

Exakte elektronische Messung der Steighöhe für Demonstrations- und Werbezwecke (Teltow) machbar. Problem: Aufwand-Nutzen-Verhältnis (Preis) für Schulen! Anderes Verfahren von **ELV Elektronik AG 26787 Leer Bestell-Nr. 50-582-82 mit digitaler Flughöheaufzeichnung (MaxTrax-Starter-Set + Batterien und Raketenmotoren ca. 55.- € Hauptkatalog 2005)**

Wichtige Sicherheitshinweise!

Bei allen Experimenten zu Raketenstarts und -landungen sind bestimmte Sicherheitshinweise zu beachten.

Achtet unbedingt darauf,

- dass die Rakete durch eine entsprechende Startvorrichtung immer senkrecht startet,
- dass während der Startphase sich niemand über die Rakete beugt und sich die Beobachter außerhalb des Gefahrenbereiches befinden,
- dass bei Start und Landung für die Beobachter eine Sicherheitszone zugewiesen wird,
- möglichst leichte PET-Flaschen oder Modellraketen, jedoch niemals Glasflaschen verwendet werden,
- dass Experimente mit Wasserraketen, bei denen zum Druckaufbau von über 5 bar Kompressoren benutzt werden, dürfen nur von deiner Lehrerin oder deinem Lehrer durchgeführt werden,
- dass keine beschädigten PET-Flaschen benutzt werden,
- dass bei der Herstellung von Modellraketen, besonders beim Umgang mit Farben und Klebstoffen, die Bestimmungen des Gesundheits- und Brandschutzes zu beachten sind.

Die Festigkeit von PET-Flaschen kann bei Druck-Experimenten durch Umwickeln mit Paketklebeband zusätzlich erhöht werden.



Bild 1/1 Selbstbau-Wasserrakete Foto: Universität Oldenburg
<http://www.physikfuerkids.de/wiewas/wrakete/bau.html>

Lernwerkstatt „Wasserrakete“

Mit verschiedenen Arten von Wasserraketen kann man die Abhängigkeit der Flughöhe von der ausgestoßenen Wassermenge, der Ausströmgeschwindigkeit und der Form des Raketenmodells untersuchen.

Lernstation 1

Aufgabe: Untersuche mit der in den Bildern 1/2 und 1/3 dargestellten Selbstbauwasserrakete und anderen Materialien experimentell die Abhängigkeit des Flugverhaltens von der Menge des ausgestoßenen Wassers!

Experimentierhinweise:

www.land.salzburg.at/bezirke/faecher/pc/experimente/exp_okt01.doc

An die PET-Flasche wird mittels Paketklebeband ein hölzerner Leitstab befestigt. Als Startrampe eignet sich ein in den Boden gerammtes Metallrohr. Die Flasche kann mit einer stromlinienförmigen Spitze und Leitflossen versehen werden. Material für die aerodynamische Verbesserung des Modells aus Kunststoff findet man manchmal als Verpackungsmaterial oder als Modellbaubedarf. Am Ventil lässt sich eine normale Fahrrad- oder Fußluftpumpe ansetzen. Ist die Flasche zu ca. 30% mit Wasser gefüllt, wird durch Pumpen jeweils ein Überdruck in der Flasche erzeugt. Bei genügend hohem Überdruck von etwa 2-3 bar löst sich der Korken aus dem Flaschenhals. Das Wasser schießt heraus und treibt die Rakete senkrecht nach oben. Wiederhole das Experiment mit Füllmengen von 20%, 40% und 50% des Flaschenvolumens.

Experimentauswertung: Wie beeinflusst die Menge des ausgestoßenen Wassers das Flugverhalten (die Steighöhe) des Modells?



Bild 1/2 Materialien zum Bau der Wasserrakete



Bild 1/3 Start einer einfachen Wasserrakete

Wasserfüllmenge im Vergleich zum Flaschenvolumen	Erreichte Steighöhe der Rakete (durch Abschätzung) ¹	konstant zu haltende Größen und Bedingungen
20 %		<ul style="list-style-type: none"> - Einfülldruck p - stets dieselbe Rakete verwenden - den Korken immer gleich stark in den Flaschenhals drücken
30 %		
40 %		
50 %		

Die Menge des ausgestoßenen Wassers beeinflusst die Steighöhe des Raketenmodells **nicht/in folgender Weise** (nicht zutreffendes streichen):

Ergebnisformulierung:

Das Raketenmodell erreicht bei einer ganz bestimmten Wasserfüllmenge die größte Steighöhe. Bei kleineren und größeren Wasserfüllmengen nimmt die Steighöhe ab.

¹ Wie kann man mithilfe trigonometrischer Kenntnisse oder mit einer schnellen Kamera die Steighöhe genauer bestimmen? Skyscope-Höhenmesser siehe <http://www.woti.de/images/skyscope.jpg>

Exakte elektronische Messung der Steighöhe für Demonstrations- und Werbezwecke (Teltow) machbar. Problem: Aufwand-Nutzen-Verhältnis (Preis) für Schulen! Anderes Verfahren von **ELV Elektronik AG 26787 Leer Bestell-Nr. 50-582-82 mit digitaler Flughöheaufzeichnung (MaxTrax-Starter-Set + Batterien und Raketenmotoren ca. 55.- € Hauptkatalog 2005)**

Wichtige Sicherheitshinweise!

Bei allen Experimenten zu Raketenstarts und -landungen sind bestimmte Sicherheitshinweise zu beachten.

Achtet unbedingt darauf,

- dass die Rakete durch eine entsprechende Startvorrichtung immer senkrecht startet,
- dass während der Startphase sich niemand über die Rakete beugt und sich die Beobachter außerhalb des Gefahrenbereiches befinden,
- dass bei Start und Landung für die Beobachter eine Sicherheitszone zugewiesen wird,
- möglichst leichte PET-Flaschen oder Modellraketen, jedoch niemals Glasflaschen verwendet werden,
- dass Experimente mit Wasserraketen, bei denen zum Druckaufbau von über 5 bar Kompressoren benutzt werden, dürfen nur von deiner Lehrerin oder deinem Lehrer durchgeführt werden,
- dass keine beschädigten PET-Flaschen benutzt werden,
- dass bei der Herstellung von Modellraketen, besonders beim Umgang mit Farben und Klebstoffen, die Bestimmungen des Gesundheits- und Brandschutzes zu beachten sind.

Die Festigkeit von PET-Flaschen kann bei Druck-Experimenten durch Umwickeln mit Paketklebeband zusätzlich erhöht werden.



Bild 2/1 Modell „Rokit“ www.rokit.ch
<http://www.klangspiel.ch/rokit/photos/index.html>

Lernstation 2

Aufgabe: Untersuche mit dem in den Bildern 2/1 bis 2/4 dargestellten handelsüblichen englischen Bausatz „Rokit“ (Firmen Tassilo Römisch, Mittweida bzw. Klangspiel, Schweiz) experimentell die Abhängigkeit der Flughöhe einer PET-Flasche vom eingefüllten Stoff [Wasser, Luft].

Experimentierhinweise:

Der Bausatz besteht aus einem Schraubgewinde mit Gummihohleinsatz, das auf das Flaschengewinde passt. An das Schraubgewinde werden drei Leitflossen angesetzt. In das Gummiteil wird ein konusförmiges Messingteil mit angeflanschem Schlauch gedrückt. Am anderen Ende des Schlauches lässt sich eine normale Fahrrad- oder Fußluftpumpe ansetzen. Ist die Flasche mit Wasser gefüllt, wird durch Pumpen ein Überdruck in ihr erzeugt. Bei genügend hohem Überdruck von etwa 2-3 bar löst sich das Messingteil mit dem Schlauch. Das Wasser schießt heraus und treibt die Rakete senkrecht nach oben. Statt Wasser wird nun nur Luft in die Flasche gepresst. Die mitgelieferte Starthalterung (Bild 2/4) ist zu verwenden, um Starts in schräge oder horizontale Richtung zu vermeiden.



Bild 2/2 Schraubgewinde mit Gummihohleinsatz sowie Schlauch mit Messingkonus

Eingefüllter Stoff	Erreichte Steighöhe der Rakete (durch Abschätzung) ²	konstant zu haltende Größen und Bedingungen
Luft		<ul style="list-style-type: none"> - Einfülldruck p - stets dieselbe Rakete verwenden - den Messingkonus immer gleich stark in das Messingteil drücken
Wasser		

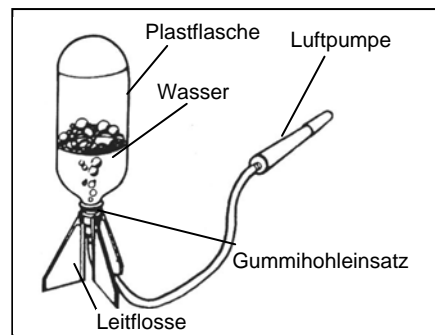


Bild 2/3 Wasserrakete mit handelsüblichem Bausatz und Fahrradluftpumpe



Bild 2/4 Drahtschleife wird senkrecht im Erdboden befestigt.

Experimentauswertung:

Wie beeinflusst der eingefüllte Stoff die erreichte Flughöhe der Rakete?

Die Art des eingefüllten Stoffes beeinflusst die Steighöhe des Raketenmodells ~~nicht~~ / in folgender Weise (nicht zutreffendes streichen):

Ergebnisformulierung:

Das Raketenmodell erreicht bei ausschließlich Luftfüllung eine kleinere Steighöhe als bei Luft-Wasser-Füllung.

² Wie kann man mithilfe trigonometrischer Kenntnisse oder mit einer schnellen Kamera die Steighöhe genauer bestimmen?
Skyscope-Höhenmesser siehe <http://www.woti.de/images/skyscope.jpg>

Exakte elektronische Messung der Steighöhe für Demonstrations- und Werbezwecke (Teltow) machbar. Problem: Aufwand-Nutzen-Verhältnis (Preis) für Schulen! Anderes Verfahren von **ELV Elektronik AG 26787 Leer Bestell-Nr. 50-582-82 mit digitaler Flughöheaufzeichnung (MaxTrax-Starter-Set + Batterien und Raketenmotoren ca. 55.- € Hauptkatalog 2005)**

Wichtige Sicherheitshinweise!

Bei allen Experimenten zu Raketenstarts und -landungen sind bestimmte Sicherheitshinweise zu beachten.

Achtet unbedingt darauf,

- dass die Rakete durch eine entsprechende Startvorrichtung immer senkrecht startet,
- dass während der Startphase sich niemand über die Rakete beugt und sich die Beobachter außerhalb des Gefahrenbereiches befinden,
- dass bei Start und Landung für die Beobachter eine Sicherheitszone zugewiesen wird,
- möglichst leichte PET-Flaschen oder Modellraketen, jedoch niemals Glasflaschen verwendet werden,
- dass Experimente mit Wasserraketen, bei denen zum Druckaufbau von über 5 bar Kompressoren benutzt werden, dürfen nur von deiner Lehrerin oder deinem Lehrer durchgeführt werden,
- dass keine beschädigten PET-Flaschen benutzt werden,
- dass bei der Herstellung von Modellraketen, besonders beim Umgang mit Farben und Klebstoffen, die Bestimmungen des Gesundheits- und Brandschutzes zu beachten sind.

Die Festigkeit von PET-Flaschen kann bei Druck-Experimenten durch Umwickeln mit Paketklebeband zusätzlich erhöht werden.



Bild 3/1 Material und Aufbau der Highflyer Luftdruckrakete

Lernstation 3

Aufgabe: Untersuche mit dem in Bild 3/1 dargestellten handelsüblichen Bausatz experimentell die Abhängigkeit der Flughöhe einer Highflyer Luftdruckrakete (www.pearl.de) vom Überdruck, mit dem die Luft in die Rakete gepumpt wird und damit von der Ausströmgeschwindigkeit der Luft aus der Rakete.

Experimentierhinweise:

Der Bausatz besteht aus einer Abschussrampe, 2 Luftdruckraketen und einer Luftpumpe mit Verbindungsschlauch. Ein Sicherheitsmechanismus verhindert schräge und horizontale Raketenabschüsse. Durch Pumpen wird ein Überdruck in der Flasche erzeugt. Auf Knopfdruck startet die Luftdruckrakete in den Himmel. Der angegebene Höchstdruck darf nicht überschritten werden.

Zunehmender Überdruck in der Luftdruckrakete bei Zeigerstellung	Erreichte Steighöhe der Rakete (durch Abschätzung) ³	konstant zu haltende Größen und Bedingungen
30		- stets dieselbe Rakete verwenden
60		
90		
120		
150		

Experimentauswertung:

Die Größe des Überdruckes beeinflusst die Steighöhe des Raketenmodells ~~nicht~~ in folgender Weise (nicht zutreffendes streichen):

Ergebnisformulierung:

Je höher der Überdruck in der Luftdruckrakete/die Ausströmgeschwindigkeit der Luft aus der Rakete ist, desto größer ist die Steighöhe.

³ Wie kann man mithilfe trigonometrischer Kenntnisse oder mit einer schnellen Kamera die Steighöhe genauer bestimmen? Skyscope-Höhenmesser siehe <http://www.woti.de/images/skyscope.jpg>

Exakte elektronische Messung der Steighöhe für Demonstrations- und Werbezwecke (Teltow) machbar. Problem: Aufwand-Nutzen-Verhältnis (Preis) für Schulen! Anderes Verfahren von **ELV Elektronik AG 26787 Leer Bestell-Nr. 50-582-82 mit digitaler Flughöheaufzeichnung (MaxTrax-Starter-Set + Batterien und Raketenmotoren ca. 55,- € Hauptkatalog 2005)**

Wichtige Sicherheitshinweise!

Bei allen Experimenten zu Raketenstarts und -landungen sind bestimmte Sicherheits-hinweise zu beachten.

Achtet unbedingt darauf,

- dass die Rakete durch eine entsprechende Startvorrichtung immer senkrecht startet,
- dass während der Startphase sich niemand über die Rakete beugt und sich die Beobachter außerhalb des Gefahrenbereiches befinden,
- dass bei Start und Landung für die Beobachter eine Sicherheitszone zugewiesen wird,
- möglichst leichte PET-Flaschen oder Modellraketen, jedoch niemals Glasflaschen verwendet werden,
- dass Experimente mit Wasserraketen, bei denen zum Druckaufbau von über 5 bar Kompressoren benutzt werden, dürfen nur von deiner Lehrerin oder deinem Lehrer durchgeführt werden,
- dass keine beschädigten PET-Flaschen benutzt werden,
- dass bei der Herstellung von Modellraketen, besonders beim Umgang mit Farben und Klebstoffen, die Bestimmungen des Gesundheits- und Brandschutzes zu beachten sind.

Die Festigkeit von PET-Flaschen kann bei Druck-Experimenten durch Umwickeln mit Paketklebeband zusätzlich erhöht werden.

Lernstation 4 (Experimente werden nur von der befugten Person durchgeführt!)

Wasserraketen für größere Höhen berücksichtigen Abhängigkeiten der Steighöhe von bestimmten Einflussgrößen. Mit käuflichen bzw. von Hobby-Modellbauern entwickelten Starttrampen (Bilder 4/1 und 4/2), aerodynamisch gestalteten Raketenmodellen (Bilder 4/1 und 4/3) und durch Einsatz eines Kompressors erreichten solche Raketen schon Höhen von weit mehr als 200 m.

Aufgabe:

Stelle begründete Vermutungen auf, wie die Steighöhe der verwendeten Wasserraketen mit den vorhandenen Möglichkeiten experimentell erhöht werden kann. Plane mit dem Experimentator Experimente, mit denen die Vermutungen überprüft werden können.

Experimentierhinweise:

Es stehen folgende Geräte und Hilfsmittel zur Verfügung: Startrampe (Bild 4/2), Wasserraketen (die auch als Lufraketen einsetzbar sind) und ein Kompressor (bis 21 bar!). Die Wasserrakete (deren Flaschenöffnung von innen etwas eingefettet wurde) wird auf den oberen Startzylinder der Startrampe bis zur Gegenplatte geschoben. Mit der Gripzange wird der Kragen der Flaschenöffnung so mit der Feststellschraube fixiert, dass ein Start der Wasserrakete erst möglich wird, wenn die Gripzange mittels der Reißleine durch den Experimentator geöffnet wird. An die Schnellkupplung der Startrampe wird zunächst über einen Wasserschlauch Wasser zugeführt (bei Luftfüllung kann dieser Schritt entfallen). Statt des Wasserschlauches wird nun ein Druckschlauch an die Schnellkupplung angeschlossen. Das andere Ende dieses Schlauches wird mit dem Kompressor verbunden. Durch Pumpen wird ein Überdruck in der Flasche erzeugt. Die Anweisungen des Experimentators zum Gesundheits- und Arbeitsschutz sind unbedingt zu befolgen!

Experimentauswertung:

Vermutungen: Die Steighöhe kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden:

- 1) Erhöhung des Überdrucks in der Lufrakete und damit der Ausströmgeschwindigkeit des Wassers/der Luft aus der Rakete (Raketenprinzip)
- 2) statt der Nur-Luft-Modellrakete einen bestimmten Anteil von Wasser als Füllmittel verwenden, denn ausströmende Wasserteilchen erzeugen einen größeren Schub als Luftteilchen (unterschiedlicher Durchsatz D)
- 3) Verringerung des Strömungswiderstandes des Raketenmodells durch geeignete Maßnahmen (z.B. Raketenspitze und Leitwerkflossen, Drallstabilisierung u.Ä.)
- 4) nur bei einer bestimmten optimalen Füllmenge Wasser wird unter sonst gleichen Bedingungen die optimale Steighöhe erreicht (über und unter dieser Füllmenge ist die Steighöhe geringer)

Formuliere das Ergebnis:

Folgende Vermutungen wurden in den Experimenten bestätigt (Nummern oder weitere Vermutungen) angeben:

1) bis 4)

Es gebührt Herrn Christian Göpel (Weinberg-Gymnasium Kleinmachnow) ein besonderer Dank, da er für nichtkommerzielle Zwecke im Rahmen der schulischen Bildung dieses PC-Programm bei Bedarf interessierten Personen kostenlos zur Verfügung stellt. Mit dem von ihm entwickelten DOS-Programm kann die Simulation des senkrechten Steigfluges einer Wasserrakete dargestellt werden. Das Programm berechnet zunächst die optimale Füllmenge der Rakete mit Wasser in Abhängigkeit vom möglichen Überdruck in der Rakete. Hierfür ist die max. Brennschlussgeschwindigkeit das Kriterium. Es sind Eingaben zum Raketenmodell erforderlich. Daraus werden optimale Wasserfüllmenge, Brennschlussgeschwindigkeit, Startweg, Startzeit angezeigt. Es können $v_{\text{Brennschluss}} = f(V_{\text{Wasser}}/V_{\text{Rakete}})$ und $h = f(t)$ im Diagramm dargestellt werden. Max. Steighöhe h , Steig- und Fallzeit sowie die Aufschlaggeschwindigkeit werden angezeigt.

>>>> Skyscope-Höhenmesser siehe <http://www.woti.de/images/skyscope.jpg>



Bild 4/1 Startrampe mit Modellrakete



Bild 4/2 Startrampe mit angeschweißter Gripzange zum Feststellen der Rakete und leicht bestimmbarer Startzeitpunkt
Foto: Karl-Ludwig Gum



Bild 4/3 Raketenmodellbauer seit mehr als 50 Jahren: Karl-Ludwig Gum mit Startrampe und Wasserraketenmodell