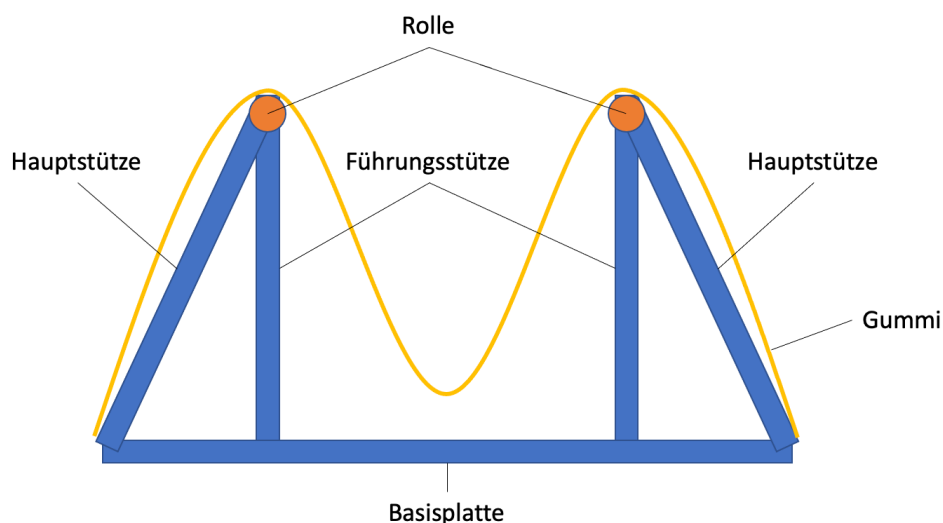


Abbildung 1: Grundaufbau meines Katapults

Das Katapult besteht aus folgenden Bauteilen:

- Die beiden *Hauptstützen* sind an der *Basisplatte* verankert. An ihnen ist das *Gummi* befestigt, damit es nicht wegrutscht.
- Die *Führungsstützen* stehen auf der Basisplatte und sind mit den Hauptstützen verbunden. Sie sorgen dafür, dass das Katapult beim Spannen des Gummis nicht in sich zusammenfällt.
- Zwischen den Haupt- und Führungsstützen ist auf jeder Seite eine *Rolle* eingebaut. Sie ist dafür zuständig, dass sich das Gummi beim Spannen und Entspannen reibungslos bewegen kann.
- Die *Basisplatte* dient als Unterbau des Katapults, damit alles in einem Stück zusammengesteckt und gerade stehen kann.
- Das *Gummi* ist der „Antrieb“ für meine Rakete. Hiermit spanne ich meine Flugobjekte ein (ziehe sie nach unten) und lasse sie in die Luft fliegen (durch Loslassen des gespannten Gummis). Als Gummi habe ich einen sehr elastischen Gummischlauch verwendet.

Wie man sieht, ist mein Katapult dafür konstruiert, leichte Raketen in die Höhe zu schießen. Dies ist anders als zum Beispiel bei Katapulten im Mittelalter (siehe [2]), die einen schweren Gegenstand über eine Distanz in die Ferne geschossen haben.

Das folgende Bild zeigt den ersten Aufbau meines Katapults, in dem allerdings das Gummi noch nicht eingespannt war.



Abbildung 2: Erster Aufbau des Katapults

Erste Versuche

Ich wollte das Katapult sofort testen und spannte ein Blatt Papier ein, doch als wir das Gummi losgelassen haben, flog das Papier nicht sehr hoch und zur Seite, da es so eine große Fläche und damit Luftwiderstand hatte. Deswegen habe ich das Blatt zu einer Papierkugel zusammengeknüllt, damit es kleiner und kompakter wird, um weniger Reibung beim Flug zu erzeugen. Beim erneuten Start änderte sich sofort etwas: die Papierkugel flog sehr schnell gegen die Decke. Mein erster Erfolg.

Während dieser Tests habe ich eine Sache festgestellt: die hohe Instabilität des Katapults. Bei den Versuchen musste mein Vater, der mir geholfen hat, die vier Stützen festhalten, damit sie nicht umkippten.

Mir sind auch noch ein paar weitere Dinge aufgefallen, die ich in der folgenden Aufgabenliste festgehalten habe:

- Katapult stabilisieren
- Das Spannen und Lösen des Gummis verbessern und sicherer machen
- Flugkörper verbessern

Ich priorisierte die Stabilisierung des Katapults, was ich im nächsten Kapitel beschreibe.

Verbesserungen des Katapults

Stabilisierung des Katapults

Ich schraubte zuerst die Hauptstützen in die schon vorhandenen Ausschnitte in der Basisplatte fest. Danach schob ich die Führungsstützen ein kleines Bisschen weiter nach innen. Zur Überprüfung machte ich einen weiteren Test mit der Papierkugel. Bei diesem Versuch kam zum Vorschein, dass selbst diese einfachen Verbesserungen schon zu einer starken Stabilisierung des Gestells geführt hatten. Deshalb mussten wir während der Spannung nur noch das Gummi festhalten und nicht mehr das ganze Katapult.

Nach dem Test habe ich zusätzlich noch die Führungsstützen an der Hauptstütze fixiert und so die Schraubzwinge entfernen können. Dazu habe ich die Hauptstütze zwischen jeweils zwei Führungsstützen unterhalb der Rolle eingeklemmt und alles mit einer Schraube und Mutter zusammengezogen. Mit einem kleinen Abstandhalter konnte ich dafür sorgen, dass sich die Rolle weiterhin dreht. Die Führungsstützen habe ich unten auch noch mit einem kleinen Holzblock auf Abstand gehalten. Abschließend habe ich das Gummi angelegt und mit Rohrklemmen an den Hauptstützen fixiert.

Das Ganze sah dann so wie im folgenden Bild aus:



Abbildung 3: Katapult nach der Stabilisierung

Danach führte ich noch ein paar weitere Tests durch. Dieses Mal ging das Spannen viel leichter, weil die Stützen nun nicht mehr hin und her schwankten. Auch die Papierkugel flog schneller als zuvor hoch und krachte jedes Mal mit einem lauten Knall gegen die Decke des Werkzeugkellers, in dem ich alles gebaut hatte.

Sicheres Spannen und Lösen des Gummis

Damit ich nicht immer neben dem Katapult stehen und das Gummi festhalten und loslassen musste, wollte ich eine *Einspannvorrichtung* bauen. Mit dieser sollte sich das Gummi aus einer gewissen Entfernung lösen und so eine Art Fernzündung für meinen Raketenstart durchführen lassen.

Hierzu hatte ich ein paar Ideen:

- Ein Holzklotz, in den das Gummi eingespannt werden kann. An der vorderen Seite dieses Klotzes ist ein Loch, in das ein „Stift“ über das Gummi geschoben werden kann, um das Gummi zu halten. Der „Stift“ kann mit einem Band, welches am „Stift“ befestigt ist, herausgezogen werden.
- Mehrere Stifte, eine Verbindung. Ähnlich wie die erste Technik nur mit mehreren Stiften, welche alle mit einem Band verbunden sind und so alle zur gleichen Zeit herausgezogen werden können.
- Schrankentechnik, mit 2 „Stiften“. Eine Art Schranke, bestehend aus 2 „Stiften“ wird über das Gummi gelegt und hält es am Boden der Plattform.
- Plattformtechnik („Fahrstuhl“). Eine Plattform wird über das Gummi, in ein hölzernes Rohr eingespannt. Das Flugobjekt wird auf die Plattform gestellt und mit ihr zusammen nach oben geschossen.

Ich entschied mich aus folgenden Gründen für die erste *Holzklotz*-Idee mit einem *Stift*:

- Der Holzklotz ist leicht zu bauen, und den Stift und das Band hatte ich auch schon.
- Die Idee mit mehreren Stiften schien mir überflüssig, da ich vermutete, dass auch ein Stift das Gummi halten würde.
- Ich wusste noch nicht, wie ich die Schrankentechnik und die Plattformtechnik umsetzen sollte. (Eine einfache Plattform hat mir mein Vater später aber noch gebaut.)

Als Stift nahm ich einen Metallstab, der an beiden Enden einen Haken hatte. Ich brauchte allerdings nur den Haken an der einen Seite, also sägte ich den anderen ab und schliff das Ende, an dem er abgesägt wurde, glatt. Dann knotete ich noch ein ca. 1 Meter langes Band an den Stab.

Der vollständige Aufbau sieht nun wie folgt aus:

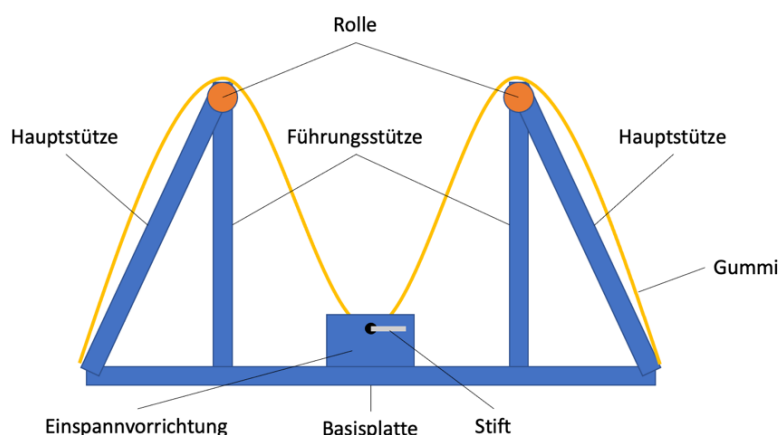


Abbildung 4: Aufbau des Katapults mit Einspannvorrichtung



Abbildung 5: Katapult mit Einspannvorrichtung

Die neue Konstruktion funktionierte ausgezeichnet. Man konnte ca. 1 Meter weit entfernt von dem Katapult stehen und den Stift herausziehen, um das Gummi zu lösen.

Die Fernzündung funktionierte zwar, aber es gab immer noch zwei Probleme, die ich lösen musste:

Rausziehen des „Stiftes“

Ich konnte das Katapult jetzt zwar aus sicherer Entfernung betätigen, aber der Stift hatte auch einen Nachteil: Wenn man ihn mit dem Band herauszog, flog er manchmal mit hoher Geschwindigkeit gegen meine Hand. Dies lag daran, dass das Gummi beim Herausziehen stark an dem Stift rieb, und er sich dann mit einem Ruck löste.

Meine erste Idee zum Lösen dieses Problems war, das Gummi und den Stift einzufetten. Dies machte ich mit Vaseline, die ich noch von einer Aufgabe aus dem Kunstunterricht übrig hatte, bei der ich eine Gipsmaske machen musste. Bei einigen neuen Versuchen zeigte sich, dass dies das Problem größtenteils behob und sich der Stift deutlich einfacher herausziehen ließ. Man musste das Einfetten allerdings nach einiger Zeit regelmäßig wiederholen. Später habe ich herausgefunden, dass Vaseline unter Umständen das Gummi porös machen kann. Daher habe ich es durch Silikonöl ersetzt, was einen ähnlich guten Effekt hatte.

Befestigung des Katapults

Wenn man das Katapult betätigte, wackelte es manchmal und es wäre sogar fast einmal umgefallen. Dieses Problem löste ich, indem ich eine große zurechtgesägte Holzplatte unter dem Katapult festgeschraubt habe. Dies sollte das Katapult schwerer machen und so auch stabiler. Zusätzlich machte ich den gesamten Aufbau mit Schraubzwingen auf einer Werkbank fest.

In unserem Garten (meine neue Abschusszone) baute ich alles für weitere Versuche auf:



Abbildung 6: Versuchsaufbau im Garten

Ich führte ein paar Testversuche mit kleinen, unreifen Tomaten, Flummis und einer leeren Plastikflasche durch. Dabei ist folgendes passiert:

- Die Tomaten und Flummis flogen geschätzt bis zu ca. 20 Meter hoch.
- Die Flasche drehte sich sehr stark und wich zur Seite ab. Sie flog nicht sehr hoch.
- Je weiter man die Flugobjekte zwischen dem Gummi nach unten schob, desto höher flogen sie.
- Es ist wichtig, die Flugobjekte gerade einzuspannen, sonst weichen sie zur Seite ab.

Mein Fazit zu diesem Zeitpunkt: Der neue Aufbau kann für alle weiteren Versuche verwendet werden. Das Katapult war fertig!

Verschiedene Flugobjekte

Als nächstes machte ich mir Gedanken zu den Flugobjekten, die ich in meinen Experimenten untersuchen wollte. Tatsächlich sind diese erst nach und nach entstanden, aber ich möchte sie hier bereits alle vorstellen.

Holzrakete

Ich wollte einen neuen tropfenförmigen Flugkörper aus Holz bauen, denn Tropfen sind die aerodynamischsten Dinge, die es gibt. Außerdem sollte man den Stift durch den Tropfen schieben können, um ihn näher am Gummi zu haben. Vorgestellt habe ich mir das ungefähr wie folgt:

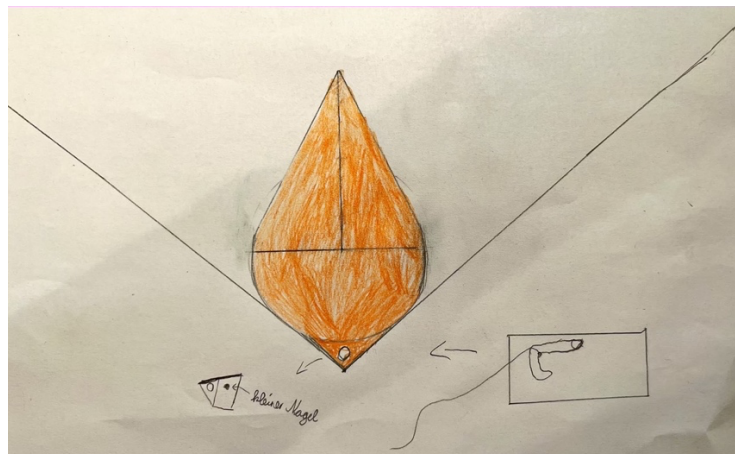


Abbildung 7: Flugobjekt als "Tropfen"

Ich habe aber schnell bemerkt, dass es schwer werden würde, ein rundes Stück Holz herzustellen und dachte mir etwas Neues aus: Eine hölzerne Rakete, die am Boden eine kleine Wand hatte, damit man den Stift ebenfalls durch sie schieben kann.

Wir haben diese Rakete aus einem Holzklötz hergestellt, den wir in mehreren Schritten und nach verschiedenen Tests fertiggestellt haben:



Abbildung 8: Entwurf der Holzrakete

Da die Holzrakete eine Spitze hatte, die mich möglicherweise treffen könnte, wenn ich die Rakete bei der Landung übersehen würde, malte ich die Spitze noch rot an und malte rote Streifen darauf. Damit konnte man sie immer gut sehen, wenn sie in der Luft war.

Flaschkopf + Dose = „Flaschendose“ = Rakete

In meinen ersten Versuchen hatte ich gelernt, dass leichte Gegenstände (Tomate, Flummi, ...) höher fliegen als schwere Gegenstände (Holzrakete, ...). Daher wollte ich noch ein leichtes Flugobjekt bauen, und zwar ein raketenförmiges. Mein Vater hatte die Idee, den Kopf einer PET-Flasche auf eine sehr leichte Alu-Dose zu kleben. Ich schnitt den Kopf der Flasche ab und klebte ihn mit Heißkleber auf die Alu-Dose. Dies dauerte nicht sehr lange. Zusätzlich schlug ich zwei Dellen in das untere Ende der Dose, damit man sie besser in das Gummi einspannen konnte. Das einzige Problem war, dass der PET-Flaschenkopf ein bisschen schief war, aber damit musste ich leben.



Abbildung 9: Die „Flaschendose“

Die Rakete aus der Flasche und der Dose ging nach einiger Zeit bei einem Test kaputt, also brauchte ich ein neues Flugobjekt. Ich suchte im Keller nach Teilen und fand ein paar, die ich gebrauchen konnte. Außerdem hatte ich immer noch zwei Alu-Dosen (die eine von der Flaschenrakete). Ich hatte zwei Ideen für Flugobjekte, die ich beide bauen wollte.

Die „Spraydose“

Zuerst habe ich die „Spraydose“ entworfen. Das aus einem Teil einer Gardinenstange und einer Alu-Dose bestehende Flugobjekt heißt so, weil es wie eine Spraydose aussieht. Ich klebte das Gardinenstangenteil auf die Alu-Dose. Es passte perfekt in die Rille auf dem Oberteil. Dieses Flugobjekt war sehr leicht und wirkte aerodynamisch.

Das „Ei“

Das „Ei“ bastelte ich aus einem anderen Gardinenstangenteil und einem Babyflaschendeckel. Ich klebte den Deckel mit genügend Heißkleber auf das andere Teil. Das „Ei“ war sehr leicht, was mir als Vorteil erschien.



Abbildung 10: Verschiedene Flugobjekte (Auswahl Bauteile, „Spraydose“, „Ei“)

Experimente und Ergebnisse

Versuchsaufbau und Methode

Mit dem oben beschriebenen Katapult, das ich im Garten mit einer Wasserwaage möglichst gerade aufgestellt habe, und den zuvor genannten Flugobjekten wollte ich nun verschiedene Experimente durchführen und ihr Flugverhalten bestimmen. Ich nahm mir vor, jedes Flugobjekt 10-mal fliegen zu lassen.

Damit ich meine Raketen bewerten konnte, wollte ich folgende Punkte festhalten:

- Die **Höhe**: Wie hoch (in Metern) ist die Rakete geflogen?
- Die **Entfernung**: Wie weit (in Metern) ist die Rakete bei der Landung von dem Katapult entfernt und in welchem Winkel liegt sie?
- Die **Flugbeschreibung**: Wie ist sie geflogen? Hat sie sich zum Beispiel gedreht und wenn ja, wie und wie stark? (Beschreibung in Textform.)
- **Startbeschreibung**: Wie gut konnte ich den Stift herausziehen? (Bewertung 1-3: schlecht, mittel, super.)

Da ich diese Punkte natürlich nicht raten konnte, musste ich sie möglichst genau messen. So bin ich dabei vorgegangen:

- **Entfernung:** Ich habe die Entfernung mit unserer Wasserwaage, welche einen Meter lang ist, gemessen. Die Entfernung habe ich auf Dezimeter gerundet. Den Winkel musste ich schätzen.
- **Flugbeschreibung:** Ich musste die Rakete während des Fluges genau beobachten, um zu beschreiben, wie sie geflogen ist. Da sich das Flugverhalten eines Raketentyps meistens nicht groß verändert hat, haben wir die Flugbeschreibung nicht für jeden einzelnen Flugversuch festgehalten.
- **Startbeschreibung:** Nachdem ich den Stift herausgezogen hatte, musste ich mir überlegen, wie gut das Herausziehen funktioniert hat. Nach den Tests mit der Holzrakete (und dem Wechsel zum Silikonöl) habe ich allerdings aufgehört dies zu messen, weil alle weiteren Versuche immer 3 (super) waren.

Die **Höhe** war mein wichtigstes Resultat, leider aber auch besonders schwer zu messen, da wir keine genaue Methode hatten, dies zu tun. Mein Mathelehrer hatte mir zwei Apps empfohlen. Doch die eine App („Viana“) fand ich nicht für unser iPhone, und die andere App („phyphox“) hatte kein Tool, mit dem ich sinnvoll die Höhe messen konnte. Also musste ich mir etwas anderes überlegen. Deswegen entschloss ich mich, mich an Fixpunkten in unserem Garten zu orientieren:

- Trampolin: 2,40m
- Quittenbaum: 3,30m
- Zypresse: 4m
- Kirschbaum: 4,5m
- Unser Haus: 8,25m

Bei den Versuchen habe ich also immer darauf geachtet, wie hoch das Flugobjekt in Bezug zu den Fixpunkten flog. Damit konnte ich die Höhe zwar auch nicht exakt messen, aber es war definitiv eine gute Lösung, da sie einfach durchzuführen war.

Experimente und Ergebnisse

Eigentlich hatte ich mir vorgenommen, alle Versuche 10-mal durchzuführen. Leider sind manche Flugobjekte während der Tests kaputt gegangen, so dass wir die Tests einstellen mussten. Bei einigen Experimenten musste ich das Gummi nachspannen. Später habe ich eine zweite Rohrklemme um das Gummi an jeder Hauptstütze befestigt, damit sich das Gummi nicht immer löst.

Folgende Resultate habe ich erzielt:

Holzrakete mit Einspannvorrichtung

Tabelle 1: Ergebnisse der Holzrakete

Versuch	Höhe	Entfernung	Winkel
1	4,00m	3,00m	10°
2	4,20m	(Wert fehlt)	10°
3	5,00m	2,00m	10°
4	5,50m	2,20m	225°
5	5,00m	1,40m	350°
6	3,30m	1,40m	10°
7	5,00m	2,20m	0°
8	5,20m	1,20m	0°
9	5,00m	1,30m	0°
10	5,20m	1,00m	340°
Durchschnitt	4,74m	1,74m	

Die Holzrakete hat eine durchschnittliche Höhe von 4,74m erreicht. Vermutlich durch ihr hohes Gewicht (73g) hat sie sich nur ein wenig vom Startpunkt entfernt (durchschnittlich 1,74m). Sie ist fast immer in die gleiche Richtung abgewichen (nahe bei 0°, mit nur einem starken Ausreißer mit 225°).

Die Holzrakete hat sich sehr stark um alle Achsen gedreht. Dies lag vermutlich daran, dass sie nicht symmetrisch gesägt und eingespannt war.

Nach einigen Versuchen haben wir den Stift mit Silikonöl eingesprüht, wodurch ich den Stift auch bei allen weiteren Versuchen sehr gut herausziehen konnte.

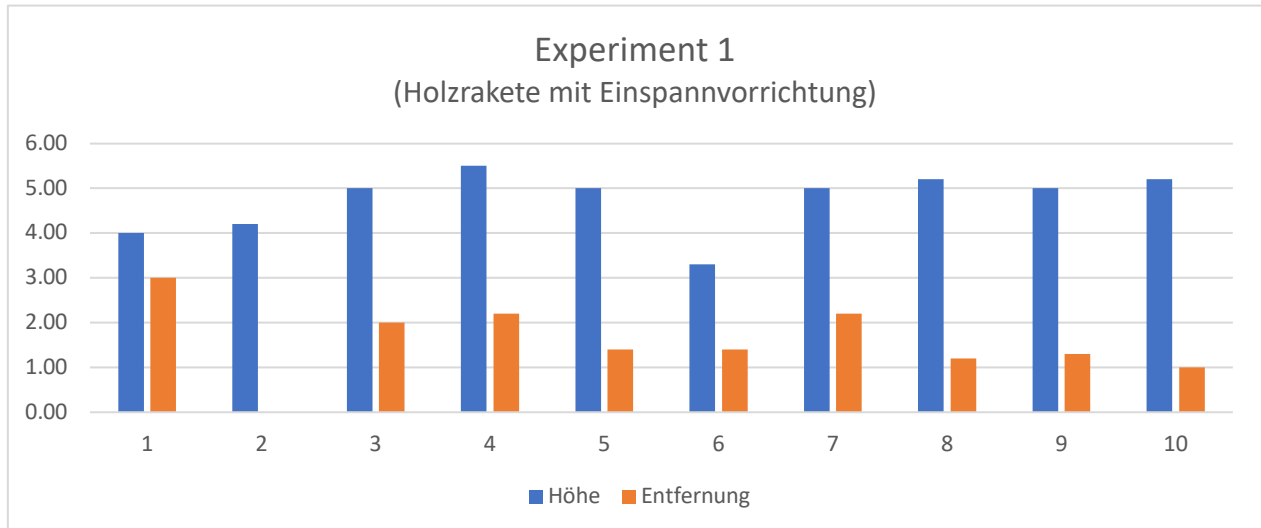


Abbildung 11: Säulendiagramm der Höhen und Entfernungen

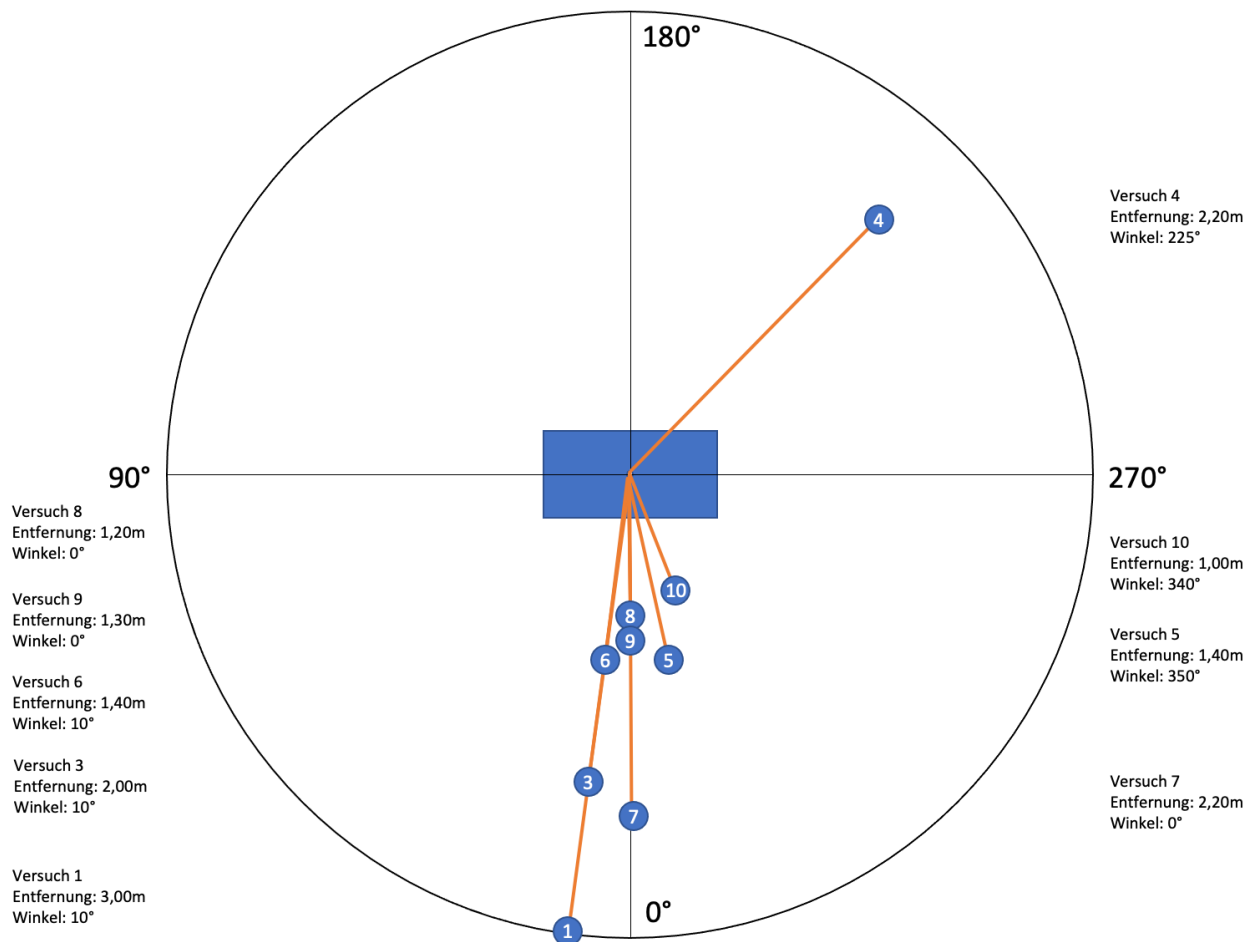


Abbildung 12: Übersicht der Landepunkte (Startpunkt in der Mitte)

In den Abbildungen 11 und 12 kann man die Ergebnisse besser sehen als in der Tabelle 1. Aus Platzgründen kann ich diese aber nur beim ersten Experiment zeigen.

Flaschendose mit Startplattform

Tabelle 2: Ergebnisse der Flaschendose (mit Startplattform)

Versuch	Höhe	Entfernung	Winkel
1	7,00m	4,00m	350°
2	8,00m	2,50m	315°
3	9,00m	4,30m	190°
4	6,00m	1,80m	270°
5	4,50m	4,50m	210°
6	7,00m	3,20m	280°
7	5,00m	3,20m	320°
8	6,00m	5,00m	225°
9	7,00m	3,00m	320°
10	7,00m	4,50m	230°
Durchschnitt	6,65m	3,60m	

Ich habe die Flaschendose auf eine Art Startplattform gestellt, die wiederum wie die Holzrakete in die Einspannvorrichtung gesteckt werden kann.

Die Flaschendose hat so eine durchschnittliche Höhe von 6,65m erreicht. Durch ihr geringeres Gewicht (26g) hat sie sich allerdings auch weiter vom Startpunkt entfernt (\varnothing 3,60m). Dabei hat der Wind vermutlich auch eine größere Rolle gespielt, wie die Winkelabweichung zeigt.

Die Flaschendose hat sich wenig gedreht. Ich vermute, dass dies daran lag, dass der Flaschenkopf deutlich schwerer war als der Dosenkörper.

Flaschendose ohne Startplattform (am Gummi eingespannt)

Tabelle 3: Ergebnisse der Flaschendose (ohne Startplattform)

Versuch	Höhe	Entfernung	Winkel
1	6,00m	4,00m	200°
2	7,00m	2,50m	160°
3	7,00m	7,00m	240°
4	8,00m	2,20m	315°
5	7,00m	5,00m	310°
6	8,50m	3,20m	20°
7	6,00m	3,80m	135°
Durchschnitt	7,07m	3,96m	

Ich habe nun die Flaschendose direkt am Gummi eingespannt, welches wiederum mit dem Stift in der Einspannvorrichtung verankert wurde. Die Flaschendose hat eine \emptyset -Höhe von 7,07m erreicht. Die Entfernung hat sich nochmals leicht erhöht (\emptyset 3,96m). Wie zuvor ist auch die Winkelabweichung wieder sehr deutlich sichtbar.

Die Flaschendose hat sich wie zuvor nur wenig gedreht.

In diesem Versuch wurde der Schub vom Gummi direkt auf die Flaschendose übertragen. Das fehlende Gewicht der Startplattform hat vermutlich zu der besseren Höhe geführt. Daher habe ich die weiteren Experimente nur noch ohne Startplattform durchgeführt.

Spraydose ohne Startplattform

Tabelle 4: Ergebnisse der Spraydose

Versuch	Höhe	Entfernung	Winkel
1	8,00m	4,50m	280°
2	7,00m	2,70m	260°
3	8,00m	8,00m	200°
4	10,00m	5,00m	180°
5	6,00m	5,50m	170°
Durchschnitt	7,80m	5,14m	

Die Spraydose habe ich wieder direkt am Gummi eingespannt.

Die Spraydose hat eine \emptyset -Höhe von 7,80m erreicht. Die \emptyset -Entfernung liegt bei 5,14m. Der Landewinkel schwankte sehr. Das Gewicht beträgt 27g.

Die Spraydose hat sich wie zuvor nur wenig gedreht.

Ei ohne Startplattform

Tabelle 5: Ergebnisse des Eis

Versuch	Höhe	Entfernung	Winkel
1	12,00m	8,00m	300°
2	10,00m	3,50m	160°
3	10,00m	3,40m	275°
4	11,00m	1,00m	30°
5	10,00m	3,50m	340°
6	10,00m	2,80m	340°
7	12,00m	2,50m	90°
8	10,00m	5,00m	180°
9	9,00m	1,50m	350°
10	12,00m	6,00m	210°
Durchschnitt	10,60m	3,72m	

Das Ei wurde am Gummi eingespannt.

Das Ei hat die beste Höhe (12m) von allen meinen Experimenten erreicht. Die \emptyset -Höhe betrug 10,60m, dabei lag die \emptyset -Entfernung sogar nur bei 3,72m. Der Landewinkel schwankte allerdings auch wieder sehr, vielleicht weil das Gewicht lediglich 22g betrug.

Das Ei hat sich relativ stark um alle Achsen gedreht.

Ergebnisdiskussion

Das folgende Säulendiagramm fasst die durchschnittlichen Messergebnisse aller Experimente zusammen:

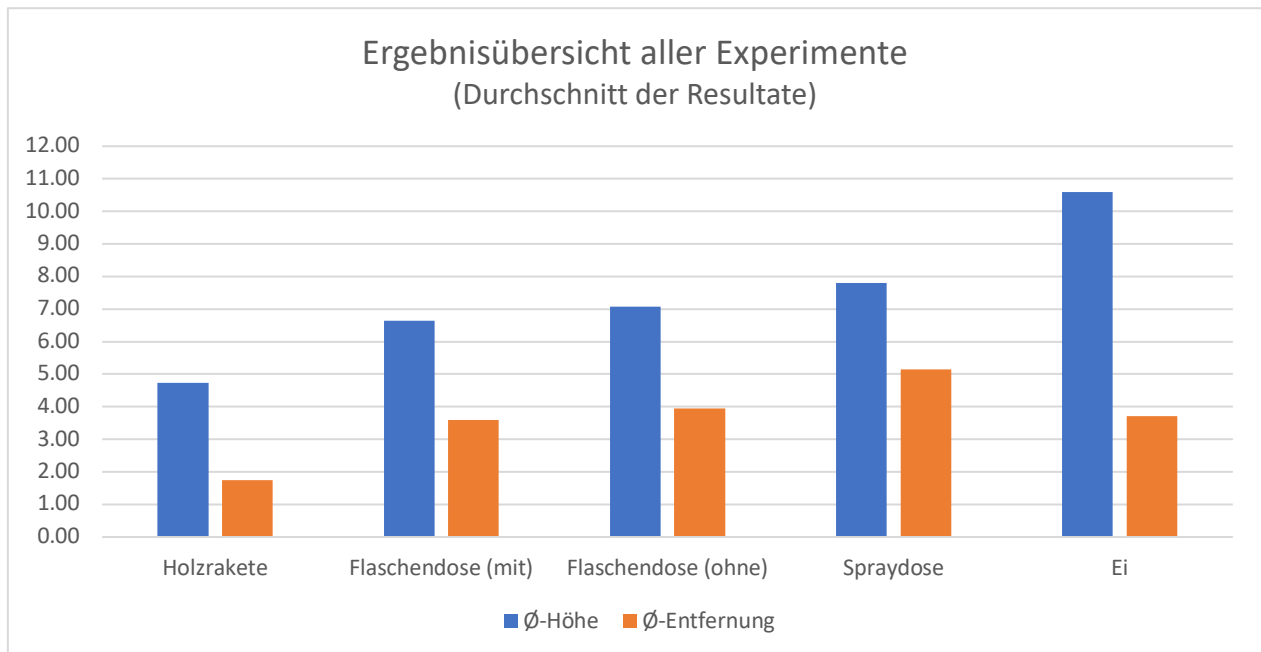


Abbildung 13: Übersicht der Ergebnisse aller Experimente

Wie man sehen kann, konnte ich die erzielte Höhe mit jedem verbesserten Flugobjekt steigern. Dazu hatte ich die Objekte leichter und aerodynamischer gebaut. Mit dem „Ei“ hatte ich eine sehr kompakte Form erstellt, die mit ca. 12m schon fast so hoch flog wie meine Tomaten und Flummis aus den ersten Testversuchen, die natürlich noch leichter und besser einzuspinnen waren.

Unklar ist mir allerdings, warum sich die Entfernung ebenfalls erhöht hat. Folgende Gründe fallen mir dazu ein:

- Eine längere Flugphase könnte zu einer größeren Entfernung führen, wenn der Abschusswinkel schräg ist. Dies trifft allerdings nicht auf das „Ei“ zu.
- Es könnte sein, dass das Gewicht eine Rolle spielt. Allerdings ist die Spraydose etwas schwerer als die Flaschendose.
- Es ist auch möglich, dass eine unterschiedliche Windstärke bei den Experimenten herrschte, was vermutlich auch zu den Winkelabweichungen führte. Allerdings machte ich dazu gar keine Notizen.
- Es ist auch eine Kombination mit der Größe des Flugobjekts möglich, da die Dosen dann durch den Wind stärker abgetrieben werden können.

Schlussendlich bin ich mir nicht sicher, was der Zusammenhang ist. Eine weitere Messreihe dazu wäre vermutlich notwendig.

Habe ich mein Ziel erreicht?

Mein Ziel, ein Flugobjekt möglichst hoch in die Luft zu katapultieren, habe ich für mich erreicht. Ich habe es geschafft, eine selbstgebaute Rakete mit einem selbstgebauten Katapult ca. 12m senkrecht in die Luft zu schießen. Mit diesem Ergebnis bin ich sehr zufrieden.

Zusammenfassung

Ich habe ein Raketenkatapult gebaut, mit dem ich mein Ziel, eine „Rakete“ möglichst hoch zu befördern, erreichen konnte.





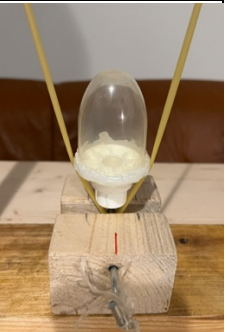
Das Raketenkatapult habe ich in mehreren Schritten so verbessert, dass es ungefährlich und stabil immer wieder verwendet werden konnte. Des Weiteren habe ich mehrere Flugobjekte (Raketen) gebaut und ihr Flugverhalten untersucht. Mit meinem „Ei“ konnte ich sogar eine Höhe von ca. 12m erreichen.

Ich war überrascht, dass die Vorbereitung, der Aufbau und auch das Schreiben von diesem Bericht so viel Zeit benötigt haben. Diese Arbeiten und besonders die Experimente haben aber sehr viel Spaß gemacht.

Auch wenn ich mit dem Resultat zufrieden bin, ist klar, dass ich gerne noch höher hinauswollte. Vorstellen kann ich mir Verbesserungen in folgenden Bereichen:

- Weitere Verbesserungen des Flugkörpers, zum Beispiel:
 - Unterschiedliche „Ei“-Körper
 - Herstellung des Flugkörpers in einem 3D-Drucker
- Größeres Katapult
- Andere Einspannvorrichtungen ausprobieren
- Andere Gummis testen

Raketengalerie

Holzrakete	Flaschendose (mit Plattform)	Flaschendose (ohne Plattform)	Spraydose	Ei
				
+ Geringe Entfernung vom Katapult - Geringe Höhe - Starke Drehung Ø-Höhe: 4,74m Ø-Entf.: 1,74m	+ Flog sehr gerade - Starke Gradabweichung Ø-Höhe: 6,65m Ø-Entf.: 3,60m	+ Flog sehr gerade - Starke Gradabweichung Ø-Höhe: 7,07m Ø-Entf.: 3,96m	+ Flog sehr gerade - Starke Gradabweichung Ø-Höhe: 7,80m Ø-Entf.: 5,14m	+ Beste Höhe - Starke Drehung Ø-Höhe: 10,60m Ø-Entf.: 3,72m

Quellen- und Literaturverzeichnis

[1] Eugen Reichl und Dietmar Röttler, „Raketen, Die internationale Enzyklopädie“, Motorbuch Verlag, 1. Auflage 2020

[2] Wikipedia Foundation, <https://de.wikipedia.org/wiki/Katapult>, Aufruf: 28.12.2022

Unterstützungsleistungen

Diesen Bericht habe ich in der Ich-Form geschrieben, da die meisten Ideen von mir stammen und die beschriebenen Arbeiten auch von mir durchgeführt worden sind. Die hier aufgeführten Personen haben mich dabei unterstützt, besonders aber mein Vater, der mir bei einigen der anspruchsvollen Arbeiten geholfen hat.

Vielen Dank an meine Lehrer Herr Voss und Herr Gutsche, die mich auf die Idee gebracht haben, an „Schüler Experimentieren“ teilzunehmen, und mich immer wieder unterstützt haben.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Dr. Panagiotis Adamis („Takis“) bedanken, der ganz viele Dinge ganz toll erklären kann. Ich könnte ihm den ganzen Tag zuhören. Er hat mich auch auf die Idee mit dem Raketenkatapult gebracht und mir seine Bauteile geschenkt.

Bei meiner Mutter bedanke ich mich, weil sie manchmal ein Auge zugedrückt hat, wenn ich das Üben für „Jugend musiziert“ verschieben musste oder es abends etwas später wurde.

Zum Glück konnte sich mein Vater so viel Zeit nehmen, mich bei all meinen Ideen zu unterstützen. Ohne ihn hätte ich mir bestimmt in die Finger gesägt, eine Rakete an den Kopf geschossen oder wäre an Word und Excel verzweifelt.