

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung:	1
Vorgehensweise, Materialien und Methode.....	1
Versuchsaufbau.....	1
Die einzelnen Komponenten	1
Auf tretende Probleme und Lösungen.....	3
Experimente	4
Vorbereitung	4
Versuchsdurchführung	4
Auswertung.....	4
Ergebnisse	5
Ergebnisdiskussion	6
Zusammenfassung.....	6
Ausblick – wie geht es weiter?	7
Unterstützungsleistung:.....	7
Anlage 1:.....	8
Tabelle mit allen Messungswerten aus der 1. Versuchsreihe (ohne Winkelveränderung):	8
Anlage 2:.....	9
Der gesamte Aufbau.....	9

Einleitung:

Grundsätzlich interessiere ich mich für viele Objekte der Luft- und Raumfahrttechnik, besonders Raketen. Ich habe aber noch nie eine Rakete gebaut. Ich finde es faszinierend, wie solch große und schwere Objekte fliegen können. Ich weiß, dass hierzu viele Dinge wie z.B. Aerodynamik, Triebwerke, Steuerung und Energieversorgung eine große Rolle spielen. Ich wollte also erst mal klein anfangen und wählte eine Wasserrakete als Thema für meine Schüler-Experimentiert-Arbeit.

Ich wollte wissen, bei welcher Wassermenge in der Flasche die Rakete am weitesten fliegt. Da die Mathematik des Raketenflugs aber sehr kompliziert ist, habe ich Experimente durchgeführt, um diese Frage zu untersuchen.

Vorgehensweise, Materialien und Methode

Versuchsaufbau

Die einzelnen Komponenten

Als erstes brauchte ich eine „Rakete“. Hierzu habe ich eine 1 Liter Plastikflasche genommen. Ich habe erwartet, dass die Rakete stabil und gerade fliegt, was bei den ersten Versuchen aber nicht der Fall war. Daher baute ich an diese Flasche ein Leitwerk aus Pappe, damit die Rakete stabil und gerade fliegen konnte.

Danach habe ich meine Startrampe mit Auslösemechanismus gebaut. Hierzu habe ich mir vier Plastikfüße genommen um einen stabilen Halt



Startrampe (Foto Janik Legrand)

für das darauf befestigte Brett zu bekommen. Mit einem Scharnier habe ich daran ein weiteres Brett befestigt, mit welchem ich einen bestimmten Winkel für den Abschuss der Rakete erreichen wollte. Einen gleichbleibenden und stabilen Winkel habe ich damit erreicht, indem ich mehrere Holzkeile zwischen die Bretter gelegt habe. Der Winkel betrug dann ca. 45 Grad.

Nun musste ich mir eine Vorrichtung einfallen lassen, damit meine „Rakete“, wenn sie mit „Treibstoff“ gefüllt ist, auf dieser Startrampe hält und erst zum gewünschten Zeitpunkt losfliegt.

Dazu habe ich eine Art Halterung aus Hölzern zusammengebaut und diese an der oberen Seite des Brettes festgeschraubt.

Gleichzeitig musste ich einen Auslöser entwickeln. Dies gelang mir mit Hilfe eines Laminatstücks. Dort habe ich einen bogenförmigen Ausschnitt herausgesägt, der sich um den Raketenhals schieben lässt und die Rakete in der Halterung hält. An dieses Holzbrettchen habe ich am anderen Ende eine Kordel befestigt, um später im sicheren Abstand die Rakete starten lassen zu können.



Auslöser (Foto: Janik Legrand)

Mittig unter der Halterung habe ich dann ein Loch in das Brett gebohrt, dort einen Korken hineingesteckt, durch den ich ein Ventil schob, um einen schmalen Schlauch anzubringen. Dieser Schlauch sollte mir dazu dienen, Luft in die aufgesteckte Rakete zu pumpen. Um die notwendige

Luft in die Rakete zu pumpen, habe ich eine Luftpumpe (Ballpumpe) angeschlossen.

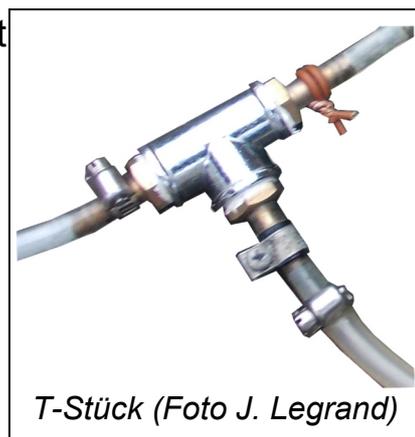
Ich wollte die Flugweite bei verschiedenen Wassermengen messen. Da unterschiedlicher Druck in der Rakete diese Messung verfälscht hätte, musste der Druck in der Rakete immer gleich sein.

Daher habe ich ein Manometer angeschlossen, um den Druck zu messen und zu kontrollieren. Dazu benötigte ich weitere Schläuche, die ich mit einem T-Stück miteinander verbunden habe. Diese Schläuche führten zur Rakete, zum Druckmesser und zur Pumpe

Auftretende Probleme und Lösungen

Beim Testen der Rakete traten mehrere Probleme auf:

- Das T-Stück war an den Ausgängen undicht. Das habe ich herausgefunden, indem ich das T-Stück in Wasser gehalten habe. Gelöst habe ich das Problem mit Schraubklemmen an den undichten Stellen.
- Das Ventil klemmte plötzlich nach ein paar Versuchen, sodass keine Luft durchkam. Es konnte also kein Druck aufgebaut werden. Ich baute das Ventil erst mal aus und danach konnte über den Schlauch wieder Luft in die Rakete gepumpt werden.
- Dann stellte sich heraus, dass der Korken zu klein war, sodass die Luft und das Wasser entweichen konnten. Die Lösung war ein Abdichtstopfen, in den ich einen Eisenring und dann wieder das Ventil einarbeitete. Dann war es endlich dicht!
- Schließlich hielt das Leitwerk der Rakete nicht an der Flasche. Also baute ich einen Ring aus Pappe und befestigte das Leitwerk daran.



Beim Bau der Rampe und Beheben der Dichtigkeitsprobleme habe ich Unterstützung bekommen.

Experimente

Vorbereitung

Als nun alles funktionierte, konnten meine entscheidenden Versuche starten. Da ich zu Hause sehr viel Platz habe, habe ich die erste Versuchsreihe bei uns zu Hause auf einer großen Wiese gestartet. Mit einem Messbecher habe ich die jeweilige Wassermenge, beginnend mit 100 ml, danach 200 ml und anschließend in 50 ml-Schritten, abgemessen. Nach dem Befüllen mit Wasser habe ich die Rakete auf der Startrampe an dem Dichtungsstopfen montiert. Nun konnte über die Luftpumpe Druck in Höhe von 2 bar in der Flasche aufgebaut werden. Das Wasser und die komprimierte Luft dienen meiner Rakete also als „Treibstoff“. Als der Druck konstant war, nahm ich die Kordel des Auslösers und habe mit einem kräftigen Ruck daran gezogen, um die Rakete zu starten.

Versuchsdurchführung

Hierzu habe ich insgesamt 48 Versuche gemacht; jeweils 4 Versuche bei gleicher Wassermenge (siehe Anlage 1). Gemessen habe ich insgesamt 100 - 750 ml mit immer 2 bar Druck. Der Abschusswinkel blieb auch immer gleich.

Auswertung

Ausgewertet habe ich das Ganze anschließend in Excel. Dort habe ich den Mittelwert der jeweils 4 Versuche berechnet. Um den Mittelwert auszurechnen, muss man die jeweiligen Zahlen, bei mir die jeweils 4 Messungen bei jeder Wassermenge, addieren und dann durch die Anzahl, bei mir 4, teilen. Anschließend habe ich das Ergebnis in einem Koordinatensystem dargestellt.

Ergebnisse

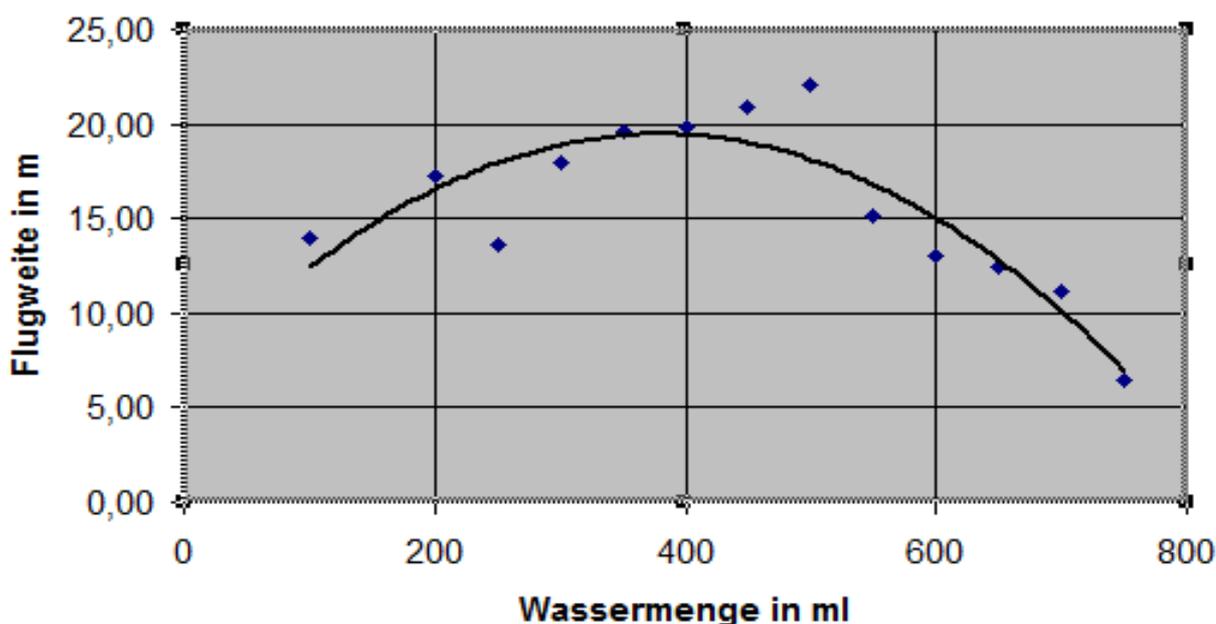
Meine weiteste Messung waren 26 Meter. Doch ab 700 ml fliegt die Flasche nicht sehr weit und sie kann nicht das komplette Wasser ausgeben, weil scheinbar das Gewicht zu groß ist. Deswegen wird die Flasche heruntergezogen und knallt auf den Boden.

Ich habe jede Wassermenge 4 Mal gemessen. So wollte ich die Schwankungen der unterschiedlichen Messungen, die z.B. durch unterschiedliche Windverhältnisse entstanden sind, eliminieren.

Damit ergaben sich die folgenden gemittelten Werte:

Wassermenge (ml)	100	200	250	300	350	400	450
Mittelwerte der Flugweiten (m)	14,00	17,23	13,63	17,93	19,60	19,83	20,88
Wassermenge (ml)	500	550	600	650	700	750	
Mittelwerte der Flugweiten (m)	22,05	15,13	13,08	12,50	11,18	6,40	

Wasserrakete



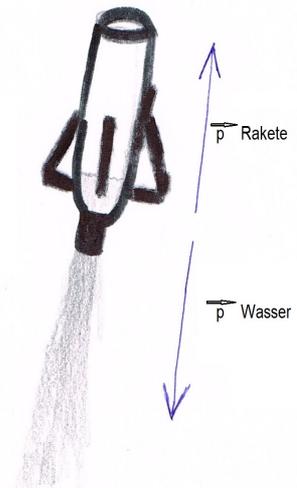
Herausgefunden habe ich, dass bei einer 1 Liter-Flasche knapp 400 ml die optimale Menge an Wasser ist, um so weit wie möglich zu fliegen.

Ergebnisdiskussion

Das Ergebnis kommt zustande durch die Impulserhaltung. Man kann das Ergebnis ausrechnen aber das ist sehr kompliziert. Man muss rechnen:

$$\begin{aligned} & \text{ („die Masse der Flasche“} \\ & \quad + \\ & \text{ „das Wasser in der Flasche“)} \\ & \quad \text{mal} \\ & \text{ „die Geschwindigkeit der Flasche“} \\ & \quad = \\ & \quad \text{ „die Masse des} \\ & \quad \text{ ausströmenden Wassers“} \\ & \quad \text{mal} \\ & \quad \text{ „die Geschwindigkeit} \\ & \quad \text{ des ausströmenden Wassers“} \end{aligned}$$

p der Impuls
 $p = m \cdot v$



Da sich immer wieder etwas ändert, z.B. das Gewicht der Flasche mit dem Wasser drin, der Druck in der Flasche und die Geschwindigkeit des ausströmenden Wassers muss man viel rechnen. Da ich aber so komplizierte Rechnungen noch nicht kann, habe ich gemessen.

Die Schwankungen und Ausreißer der Messung kommen durch die Umgebung zustande (z.B. Wind). Durch die Mittelwertbildung ließen sich diese Schwankungen aber recht gut eliminieren.

Zusammenfassung

Nach meinen bisherigen Tests bin ich zu folgendem Ergebnis gekommen:

Der Impulserhaltungssatz spielt eine sehr große Rolle und lässt sich grundsätzlich für viele verschiedene Berechnungen was Geschwindigkeit und Weite betrifft, anwenden. Wenn man, wie in meinem Fall eine Wasserrakete aus einer 1L Flasche sehr weit fliegen lassen will, muss man die Rakete ungefähr 1/3 bis max. 1/2 mit Wasser befüllen, bei

einem Druck von 2 bar. Hier erreicht man bei meinem eingestellten Abschusswinkel eine Weite von über 20 Metern im Durchschnitt.

Da die Rakete beim Abschuss doch eine enorme Wucht hat, welcher beim Start gut hörbar ist, sollte man darauf achten, dass niemand verletzt werden kann.

Ausblick – wie geht es weiter?

Nach dieser ersten, für mich erfolgreichen Phase habe ich mir überlegt, ob sich die Flugweiten noch optimieren lassen, indem ich den Startwinkel meiner Rakete verändere und mit der bisher als optimal festgestellten Wassermenge starte.

Ich werde hierzu neue Messungen vornehmen müssen, wie bei meinem ursprünglichen Versuch, um den geeignetsten Winkel für den Start meiner Rakete zu finden. Aussagekräftige Messungen konnte ich seit dem Regionalwettbewerb am 27.02.2016 in der Kürze der Zeit witterungsbedingt noch nicht vornehmen. Bis zum Landeswettbewerb bin ich auf die Messungen gespannt und werde dort meine weiteren Forschungsergebnisse präsentieren können.

Unterstützungsleistung:

Herr Edgar Droll, Physik-, Mathematik- und Informatiklehrer am Marion Dönhoff Gymnasium, hat mein Projekt im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft betreut.

Anlage 1:

Tabelle mit allen Messungswerten aus der 1. Versuchsreihe (ohne Winkelveränderung):

Menge (ml)	Weite (m)
100	13,1
100	17,5
100	10
100	15,4
200	14,2
200	15,1
200	21,5
200	18,1
250	15
250	11,6
250	12,9
250	15
300	22,1
300	13,7
300	18,6
300	17,3
350	21,8
350	16
350	18,6
350	22
400	21,4
400	18,3
400	21,6
400	18
450	19,5
450	16,4
450	23
450	24,6

Menge (ml)	Weite (m)
500	18,4
500	22
500	26
500	21,8
550	19,6
550	12
550	12,9
550	16
600	16,2
600	20,3
600	9,9
600	5,9
650	9,3
650	14,5
650	13,8
650	11
700	15
700	8,2
700	11,4
700	10,1
750	8,5
750	5,9
750	4,3
750	6,9

Anlage 2:

Der gesamte Aufbau



Der gesamte Versuchsaufbau (Foto: Janik Legrand)