

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

1 Metadaten

Stufe, Schulbereich

Zweiter bis dritter Zyklus (Alter ca. 9 – 12 Jahre)

Fachliche Vorkenntnisse

- Möglichst viel Vorwissen in den Themenfeldern Spiel/Freizeit, Mechanik/Transport und Energie/Elektrizität
- z.B. Begriffe wie: Bewegung, Position/Höhe, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Energie, Luftwiderstand, Auftrieb, („Kraft“ nicht als physikalischer sondern als Alltagsbegriff)
- Geometrie
- Winkel, Distanz/Länge/Strecke

Messen, Daten interpretieren, Schätzen, Zahlenverständnis, Geometrie und räumliches Vorstellungsvermögen, Trigonometrie

Position und Bewegung von Objekten, Bewegungen und Kräfte, Zusammenhänge

Bearbeitungsdauer

6 bis 10 Lektionen

Autoren

1. Version

- Ursin Solèr, ursin.soler@fhgr.ch

Versionen

1. Version: Juni 2023

Erprobung

Ab Frühling 2020 jedes Semester mit jeweils ca. 5 – 10 SuS an der FH Graubünden im Rahmen der MINT-Academy.

Fragen und Fehler

Fragen, Fehler und Verbesserungsvorschläge bitte direkt dem Autor melden!

ToDo (mögliche Ergänzungen für nächste Version)

- Review; Reto, Ulrich, Mirco, (Martin) einfließen lassen
- MuLö für SuS; unterscheiden zwischen Aufgaben mit eindeutigen Lösungen und Experimenten mit unklarem Resultat
- Zusammenfassungen; weniger Andeutungen, mehr Resultate und konkrete Aussagen
- Sprache; Alles übersetzen auf Deutsch (v.a. auch Bilder)

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

2 Einleitung

Raketen spielen in der heutigen Welt eine immer grössere Rolle. Die Raumfahrt und die damit verbundenen Technologien wie z.B. Kommunikationssatelliten oder Fotografien der Erdoberfläche für Wettervorhersagen sind heute zu einem alltäglichen Bestandteil unseres Lebens geworden.

Doch was ist eine Rakete? Können wir selbst eine bauen? Was ist zu beachten damit eine Rakete schön ihrer Flugbahn folgt und nicht unkontrolliert durch die Gegend zischt wie ein Luftballon? Zunächst ist es sicher hilfreich eine Einteilung zu machen und Vergleiche zu ziehen.

Speere gibt es schon sehr lange, das älteste heute bekannte Speerelement wurde 1911 in Clacton (Essex, GB) ausgegraben und auf ein Alter von ca. 400.000 Jahre geschätzt, Abb. 1.



Abbildung 1: links historische, rechts moderne Speere

Ein Speer ist ein Stab, der dazu dient, geworfen zu werden. Dabei fliegt er fast, aber nicht genau, in die Richtung, in die er zeigt. Er zeigt immer leicht nach oben und verhält sich so wie ein Tragflügel eines Flugzeugs.

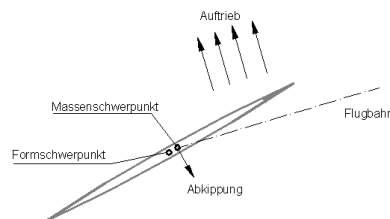


Abbildung 2: Fluglage eines Speers

Ein Pfeil ist ein Speer, der so verändert wurde, dass er optimal in Längsrichtung fliegen kann. Das Gewicht an der Spitze des Schaftes und die Befiederung am Ende des Schafts dienen dazu den Pfeil immer in Flugrichtung auszurichten, Abb. 3.

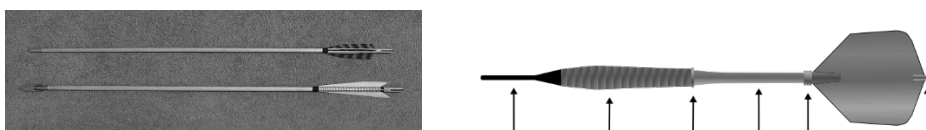


Abbildung 3: links historische Pfeile für das Bogenschiessen, rechts moderner Pfeil für das Dart-Spiel

Raketen nutzen dieselben Techniken wie Pfeile, verfügen typischerweise aber noch über einen eigenen Antrieb – den Motor – am hinteren Ende. Dadurch können sie auch nach verlassen der Startrampe weiter Geschwindigkeit aufnehmen und viel grössere Distanzen überwinden, sowie während des Fluges die Richtung ändern.

Genau diese Eigenschaften befähigen Raketen auch unseren Planeten zu verlassen und stellen das bisher einzige Mittel dar, um eine Reise zum Mond oder Mars für die Menschheit zu ermöglichen.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

3 Inhaltsverzeichnis

1	Metadaten.....	2
2	Einleitung	3
3	Inhaltsverzeichnis	4
4	Arbeitsanleitung	6
4.1	Informationen und Hinweise.....	7
4.2	NAR (National Association of Rocketry) Modellraketen Sicherheitskodex	8
5	Leitprogramm.....	11
5.1	Die Maximale Flughöhe	11
5.1.1	Teebeutel Rakete	11
5.1.2	Höhenmesser / Neigungsmesser	14
5.1.3	«Röhrl»-Rakete	19
5.2	Die Anfangsgeschwindigkeit.....	21
5.2.1	Geschwindigkeit.....	21
5.2.2	Stampf-Rakete	24
5.2.3	Windrichtungsgeber (Windfahne)	27
5.3	Das Antriebsmedium	33
5.3.1	Antrieb	33
5.3.2	Wasserrakete.....	34
5.4	Der Raketenmotor	39
5.4.1	Motor (Schwarzpulver).....	39
5.4.2	Modellrakete.....	40
6	Lösungen und Hinweise zu den Aufgaben.....	47
6.1	Die Maximale Flughöhe	47
6.2	Die Anfangsgeschwindigkeit.....	48
6.3	Das Antriebsmedium	49
6.4	Der Raketenmotor	50
7	Kapiteltests für den Lehrer.....	51
8	Anhang	52
8.1	Hinweise	52
8.2	Mediothek für die Schüler.....	54
8.3	Benötigte Hilfsmittel	55
8.4	Als Grundlagen benutzte Quellen	58
8.5	Zitierte Quellen und Bildquellen	59
8.6	Abbildungsverzeichnis.....	61

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

4 Arbeitsanleitung

Dieses Leitprogramm zur Einführung in den Raketenbau bearbeitest Du ganz alleine und in Deinem Tempo. Zu Beginn eines Kapitels findest Du immer eine kurze Übersicht und die Lernziele des Kapitels. Lies diese jeweils gut durch, um bereits einen ersten Überblick zu bekommen, was Dich im Kapitel erwartet. Danach beginnt dann der eigentliche Stoff. Zwischendurch findest Du Aufgaben, Experimente usw. die durch die folgenden speziellen Sinnbilder am Seitenrand angekündigt werden.

	Aufgabe Schriftliche Aufgaben, die Lösungen dazu sind im Kap. 6.		Beispiel Vorgelöste Beispiele.
	Exkurs Zusätzliche Informationen oder bereits bekanntes wird nochmals kurz erläutert.		Experiment Ein Experiment welches Du selber durchführen kannst.
	Hinweis Information wie es im Leitprogramm weiter geht.		Medienarbeit Im Internet oder mit anderen Medien suchst Du nach weiteren Informationen.
	Wichtig Wichtige Zusammenhänge die Sie sich merken sollten.		Zusammenfassung Fasse das soeben gelesene kurz für dich selber zusammen.

Löse jeweils die Aufgaben und kontrolliere danach Deine Lösung anhand der Musterlösung im Kap. 6. Korrigiere allenfalls Deine Lösung und versuche Deine Fehler zu verstehen. Beachte ebenso die weiteren Hinweise und befolge die Anweisungen, die im Leitprogramm gegeben werden.

Am Ende eines Kapitels, wenn Du den Stoff beherrschst, absolvierst Du beim Lehrer einen Kapiteltest. Wenn Du diesen bestehst, mache mit dem nächsten Kapitel des Leitprogramms weiter bis Du Kapitel 5. absolviert hast.

Falls Du schnell am Ziel bist oder Lust auf mehr hast, kannst Du jederzeit weitere Raketen bauen und testen, um zu sehen welches Modell am besten und höchsten fliegt.

Ich wünsche Dir beim Bearbeiten dieses Leitprogramms «Einführung in den Raketenbau» viel Spass!

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

4.1 Informationen und Hinweise

1. Wir werden im Zuge des Leitprogramms diverse verschiedene Raketen basteln und abschiessen. Da wir dies unter anderem im Freien tun werden und dabei schmutzig und/oder nass werden könnten ist es ratsam warme Kleidung und zusätzliche Pullover und T-Shirt als Ersatz dabei zu haben.
2. Die verwendeten Raketen sind nicht gefährlich sofern sie richtig gebaut, verwendet und bedient werden. Das verlangt Disziplin und vor allem, dass Anweisungen von Seiten der Lehrpersonen genau befolgt werden. Die Raketen, die wir am Ende des Kurses basteln werden - ähnlich wie Feuerwerksraketen - haben Motoren die brennen und können je nach Motor 100 Meter oder höher steigen. Die Regeln, die für solche Raketen zu beachten sind, finden Sie im nächsten Kapitel. Wir bitten Sie dies zusammen im Klassenplenum durchzugehen. SuS die sich nicht an unsere Anweisungen halten, müssen im Extremfall und zur Sicherheit Anderer ausgeschlossen werden.
3. Es kann sein, dass Raketen beim Flug verloren gehen oder beschädigt werden.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

4.2 NAR (National Association of Rocketry) Modellraketen Sicherheitskodex

1.Konstruktion:

Meine Modellraketen werden aus einem leichten Material wie Papier, Holz, Gummi und Kunststoff bestehen, ohne Metall für Spitze, Körper oder Flügel.

2.Triebwerke:

Ich werde nur industriell gefertigte, NAR zertifizierte Modellraketen Motoren verwenden und mich dabei an die Empfehlungen des Herstellers halten. Ich werde die Modellraketenmotoren und ihre Bestandteile in keiner Weise zu verändern versuchen.

3.Bergung:

Ich benütze immer ein Bergungssystem, das meine Rakete kontrolliert und sicher zur Erde zurückbringt, so dass sie wiederverwendet werden kann. Ich werde nur feuerresistente, biologisch abbaubare Schutzwatten verwenden.

4.Gewichtslimiten:

Meine Modellrakete wird nicht mehr als 1500g Startgewicht wiegen und die Treibsätze werden nicht mehr als 320NS totalen Impuls entwickeln. Meine Rakete wird das maximale vom Hersteller empfohlene Startgewicht für die verwendeten Treibsätze nicht übertreffen, es sei denn ich verwende die vom Hersteller empfohlenen Treibsatztypen.

5.Stabilität:

Ich werde immer einen Flugstabilitätstest meiner Rakete vor ihrem ersten Start durchführen ausser wenn ich ein Modell von bewährter Konstruktion starte.

6.Nutzlasten:

Meine Rakete wird niemals lebende Tiere (ausser Insekten) oder Nutzlasten tragen, die brennbar, explosiv oder sonst wie gefährlich sind.

7.Startgelände:

Ich werde meine Raketen nur im Freien, auf einem von grossen Bäumen, trockenem Gras, Stromleitungen und Gebäuden freien Gelände starten. Ich werde sicherstellen, dass alle Leute in der Nähe über den bevorstehenden Start im Bilde sind und den Start verfolgen können, bevor ich meinen Countdown beginne.

8.Startrampe:

Ich werde meine Rakete immer von einer stabilen Rampe starten, welche ihr so lange eine starre Führung gibt, bis die Rakete genügend Geschwindigkeit für einen stabilen Flug erreicht hat. Um Augenverletzungen zu vermeiden, werde ich die Spitze des Führungsdrahtes immer mit einer Kappe schützen oder die Rampe bei Nichtgebrauch auf den Boden legen. Meine Startrampe wird eine Gasablenkeinrichtung haben, welche verhindert, dass der Abgasstrahl den Boden direkt trifft. Ich werde die unmittelbare Umgebung der Rampe immer von trockenem Gras und anderen leicht entflammaren Dingen räumen.

9.Zünd-System:

Ich werde meine Raketen nur ferngesteuert elektrisch zünden und mein Zündgerät wird einen Start-Knopf haben, welcher automatisch in die „Aus“-Position zurückkehrt, sobald er losgelassen worden ist. Zusätzlich wird das Zündgerät einen Sicherheitsschalter mit abziehbarem Schlüssel haben, welcher in Serie zum Startknopf geschaltet ist. Alle Personen

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

werden einen Sicherheitsabstand von mindestens 5m bei Motoren von total weniger als 30NS Energie bzw. von mindestens 15m bei grösseren Treibsätzen einhalten. Ich werde ausschliesslich elektrische Zünder verwenden, welche meine Rakete innerhalb von einer Sekunde nach dem Drücken der Starttaste zünden.

10.Startsicherheit:

Ich werde niemandem erlauben, sich der Startrampe zu nähern, solange der Sicherheitsschlüssel nicht abgezogen ist oder die Batterie nicht vom Zündgerät abgehängt ist. Im Falle einer Fehlzündung werde ich mindestens eine Minute warten, bevor ich jemanden sich der Rampe nähern lasse.

11.Flugbedingungen:

Ich werde meine Raketen nur bei Windgeschwindigkeiten von weniger als 30km/h bei guter Sicht starten. Ich werde meine Raketen nie in Nebel, Wolken, bei Sichtung eines nahen fliegenden Flugzeuges oder im Falle einer Gefährdung von Leuten oder deren Eigentum starten.

Ich werde auf keinen Fall Modellraketen in der Nähe von Flugplätzen oder im Bereich von Luftkontrollzonen und Luftfahrtstrassen starten.

12.Vorstart Test:

Mit unerprobten Prototypen und neuen Konstruktionen werde ich wenn immer möglich vor dem ersten Start einen Stabilitätstest durchführen. Ich werde unerprobte Konstruktionen immer ausschliesslich in absoluter Isolation von nicht am Start beteiligten Personen zum ersten Mal starten.

13.Startwinkel:

Ich werde meine Startrampe nie mehr als 30° von der Senkrechten abweichend ausrichten. Ich werde niemals Modellraketenmotoren dazu verwenden, irgendeinen Gegenstand horizontal anzutreiben.

14.Bergungsrisiko:

Wenn meine Rakete an einer Stromleitung oder auf einem hohen Baum hängen bleibt, werde ich nicht versuchen, sie zu bergen.

* Die NAR (National Association of Rocketry, USA) hat mit diesem Sicherheitskodex seit den 60er Jahren so viel Erfolg, dass bei über 500 Mio. Starts bisher kein einziger gravierender Unfall zu beklagen war!



Modellraketen gelten in der Schweiz nicht als Modell-Luftfahrzeuge, sondern als ballistische Geschosse. Deshalb gilt die im Modellflug bekannte Maximal-flughöhe von 150m über Grund für Modellraketen nicht.

Innerhalb des sogenannten Luftraumes "G", bis 600m über Grund können Modellraketen frei geflogen werden, bei Überschreitung der 600m Grenze ist ein NOTAM (Notice to Airmen) nötig.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Modellraketen dürfen ausdrücklich nicht geflogen werden:

- Innerhalb einer CTR eines Flughafens (Nahbereich eines Flugplatzes). Ausser mit ausdrücklicher Bewilligung des Flugleiters.
- In einem Airway (AWY)

Siehe:

- <https://map.geo.admin.ch/> (Karten: Einschränkungen für Drohnen, Lufträume - CTR, Lufträume - CTA)
- <https://notaminfo.com/switzerlandmap>

Aus <<https://www.mg-buchs.ch/index.php/modellflugsparten/modellraketen>>

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass ich den Kodex gelesen habe und mich nach bestem Wissen und Gewissen immer daran halten werde.

Ort, Datum <hr/>	Unterschrift <hr/>
-------------------------	---------------------------

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

5 Leitprogramm

5.1 Die Maximale Flughöhe

Übersicht

In diesem Leitprogramm geht es um Raketen. Wir werden uns mit verschiedenen Möglichkeiten beschäftigen, wie Raketen gebaut werden können. Um zu verstehen was, nötig ist um einen Gegenstand wie eine Rakete fliegen zu lassen müssen wir verstehen welche Einflüsse steuern, ob eine Rakete flugfähig ist, also eine sogenannte stabile Flugbahn einnehmen kann.

In diesem Kapitel befassen wir uns mit der maximalen Flughöhe einer Rakete. Wir werden lernen, wie auf einfache Weise diese Höhe aus einer Beobachtung der Rakete bestimmt werden kann (Abb. 1.1).

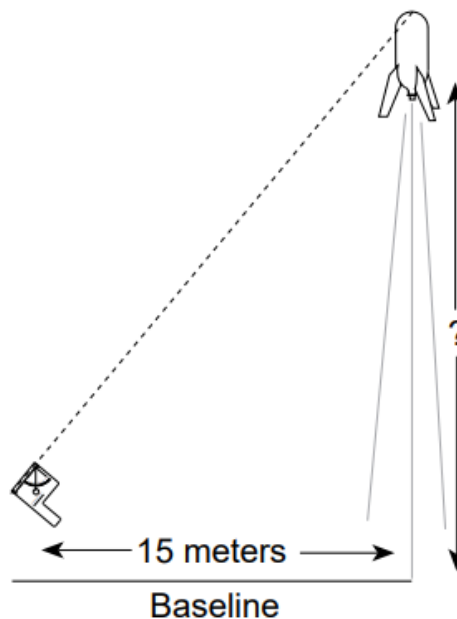


Abbildung 1.1: Beobachtung der Flughöhe einer Rakete.

Lernziele

- Ihr kennt fünf Objekte, die fliegen können.
- Ihr könnt ein Teebeutel zu einer Rakete umfunktionieren, also wie eine Rakete steigen lassen.
- Ihr könnt eine «Röhrli»-Rakete bauen.
- Ihr könnt mit einfachen Mitteln einen Höhenmesser basteln und damit die Höhe eines Objekts bestimmen.

5.1.1 Teebeutel Rakete

Um zu verstehen, was für Komponenten nötig sind, um einen Gegenstand fliegen zu lassen, ist es hilfreich sich einen Überblick von bekannten fliegenden Objekten zu erstellen.

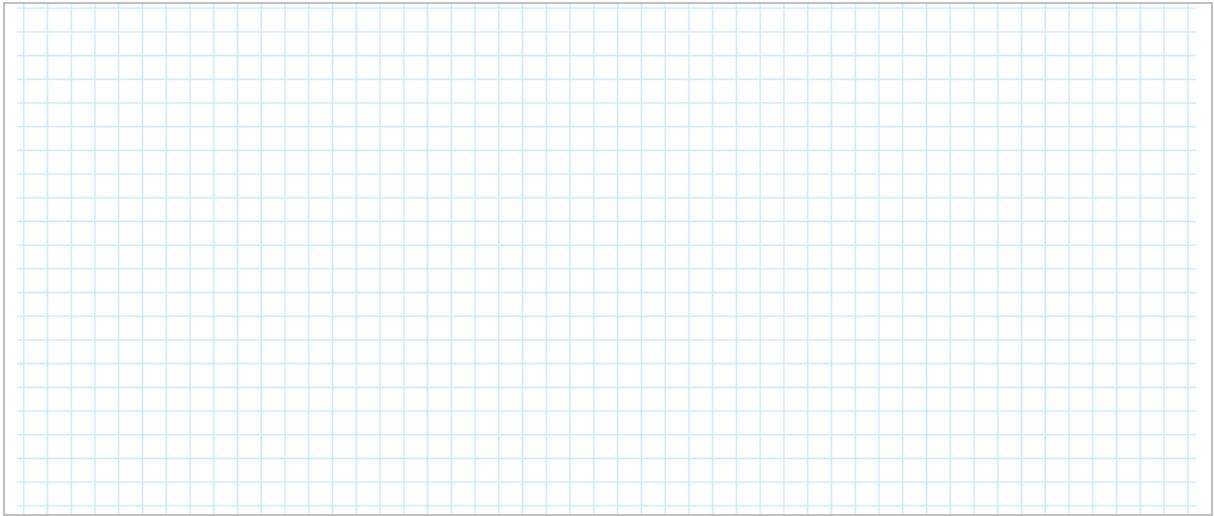


Aufgabe 1.1: Was kennt Ihr, das fliegen kann?

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Experiment 1.1:

Für das Experiment öffnen wir den Teebeutel durch Entfernen oder Wegschneiden der Klammer. Dann entfalten wir den Beutel vorsichtig und leeren den Inhalt in ein Gefäß oder Papierkorb (Abb. 1.2). Der leere Beutel wird vollständig entfaltet – er hat die Form eines dünnen langen Zylinders. Dieser wird aufrecht auf den Tisch gestellt und oben angezündet (Abb. 1.3). Für das Experiment ist es wichtig, dass es möglichst wenig Luftbewegung im Raum gibt (Fenster schliessen, ruhig an den Plätzen sitzen, nicht in Richtung des Beutels atmen).



Abbildung 1.2



Abbildung 1.3

Wir werden feststellen, dass der Beutel bis zu mehreren Metern hoch schwebt, weil beim Abbrennen zwei Sachen geschehen. Zum einen wird der Beutel sehr viel leichter, weil die verbrannte Asche aus viel weniger Material besteht als der ursprüngliche Beutel, zum anderen entsteht durch die Verbrennung heiße Luft, die nach oben steigt.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Filmaufnahme Teebeutel-Rakete mit Wärmebild
<https://drive.switch.ch/index.php/s/hgVWWkGrXz8f1Cm>



Experiment 1.2:

Das Experiment bitte im Freien durchführen wegen der klebrigen Flüssigkeit die entsteht. Wir benötigen einen kleinen Luft-/Wasserdicht verschliessbaren Behälter wie eine Filmdose. In diese füllen wir Brausepulver und etwas Wasser und verschliessen ihn und stellen ihn auf eine flache Oberfläche, das alles so schnell wie möglich. Überlege, bevor Du das Experiment durchführst, was passieren wird?

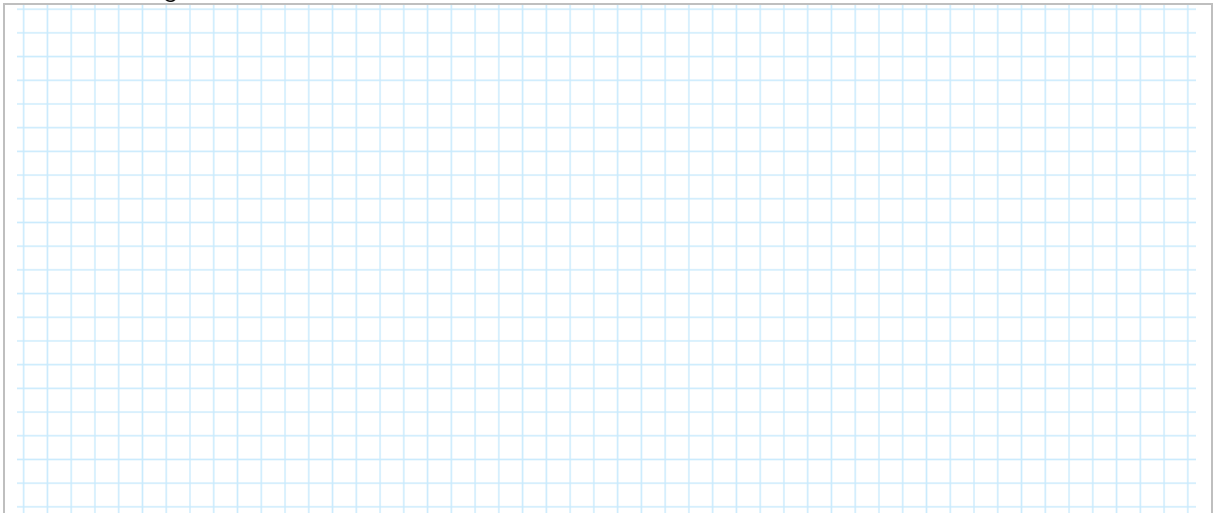


Filmaufnahme Filmdose
<https://drive.switch.ch/index.php/s/RnUoE3LDIfR68YF>

Wir stellen fest, dass das Brausepulver Kohlendioxid (CO_2) freisetzt und dabei in der Dose einen Überdruck erzeugt. Der Überdruck entlädt sich dann explosionsartig und schleudert dabei die «Rakete» in die Höhe. Die chemische Reaktion ist sehr ähnlich wie wenn Mentos-Bonbons in Coca-Cola gelangen.



Aufgabe 1.2: Markieren Sie in Aufgabe 1.1 alle Objekte, die nach oben fliegen also steigen können farbig!

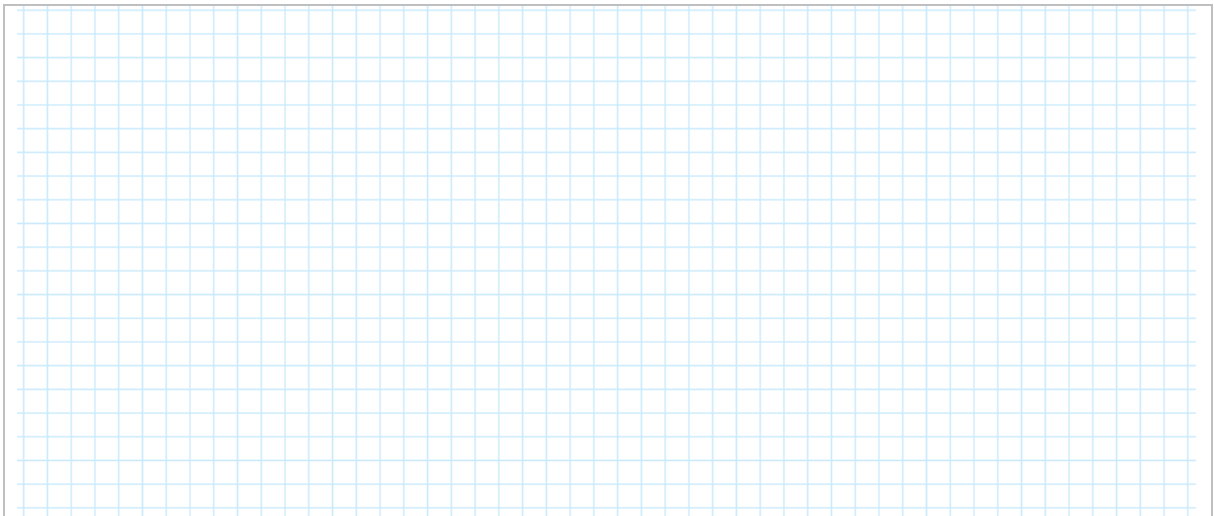


Aufgabe 1.3: Was haben die in Aufgabe 1.2 markierten Objekte gemeinsam? Warum können Sie steigen?

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Wir wollen in diesem Leitprogramm verschiedene solche Objekte oder "Gefährte" untersuchen und selbst bauen. Mit "untersuchen" meinen wir hier, dass wir herausfinden wollen, warum etwas fliegt, wie gut (stabil) es fliegt, wie hoch es fliegt, oder wie schnell es sich bewegt. Dazu benötigen wir einige Hilfsmittel wie den Neigungsmesser, den wir nun im Folgenden kennen lernen.

5.1.2 Höhenmesser / Neigungsmesser

Die Neigung, unter der wir das Flugobjekt sehen – also wie weit wir den Kopf nach oben kippen müssen, um es zu sehen – hängt mit der Flughöhe zusammen (Abb. 1.1). Wir können mit einfachen Mitteln solch einen Neigungsmesser bauen, der es uns erlauben wird, die Flughöhe grob abzuschätzen.



Aufgabe 1.4: Bauen Sie einen Höhenmesser gemäss folgendem Vorgehen:

1. Schneide die Vorlage entlang der Aussenkanten aus.
2. Rolle den oberen gepunkteten Teil des Musters zu einer Röhre und klebe sie wie in der der Abb. 1.4. (Je dünner Du die Röhre rollst, desto genauer kannst Du messen, die Messung wird aber auch schwieriger.)
3. Stanze ein kleines Loch in den Scheitelpunkt des Winkelmessers Quadranten.
4. Ziehe einen Faden oder eine leichte Schnur durch das Loch. Verknote den Faden oder die Schnur auf der Rückseite – ev. zusätzlich noch mit Klebeband befestigen.
5. Vervollständige den Tracker, indem du eine kleine Unterlegscheibe an das andere Ende des Fadens hängst, wie in der Abb. 1.4 gezeigt.



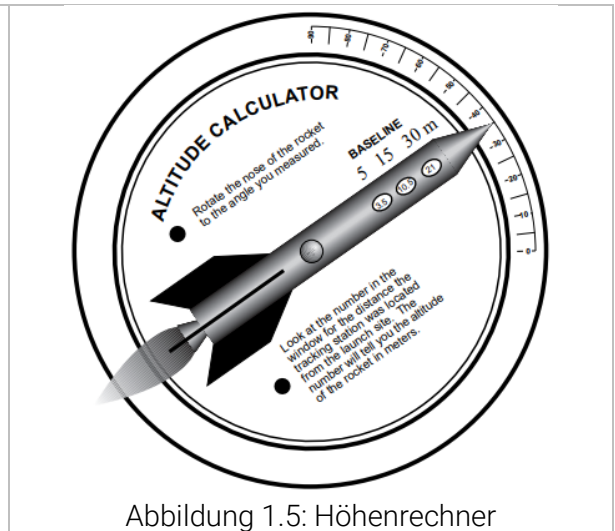
Aufgabe 1.5: Bauen Sie einen Höhenrechner gemäss folgendem Vorgehen:

1. Schneide die Vorlagen aus.
2. Lege die obere Vorlage auf eine Schneide Oberfläche und schneide die drei Fenster aus.
3. Füge die beiden Schnittmuster dort zusammen, wo die die Mittelmarkierungen befinden. Verwende eine Messing Papierklammer, um die Teile zusammenzuhalten zusammen. Die Teile sollten sich leichtgängig drehen.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Roll this section over and tape the upper edge to the dashed line. Shape the section into a sighting tube.

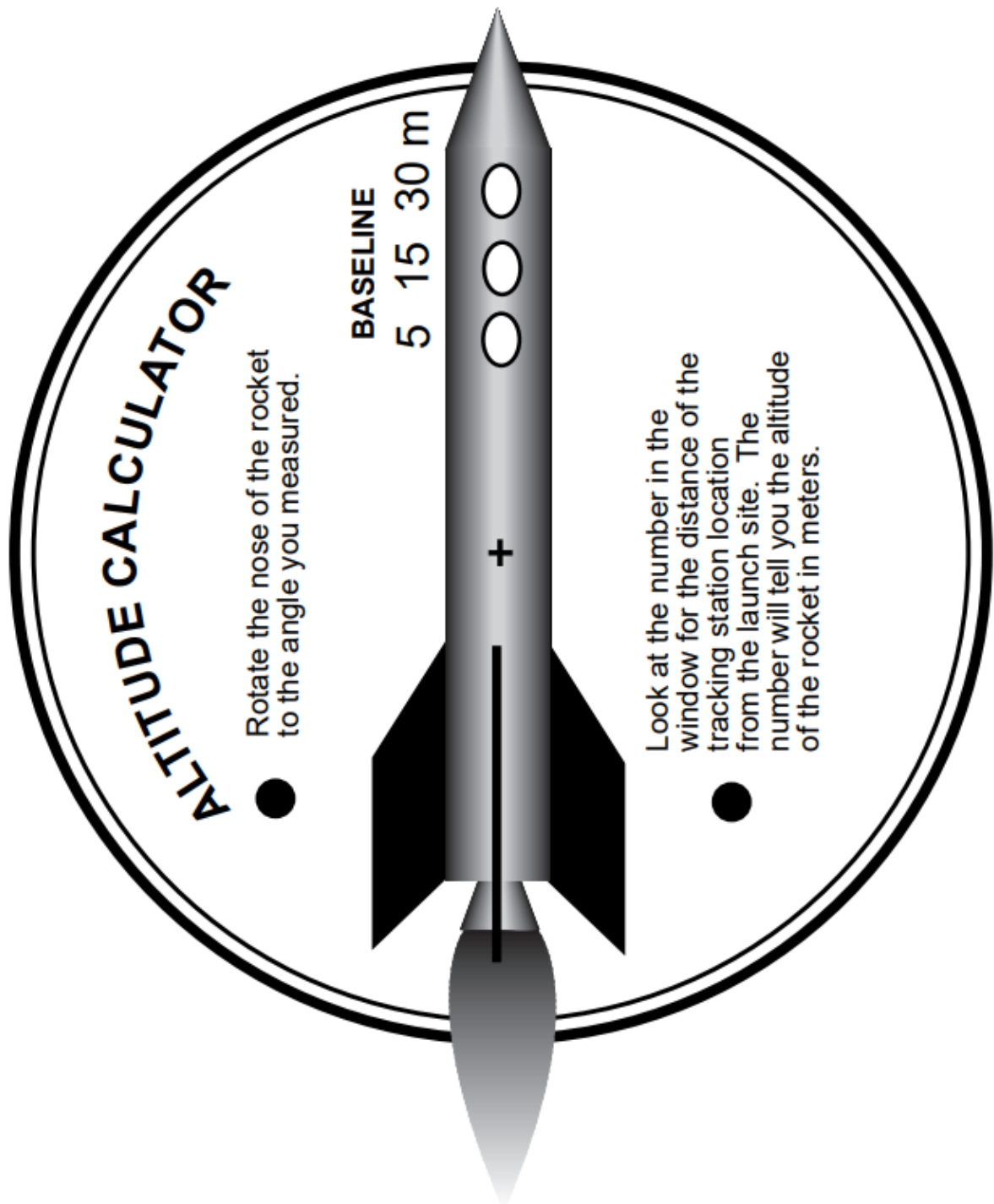
Altitude Tracker

This Altitude Tracker belongs to _____

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

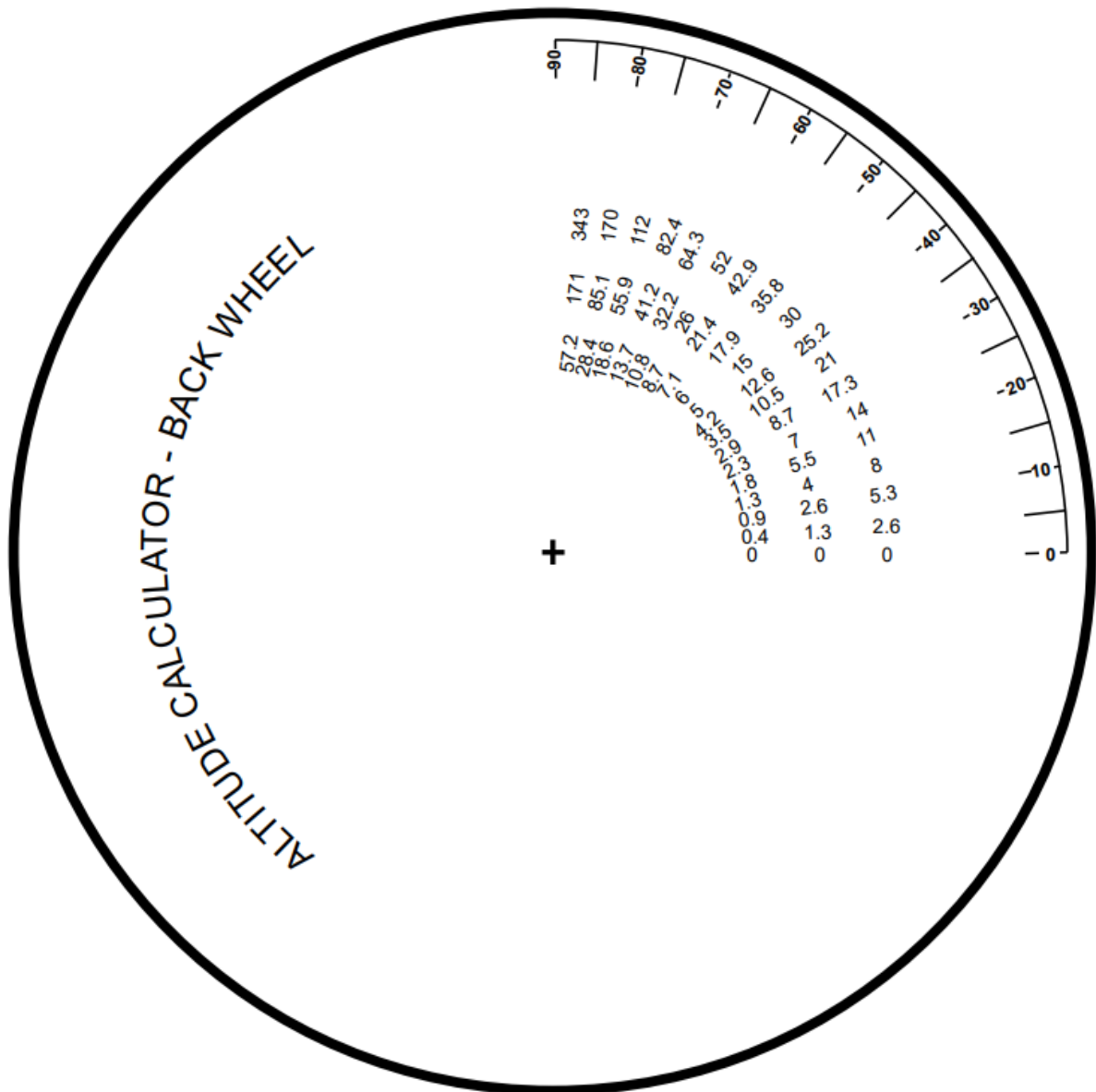
Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Experiment 1.3:

Bestimme experimentell die Höhe verschiedener Objekte und übe die Bedienung, indem Ihr die Höhe des Schulzimmers, des Schulhauses und verschiedener Bäume in der Umgebung bestimmt. Was für Höhen misst Du? Welchen Abstand bzw. welches Ablesefenster verwendet Ihr für das Schulzimmer, welches für das Schulhaus?

Vorgehen:

1. Stell Dich in einer Entfernung von 5, 15 oder 30 Meter vom Objekt auf.
2. Richte den Höhenmesser auf den höchsten Punkt der Objekts aus. Lasse den angezeigten Winkel von einer anderen Person ablesen.
3. Benutze den Höhenrechner indem Du das innere Rad so drehst, dass die Spitze der Rakete auf den gemessenen Wert zeigt. Lese nun die Höhe im entsprechenden Fenster ab (je nach dem wie weit weg Du stehst).

5.1.3 «Röhrl»-Rakete

Es gibt Strohhalmen in Papierverpackung ("Röhrl"). Ihr habt sicher auch schon die Packung auf einer Seite aufgerissen und dann in den freiliegenden Teil hineingeblasen. Die Papierpackung schiesst dann davon wie eine Rakete. Allerdings werden diese meist nicht so gut fliegen wie die «Röhrl»-Raketen, die wir nun im Folgenden bauen werden.

Warum unsere besser fliegen werden wir später noch sehen – man spricht in diesem Zusammenhang von Stabilität der Flugbahn.



Aufgabe 1.6: Baue eine «Röhrl»-Rakete

1. Schneide das Rechteck aus, wickle es der Länge nach um einen Bleistift und klebe es auf der ganzen Länge fest, so dass es ein Roh bildet.
2. Schneide beide Flossen aus und klebe sie auf das Körperrohr, so dass ein "Flossen-Sandwich" entsteht.
3. Biege die Flossen je um 90 Grad so dass sie ein "+" bilden.
4. Drehe das obere Ende des Rumpfrohrs um das angespitzte Ende deines Bleistifts zu einem Nasenkonus.

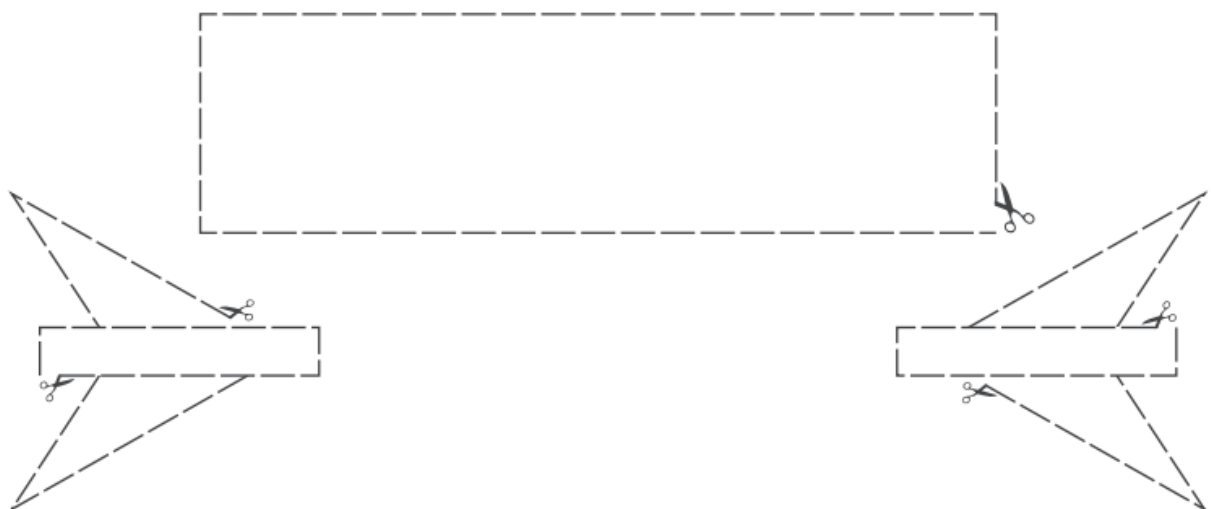


Abbildung 1.6: Vorlage «Röhrl»-Rakete.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Experiment 1.4:

Zum Starten steckst Du die Rakete auf einen Trinkhalm. Vergewissere dich, dass der Startbereich frei von Menschen und Gefahren ist. Puste dann in den Strohhalm so stark Du kannst.

Schiesse die Rakete im freien senkrecht nach oben und lasse jemand die Höhe bestimmen bis zu der sie geflogen ist!

Versuche so hoch wie möglich zu kommen, tauscht die Raketen untereinander aus und versucht sie zu verbessern. Du kannst dazu die Länge der Spitze oder die Flossenform verändern. Schreibe jeweils die Länge und die maximale Flughöhe auf!

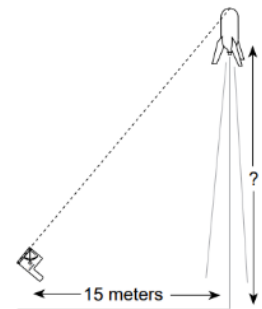


Abbildung 1.7



Hinweis:

Im Allgemeinen ist ein 5-Meter Abstand für Papierraketen. Ein 15-Meter-Abstand ist für Flaschenraketen und ein Abstand von 30 Metern Abstand ist für Modellraketen ausreichend.

Der Neigungsmesser sollte wie eine Pistole gehalten und auf gleicher Höhe mit der Höhe der gestarteten Rakete gehalten werden. Richten Sie ihn auf den höchsten Punkt, den die Rakete am Himmel erreicht hat. Lassen Sie einen zweiten Schüler den Winkel ablesen, den der den Winkel ab, den der Faden oder die Schnur mit dem Quadranten Winkelmesser ab. Notieren Sie den Winkel.

Eine Möglichkeit die Qualität der Höhemessungen zu verbessern ist, indem Ihr jeweils 2 Beobachtungsposten einrichtet und dann den Mittelwert der gemessenen Werte aufschreibt (Abb. 1.8)

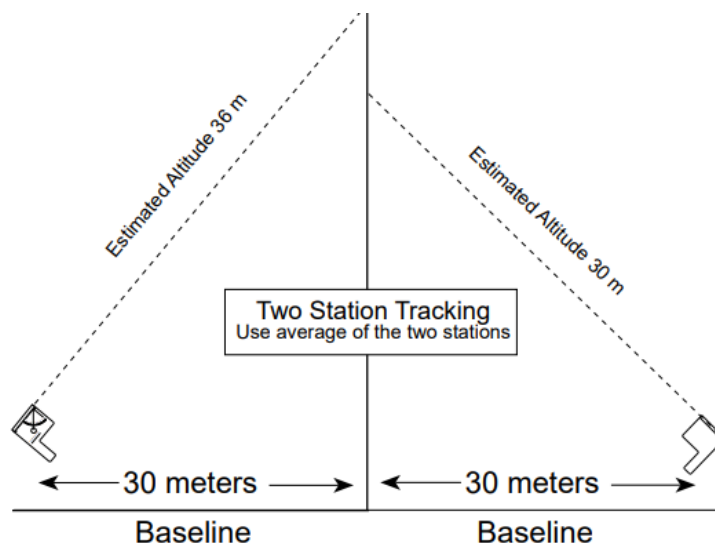


Abbildung 1.8: Verbesserte Höhenmessung.



Zusammenfassung:

Wir haben verschiedene Objekte, die fliegen können, kennen gelernt. Darunter Hubschrauber, Drohnen, Heissluftballone, Gleitschirm aber auch eher aussergewöhnliche wie Teebeutel oder «Röhrl»-Raketen. Diejenigen die nach oben fliegen können benötigen dafür einen Antrieb. Ihr wisst, wie man eine «Röhrl»-Raketen selbst baut und wie man die maximale Flughöhe bestimmen kann.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

5.2 Die Anfangsgeschwindigkeit

Übersicht

Ihr könnt Euch sicher vorstellen, dass die Geschwindigkeit mit der ein Objekt geworfen oder abgeschossen wird einen Einfluss darauf hat, wie hoch es steigt – stellt euch vor ihr versucht einen Ball möglichst hoch in die Luft zu werfen.

Ein gutes Beispiel, um mögliche Zusammenhänge zu erkennen und verstehen ist eine Schaukel, die sich ständig wiederholende Bewegung erlaubt es uns über längere Zeit und ohne grossen Aufwand zu beobachten was passiert.

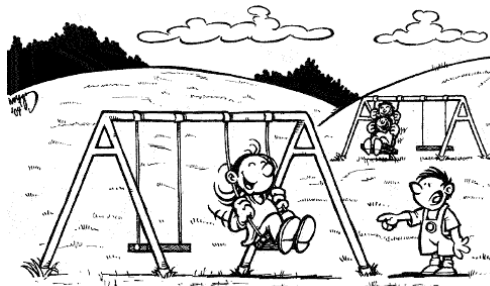


Abbildung 2.1: Kinderschaukel

Lernziele

- Ihr könnt mit Hilfe eines Smartphones und eines Massstabs die Geschwindigkeit von Objekten bestimmen.
- Ihr wisst was der Zusammenhang zwischen der maximalen Flughöhe und der Anfangsgeschwindigkeit eines Objekts ist.
- Ihr könnt eine Stampf-Rakete bauen.
- Ihr wisst warum eine Rakete geradeaus (stabil) fliegt.
- Ihr könnt eine fertige Rakete testen, ob sie geradeaus fliegt und nötigenfalls die Rakete so anpassen, dass sie besser fliegt (Schwingtest).

5.2.1 Geschwindigkeit

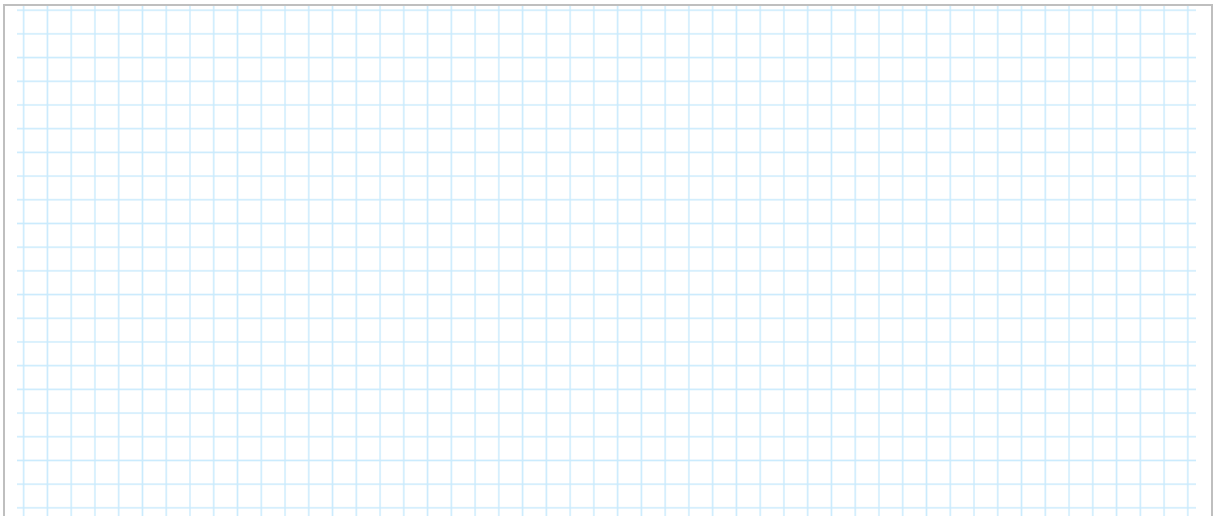


Aufgabe 2.1: Von was ist die maximale Flughöhe abhängig? Wenn Ihr einen Ball nach oben werft, wovon ist die maximale Flughöhe abhängig? Gibt es etwas das wir messe/bestimmen können, um zu sagen, wie hoch ein Gegenstand wie ein Ball oder eine Rakete fliegt?

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

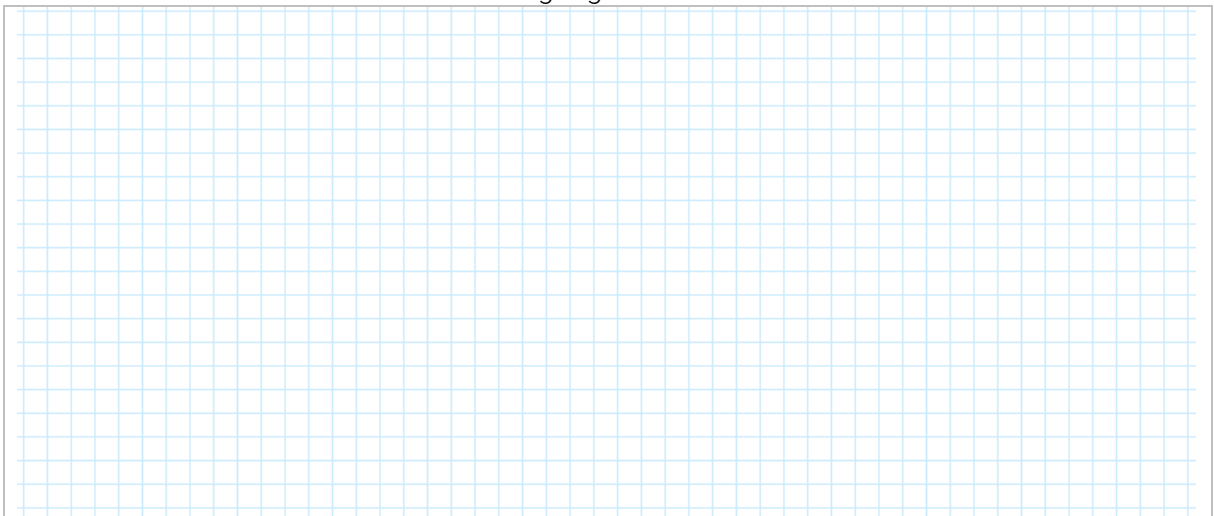
Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Wir stellen fest es gibt einige Einflüsse die, die Flughöhe verändern können. Wir befassen uns später noch mit der Form und der Art des Antriebs. Jetzt wollen wir uns über die Geschwindigkeit Gedanken machen. Wir haben schon das Beispiel der Schaukel erwähnt.



Aufgabe 2.2: Stellt Euch vor Ihr sitzt auf eine Schaukel und schwingt so stark und hoch hin und her wie möglich. Könnt Ihr beschreiben, wie die Bewegung verläuft, während Ihr von einer Seite auf die andere schwingt? Beschreibt vor allem die Höhe und Geschwindigkeit der Schaukel am höchsten und am tiefsten Punkt der Bewegung!



Eine Ähnliche Situation ist, wenn Ihr mit einem Fahrrad durch eine Unterführung fährt. Ihr werdet dann feststellen, dass Ihr gegen unten immer schneller werdet, die höchste Geschwindigkeit am tiefsten Punkt erreicht und dann wieder langsamer werdet, bis Ihr auf der anderen Seite oben ankommt (ev. reicht es nicht ganz und Ihr müsst noch nachhelfen). Das ist genau wie auf der Schaukel, unten ist die Geschwindigkeit am höchsten und oben am tiefsten (bis zum Stillstand und Richtungswechsel).



Das alles gilt nur wenn die Rakete, das Fahrrad oder die Schaukel nur einmal zu Beginn der Bewegung angestossen wird! Sobald z.B. auf der Schaukel zusätzlich angegeben wird stimmt das hier gesagte nicht mehr. Auch ein Luftballon der umherrsurt wird ständig angetrieben.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Damit gibt es also noch eine andere Möglichkeit die maximale Höhe zu bestimmen. Wir können die Flughöhe ausrechnen, indem wir die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde messen, mit sich selber Multiplizieren und durch 20 teilen (Taschenrechner verwenden!):

$$\text{Höhe} = \text{Geschwindigkeit} \times \text{Geschwindigkeit} \div 20$$



Beispiel: Ein Fussgänger geht mit einer Geschwindigkeit von etwa 1 Meter pro Sekunde. Eine Rakete, die beim Start so schnell nach oben fliegt, wird etwa so hoch fliegen:

$$\text{Höhe} = 1 \times 1 \div 20 = 1 \div 20 = 0.05\text{m} \quad \text{das sind 5cm.}$$

Um die Geschwindigkeit einer Rakete zu messen ist es am einfachsten eine Filmaufnahme zu machen und dann anhand des Filmes und der Zeitangaben die Geschwindigkeit zu berechnen. Sie ergibt sich aus der Strecke (in Meter) die die Rakete zurücklegt geteilt durch die Zeit (in Sekunden) die sie dafür benötigt:

$$\text{Geschwindigkeit} = \text{Strecke} \div \text{Zeit}$$

Abschussgeschwindigkeit bestimmen aus Video:

1. Macht eine Videoaufzeichnung vom Abschuss mit einem 1m Massstab (im Hintergrund)
2. Geht das Video-Bild für Bild durch und bestimmt den Zeitpunkt ...
 - a. ... an dem die Rakete beginnt sich zu bewegen ("Start"): $t_{start} = \underline{\hspace{2cm}}$
 - b. ... an dem die Rakete am oberen Ende des Massstabs ankommt ("1m"): $t_{1m} = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Nun können wir die Geschwindigkeit berechnen
 - a. Berechnet die Zeit die die Rakete benötigt, um sich am Massstab vorbei zu bewegen: $t = t_{1m} - t_{start} = \underline{\hspace{2cm}}$
 - b. Berechnet die Geschwindigkeit: $v = 1 \div t = \underline{\hspace{2cm}}$
 - c. Dies ist die Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde - um Kilometer pro Stunde zu erhalten müssen wir die Zahl noch mit 3.6 Multiplizieren (Mal nehmen): $v * 3.6 = \underline{\hspace{2cm}}$

Achtet also immer darauf, dass ein Massstab in der Nähe der Rakete befindet und zu sehen ist. (Falls das vergessen geht, könnte man versuchen die Distanz aus einer bekannten Länge mit Massstab und Dreisatz zu bestimmen.)

Um die Filmaufnahmen zu machen, benötigt man eine schnelle Kamera, die heutzutage in fast jedem Smartphone oder Tablet zu finden ist, eine mögliche Software, die sich zur Analyse eignet, ist:



CMV: Slow Frame-Frame Video Analysis CoachMyVideo
<https://apps.apple.com/us/app/cm-v-slow-frame-frame-video-analysis-coachmyvideo/id499915119>

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Beispiel: "fliegender Teebeutel"

Startzeitpunkt [s] t_{start}	Ende Massstab [s] t_{1m}	Dauer [s] $t = t_{1m} - t_{start}$	Geschwindigkeit [km/h] $v = 3.6 \div t$
VID_20191119_130935			
14.8 s	15.8 s	15.8 - 14.8 = 1 s	3.6 \div 1 = 3.6 km/h



Aufgabe 2.3: Im vorherigen Beispiel wurde doch gesagt, dass eine Rakete, die zu Beginn eine Geschwindigkeit von 1 Meter pro Sekunde besitzt, nur 5cm Hoch fliegt. Kannst Du erklären, warum der Teebeutel höher fliegt?



Aufgabe 2.3: Im vorherigen Beispiel wurde doch gesagt, dass eine Rakete, die zu Beginn eine Geschwindigkeit von 1 Meter pro Sekunde besitzt, nur 5cm Hoch fliegt. Kannst Du erklären, warum der Teebeutel höher fliegt?

Aufgabe (freiwillig während Freizeit): Filme interessante Bewegungen, z.B. Autos auf der Strasse, Vögel, usw. und versuche die Geschwindigkeit zu bestimmen! Überlege dir dazu auch immer:

- Was ist der Antrieb?
- Wie funktioniert er?
- Wie schnell oder hoch fliegt es?

5.2.2 Stampf-Rakete

Eine Stampf-Rakete ist wie die "Röhrli"-Rakete nur grösser und fliegt höher. Das erlaubt uns den Einfluss der Anfangsgeschwindigkeit auf die Flughöhe zu untersuchen. Eine weitere interessante Frage ist wie gut die Rakete fliegt, fliegt sie schön geradeaus oder fängt sie in der Luft an sich zu drehen (und stürzt dabei meist vorzeitig ab).

Für Stampf-Raketen benötigen wir eine Abschussrampe.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Stampf-Rakete

<https://drive.switch.ch/index.php/s/9Bwe4REaeKqr9L8>



Aufgabe 2.4: Baue eine Abschussrampe

1. Nimm dir 1 Beutel mit Rohren
2. Stecke die Abzweigungen (T-Stücke) 6 und 8 auf das Rohr 5
3. Stecke die Rohre 3, 5 und 11 mit Hilfe der Winkel (4 und 11) zusammen
4. Verwende Klebestreifen, um die Verbindungsstellen bei 4 und 10 abzudichten
5. Befestige die PET-Flasche und dichte die Verbindung mit Klebestreifen ab
6. Stecke die Rohre 12 und 14 in die Abzweigungen (das sind die "Beine")
7. Prüfe, ob alles dicht ist, indem Du die PET Flasche durch das Rohr leersaugst bzw. aufbläst

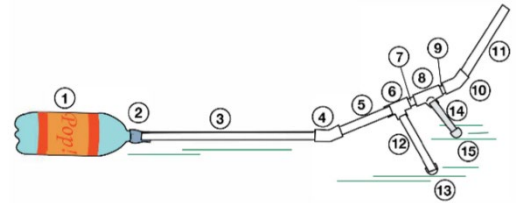


Abbildung 2.2: Abschussrampe Stampf-Rakete



Aufgabe 2.5: Baue eine Stampf-Rakete

1. Nimm dir 1 Bogen Papier
2. Entferne 1 Bein 14 oder 15 von der Abschussrampe und Rolle das Papier darum - schneide das Papier auf die richtige Grösse
3. Klebe das Papierrohr mit einem Klebestreifen zusammen (Achte darauf, dass es Luftdicht ist)
4. Schneide einen Halbkreis aus und mache eine Spitze daraus
5. Klebe die Spitze fest
6. Schneide Flossen zurecht und klebe Sie an der Rakete fest

Making a Stomp Rocket

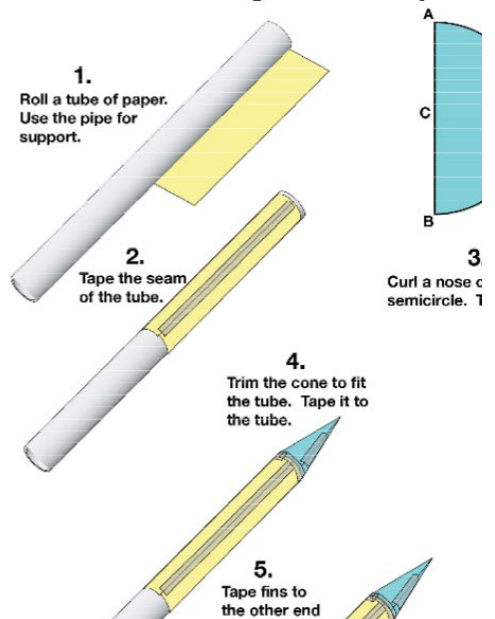


Abbildung 2.3: Bauanleitung Stampf-Rakete

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

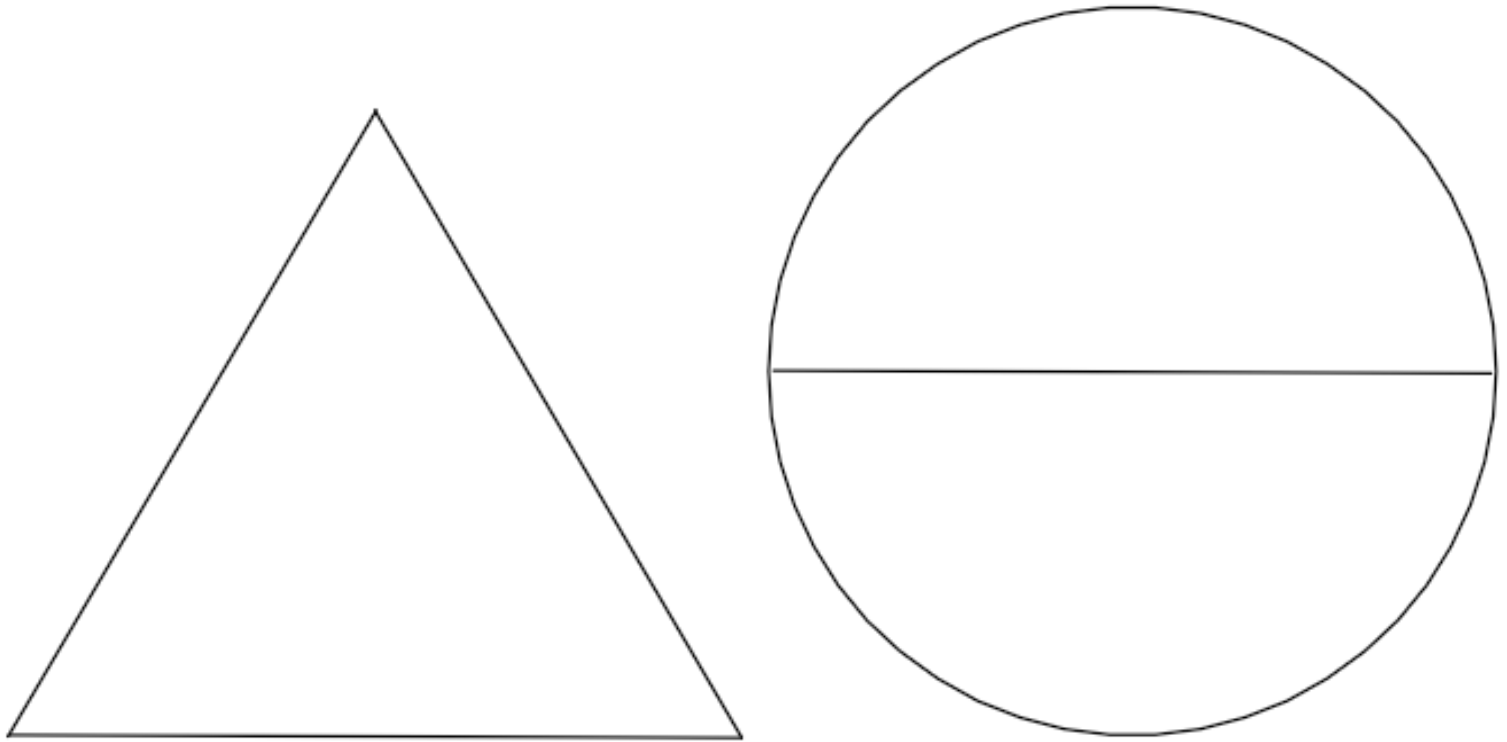


Abbildung 2.4: Vorlage für Flosse und Spitze der Stampf-Rakete



Hinweis:

Sicherheit: Diese Raketen sind spitz! Sie dürfen niemandem auf den Kopf fallen! Es darf immer nur eine Person in der Nähe der Abschussrampe sein! Niemand darf während Abschuss und Flug vor der Rampe also in Schussrichtung bzw. Flugrichtung stehen! Die Rampe muss also immer von allen Personen wegzeigen und Raketen dürfen erst eingesammelt werden, nachdem sie gelandet sind.

Nie nach oben schauen, wenn die Rakete direkt über Dir fliegt! Ev. Schutzbrillen verwenden.

Bevor eine Rakete abgeschossen wird, müsst Ihr die Lehrer um Erlaubnis fragen!



Experiment 2.1:

Suche draussen einen guten Startplatz, er sollte ca. 35m x 35m gross sein. Richte die Rampe gegen den Wind so aus, dass die Rakete leicht geneigt (fast senkrecht) nach oben fliegt. Zum Starten steckst Du die Rakete auf die Start-Rampe. Vergewissere dich, dass der Startbereich frei von Menschen und Gefahren ist. Wenn alles in Ordnung ist stampfe oder springe auf die PET-Flasche.



Aufgabe 2.6: Lasse jemand die Abschussgeschwindigkeit bestimmen und berechne daraus die maximale Flughöhe! Bestimme gleichzeitig mit dem Höhenmessen die Flughöhe und vergleiche diese Werte! Stimmen sie überein?

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

5.2.3 Windrichtungsgeber (Windfahne)

Nicht alle Raketen fliegen gleich gut. Bei Stampf Raketen gibt schnell grössere Unterschiede, die einen fliegen perfekt hoch und gerade in die Himmel und andere surren scheinbar völlig unkontrolliert in wilden Bahnen umher. Typischerweise fliegen die umherkurvenden weniger hoch.

Wir wollen uns nun damit befassen herauszufinden, wovon dieses Verhalten abhängig ist und wie wir es so beeinflussen können, dass unsere Raketen möglich gerade und hoch fliegen. Wir nennen das stabile Flugbahn wohingegen eine Rakete, die umherkurvt als instabil bezeichnet wird.

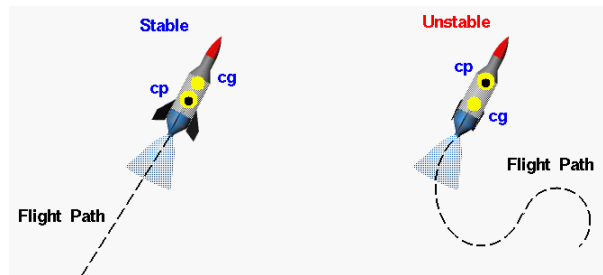


Abbildung 2.5: Stabilität beim Flug (cg = Schwerpunkt, cp = Druckpunkt)

Wir haben bei den «Röhrl»-Raketen gesehen, dass die Verpackung eines Strohhalmes allein auch fliegt, aber längst nicht so gut, ein anderes Beispiel dafür ist ein aufgeblasener Luftballon, den wir loslassen und so im Zimmer umhersurrt.

Um die Gründe verstehen zu können, die zu so unterschiedlichen Flugbahnen führt, betrachten wir eine Windfahne wie in Abb. 2.6

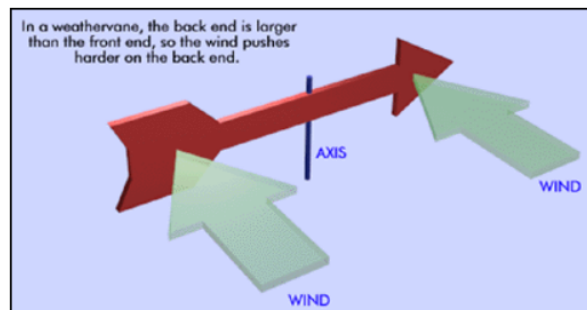


Abbildung 2.6: Windfahne mit Wind

Bläst der Wind von der Seite her auf die vordere und hintere Seite der Fahne bzw. des Pfeils, so drückt er hinten stärker als vorne – weil die hintere Fläche grösser ist – und bewirkt dadurch, dass sich die Fahne in Richtung des Windes dreht, also dorthin zeigt, von wo der Wind herkommt, siehe Abb. 2.7.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

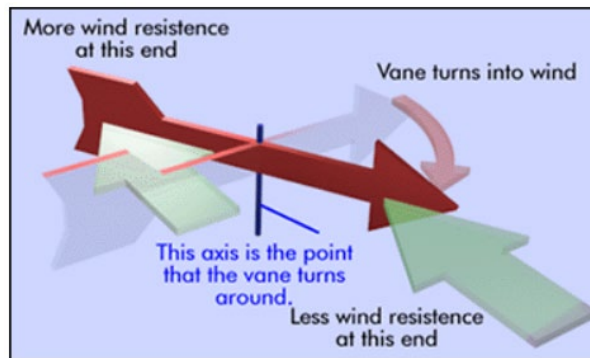


Abbildung 2.7: Windfahne dreht sich «in den Wind»

Das ist so, also ob man mit dem Finger hinter der Drehachse gegen die Fahne drücken würde. Der Punkt, an dem der Finger drückt, ist der sogenannte Druckpunkt.

Der Wind drückt auf beide Seiten (vorne und hinten) und wenn sie genau gleich aussehen, dann ist der Druckpunkt genau in der Mitte der Fahne, dort wo die Drehachse liegt. Wenn man mit dem Finger an Stelle der Achse drückt, dreht sich die Fahne aber nicht. Macht man nun eine Seite z.B. hinten grösser, so drückt der Wind dort mehr und das ist, als ob der Punkt, an dem man mit dem Finger dagegen drückt, nach hintern wandert.

Daraus ergeben sich 2 wichtige Regeln:

1. Der Druckpunkt muss hinter dem Drehpunkt liegen
2. Der Druckpunkt liegt näher bei der grösseren Fläche (darum hat die Rakete hinten Flossen)

Betrachten wir nun eine Rakete anstelle einer Windfahne wie in Abb. 2.8 gezeigt:

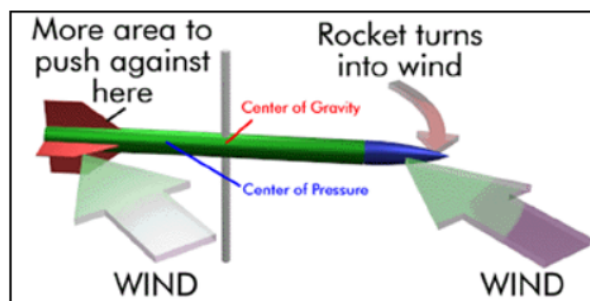


Abbildung 2.8: Rakete mit Wind



Die Drehachse, um die sich eine Rakete im Flug dreht liegt im Schwerpunkt der Rakete. Wenn die Raketenspitze schwer ist liegt der Schwerpunkt weiter vorne, wenn der hintere Teil schwer ist, weiter hinten. Daraus ergeben sich die letzte wichtige Regel (insgesamt 3 Regeln):

1. Der Druckpunkt muss hinter dem Schwerpunkt (Drehpunkt) liegen
2. Der Druckpunkt liegt näher bei der grösseren Fläche (darum hat die Rakete hinten Flossen)
3. Der Schwerpunkt liegt näher beim grösseren Gewicht (darum hat die Rakete eine schwere Spitze)

Haben wir eine fertig gebaute Rakete, so gibt es zwei Möglichkeiten herauszufinden, ob diese Regeln eingehalten werden, entweder wir bestimmen die Lage des Druckpunkts und des Schwerpunkts oder wir Simulieren einen Flug. Im Folgenden werden wir zeigen das gemacht wird.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Lage des Druckpunkts

Wir müssen eine Projektion (Schatten) unserer Rakete aus Karton erstellen, wie in Abb. 2.9 gezeigt herstellen:

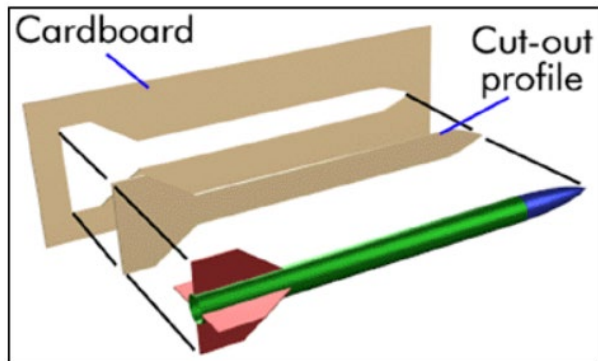


Abbildung 2.9: Projektion oder Schatten einer Rakete auf Karton

Wir müssen herausfinden, wo der Schwerpunkt dieser Projektion liegt wie in Abb. 2.10 dargestellt. Dafür legen wir den Karton so auf einen Massstab, dass er hin und her wippen kann und ausbalanciert ihn aus, bis er waagrecht liegen bleibt oder nur noch sehr langsam auf eine Seite kippt. Wir markieren nun die Stelle, an der die Projektion auf dem Massstab liegt. Dies ist der Druckpunkt.



Hinweis:

Der Druckpunkt ist der Schwerpunkt der Projektion der Rakete. Dies ist NICHT dasselbe wie der Schwerpunkt der Rakete, den wir als nächstes bestimmen werden. Bitte davon nicht verwirren lassen!

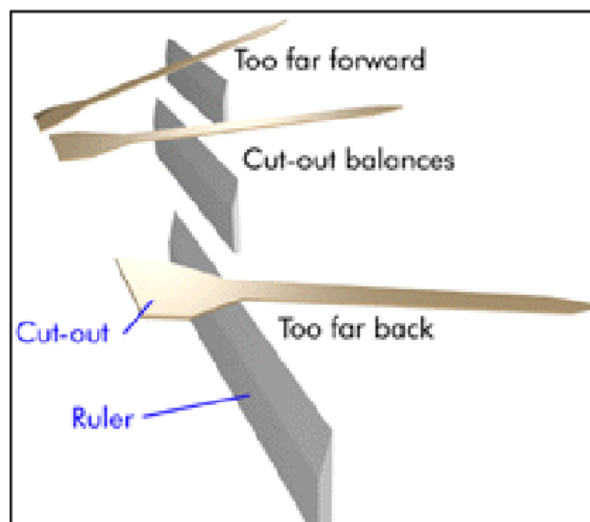


Abbildung 2.10: Bestimmen des Druckpunkts als Schwerpunkt der Projektion.



Aufgabe 2.7: Bestimme die Position des Druckpunktes Deiner Stampf-Rakete! Wie weit von der Spitze entfernt, liegt er?

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Lage des Schwerpunkts

Nun wiederholen wir das Verfahren mit der ganzen Rakete, alternativ falls die Flossen zu gross und der Massstab zu klein ist, kann die Rakete auch an einer Schnur aufgehängt werden, siehe Abb. 2.11. Wir markieren wieder die Stelle, an der die Rakete ausbalanciert ist. Wichtig hierbei ist, dass die Rakete im Flugzustand mit allen Teilen wie Treibstoff/Motor usw. ausbalanciert wird. Damit finden wir den Schwerpunkt der Rakete.

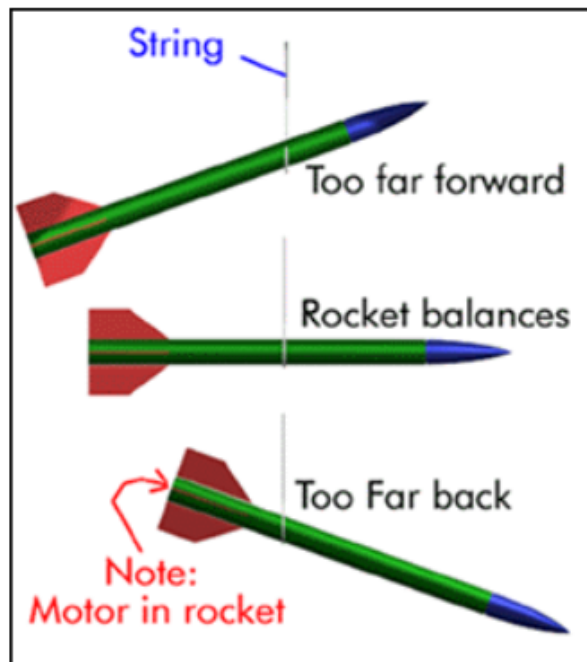


Abbildung 2.11: Bestimmen des Schwerpunkts der Rakete.

Wir legen nun die Rakete auf die Projektion (ihren Schatten) und vergleichen, wo die beiden Punkte liegen.

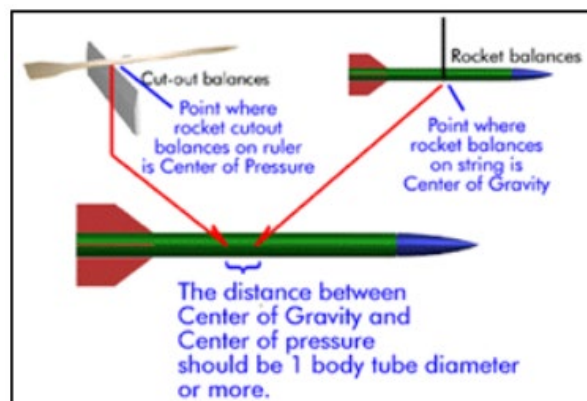


Abbildung 2.12: Vergleich der Position des Druckpunkts und des Schwerpunkts.

Wir wir von der Windfahne gelernt haben muss der Druckpunkt hinter dem Schwerpunkt liegen damit die Rakete einer geraden (stabilen) Flugbahn folgt.



Hinweis:

Leitprogramm v1.0.docx

Version: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabedatum: 17.12.2021

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Als Faustregel gilt, der Druckpunkt sollte mindestens so weit hinter dem Schwerpunkt liegen, wie die Rakete dick ist. Mehr ist besser.



Aufgabe 2.8: Bestimme die Position des Schwerpunktes Deiner Stampf-Rakete! Wie weit von der Spitze entfernt, liegt er? Vergleiche das Resultat mit dem von Aufg. 2.7, ist die Rakete stabil oder instabil?

Durchführung des Schwingtests

Beim Schwingtest simulieren wir einen Raketenflug auf kleinem Raum. Wir haben schon den Schwerpunkt einer Rakete gefunden, indem wir sie so an einer Schnur befestigt haben, dass sie ausbalanciert war, siehe Abb. 2.11. Wir können die Rakete an dieser Schnur um uns herum im Kreis schwingen (Vorsicht; auf ausreichend Abstand zu anderen Personen und Wänden etc. halten!).

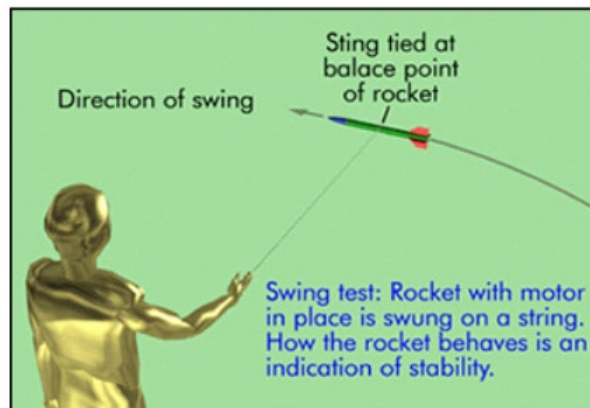


Abbildung 2.13: Ablauf des Schwingtests.

Dabei beobachten wir die Rakete und schauen, was sie macht. Fliegt sie nach mehreren Umläufen wie in Abb. 2.14 mit der Spitze voraus ist alles in Ordnung, der Schwerpunkt liegt vor dem Druckpunkt.

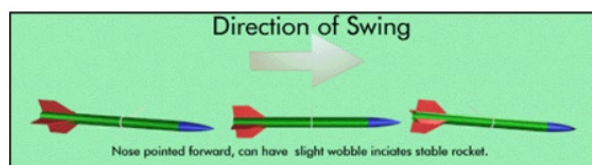


Abbildung 2.14: Stabile Lage der Rakete während Schwingtest.

Für den Fall, dass die Rakete unkontrolliert und in beliebiger Lage fliegt, wie in Abb. 2.15 ist der Druckpunkt nicht ausreichend weit hinter dem Schwerpunkt (oder sogar davor).

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

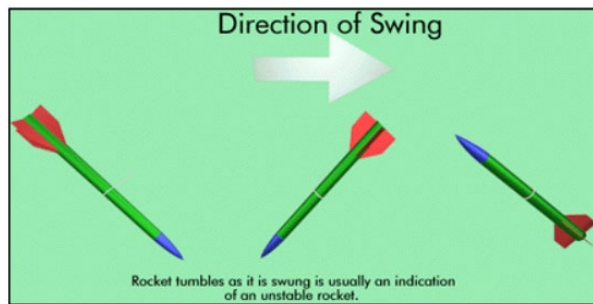


Abbildung 2.15: Instabile Lage der Rakete während Schwingtest.



Um die Flugstabilität der Rakete zu erhöhen, muss die Fläche der Flossen hinten an der Rakete vergrößert werden (um den Druckpunkt weiter nach hinten zu verlegen) oder Gewicht an der Spitze hinzugefügt werden (um den Schwerpunkt nach vorne zu verlegen), siehe Abb. 2.16.

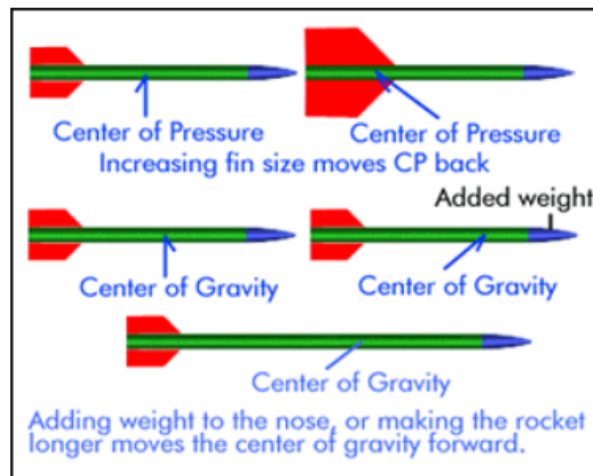


Abbildung 2.16: Möglichkeiten die Stabilität der Rakete zu verbessern.



Experiment 2.2:

Suche eine Stelle mit ausreichend Platz und führe einen Schwingtest mit Deiner Stampf-Rakete durch! Was ist das Ergebnis; fliegt sie stabil oder instabil?



Aufgabe 2.9: Kannst Du erklären, warum eine Rakete immer dem Wind entgegen fliegt?



Aufgabe 2.10: Falls Deine Rakete instabil ist, versuche sie stabil zu machen und wiederhole Exp. 2.1! Fliegt die Rakete nun höher? Wieviel?



Zusammenfassung:

Wir haben den Zusammenhang zwischen maximaler Flughöhe und der Anfangsgeschwindigkeit, sowie eine Möglichkeit diese anhand einer Videoanalyse zu bestimmen, kennen gelernt. Ihr wisst nun, wie man eine Stampf-Rakete selbst baut und wie Ihr die Stabilität der Flugbahn bestimmen und verbessern könnt.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

5.3 Das Antriebsmedium

Übersicht

Die Art des Antriebs einer Rakete ist entscheidend dafür, wie hoch sie steigt. Dabei gibt es mehrere Punkte zu berücksichtigen. Einerseits wie schnell der Antrieb die Rakete auf ihre Fluggeschwindigkeit bringt, wie hoch diese ist und auch wie lange der Antrieb wirksam ist.

Raketen, die für Reisen im Weltraum, z.B. zum Mars, gebaut werden müssen zudem einen Antrieb haben der auch ohne Luft (im Vakuum) funktioniert und jederzeit ein- oder ausgeschaltet werden kann.

Um zu verstehen, wie solche Antriebe funktionieren betrachten wir eine Person, die auf einem stillstehenden Skateboard steht oder einem Stuhl mit Rollen sitzt und einen schweren Gegenstand wie z.B. eine Schultasche wegwirft.

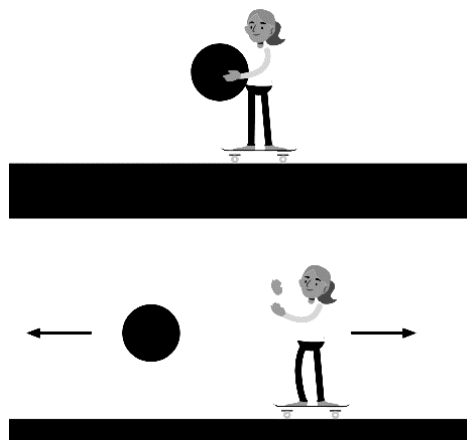


Abbildung 3.1: Skateboard und schwere Gegenstände.

Lernziele

- Ihr kennt drei verschiedene Arten von Antrieb.
- Ihr könnt eine Wasser-/PET-Rakete bauen.
- Ihr wisst, was der Einfluss des Antriebsmediums ist (z.B. Wasser oder Luft) und wie sich dadurch die maximale Flughöhe ändert.

5.3.1 Antrieb



Experiment 3.1: Wir führen das Experiment von Abb 3.1 durch. Nimm dazu einen schweren Gegenstand wie z.B. Deine Schultasche auf die Arme und stell dich auf ein Rollbrett oder sitz auf einen Stuhl mit Rollen. Nun wirf die Tasche einer anderen Person zu, die in Fahrtrichtung steht. Beschreib was passiert! Macht es einen Unterschied, ob die Tasche kräftig oder schwach geworfen wird?



Aufgabe 3.1: Was für Arten von Antrieb gibt es? (Denk auch zurück an Aufg. 1.1)

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Aufgabe 3.2: Markiert Aufg. 3.1 alle Antriebe, die Gemeinsamkeiten haben mit derselben Farbe!

Es gibt eine Vielzahl von verschiedenen Antriebsprinzipien für Raketen oder Flugobjekte:

- Auftrieb (Dichte): Ein Heissluftballon macht sich zu Nutze, dass warme Luft «leichter» ist als kalte und kann darum steigen
- Schuss: Katapult, Schleuder, Film Dosenrakete, etc. verwenden Federn oder sich ausdehnende Gase (Druckluft, Gase aus Verbrennungen oder Explosionen) um einen Gegenstand schnell auf hohe Startgeschwindigkeiten zu beschleunigen
- Impulsübertragung: Die ist das allgemeinste Prinzip es funktioniert immer, weil es keine Luft benötigt (Auftrieb) oder einen Boden um sich abzustossen (Schuss, Katapult, ...) und darum auch im Weltraum nutzbar ist. Das Prinzip besagt, dass wenn ein Gewicht weggeschleudert wird, erzeugt dies Antrieb. Beispiele sind Wasser, das aus einer Gartenschlauch geschleudert wird bewegt den Schlauch, Luft die von einem Propeller weggeschleudert wird bewegt ein Flugzeug oder Hubschrauber und Abgase die von einem Düsen- oder Raketentriebwerk weggeschleudert werden bewegen die Rakete.
- Fallschirme und Flügel: Dienen typischerweise dazu den Fall nach unten stark abzubremsen und können teilweise bei Vorwärtsbewegung sogar Auftrieb erzeugen, sie benötigen aber auf jeden Fall dafür eine zusätzliche Art von Antrieb wie oben aufgeführt



Aufgabe 3.3: Sortiere Aufg. 3.2 nach den oben genannten Antriebsprinzipien für Raketen oder Flugobjekte!

5.3.2 Wasserrakete

Wasserraketen verwenden einen Impulsantrieb. Das interessante daran ist, dass wir die Wahl haben, was wir verwenden um von der Rakete nach hinten/unten weggeschleudert zu werden. Wir können Wasser verwenden oder Luft und beobachten, was das für Unterschiede bewirkt. Wir können auch die Menge des Wassers verändern (oder den Druck der Luft). Typischerweise wird die Rakete etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt und dann wird mit einer Fahrradpumpe Luft hineingepumpt, um einen Überdruck zu erzeugen. Dieser Überdruck sorgt dann dafür, dass das Wasser aus der Flasche geschleudert wird.

Der Bau einer Wasserrakete ist sehr ähnlich zu den bisher gebauten Raketen.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Wasserrakete

<https://drive.switch.ch/index.php/s/MxxQae64CLGtxRg>



Aufgabe 3.4: Baue eine Wasserrakete

1. Grundkörper: Wir verwenden als Grundkörper eine PET-Wasserflasche die möglichst gerade, zylinderförmig ist ohne Verzierungen, Einbuchtungen etc. (Coca-Cola Flaschen sind z.B. eher ungeeignet)
2. Spitze und Flossen: Hier verwenden wir dicke Kunststoff-Folie die mit einer Schere geschnitten und mit Panzerklebeband befestigt werden kann (oder einem anderen geeigneten starken Klebeband)
3. Schwerpunkt und Druckpunkt: Vor den Start ist ein Schwingtest wichtig, den Druckpunkt nach hinten verschieben, kann durch Anpassung der Flossenform erfolgen, um den Schwerpunkt nach vorne zu schieben verwenden wir Knetmasse, die wir innerhalb der Spitze anbringen
4. Ventil für Startrampe: Wir verwenden eine Fahrradpumpe, um in den zur Hälfte mit Wasser gefüllten Rakete einen Überdruck zu erzeugen, dafür benötigen wir einen Anschluss den wir aus einem Korken und einem Ventil eines alten (kaputten) Fahrradschlauches herstellen

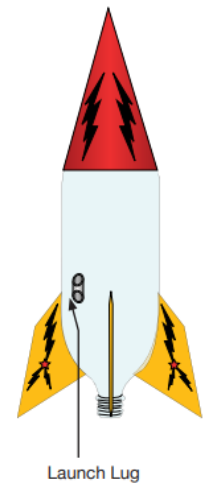


Abbildung 3.2: Wasserrakete



Aufgabe 3.5: Baue eine Abschussrampe und ein Ventil

1. Nimm einen Korken und halbiere diesen, so dass er nur noch halb so lang ist (Korken gibt es beim Weinhändler oder ev. in Restaurants auf Nachfrage)
2. Nimm einen alten Fahrradschlauch und entferne mit einer Schere alles Material, so dass nur noch das Ventil übrigbleibt (alte Fahrradschläuche gibt's in Fahrradwerkstätten)
3. Bohre ein Loch in den Korken das etwas kleiner ist als das Ventil, so dass das Ventil mit Kraft hineingedrückt werden muss und satt sitzt, so ist sichergestellt, dass es luftdicht ist, siehe Abb. 3.4
4. Als Startrampe verwenden wir zwei ca. 1m lange Stangen (z.B. aus dem Gartenbedarf, um Pflanzen hochzubinden), die Stangen werden nebeneinander leicht schräg, so dass sie wie Schienen die Rakete führen können, in den Boden steckt
5. Die Rakete wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt, das Ventil wird mit einer Fahrradpumpe verbunden und in die Flaschenöffnung gesteckt (muss luftdicht sein, sonst den Korken mit Klebeband umwickeln, dass er dicker wird) und die Rakete wird mit dem Ventil nach unten an die Rampe gelehnt, siehe Abb 3.3
6. An der Fahrradpumpe so lange gepumpt, bis die Rakete von selbst startet



Abbildung 3.3: Startrampe

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Abbildung 3.4: Ventil für Startrampe

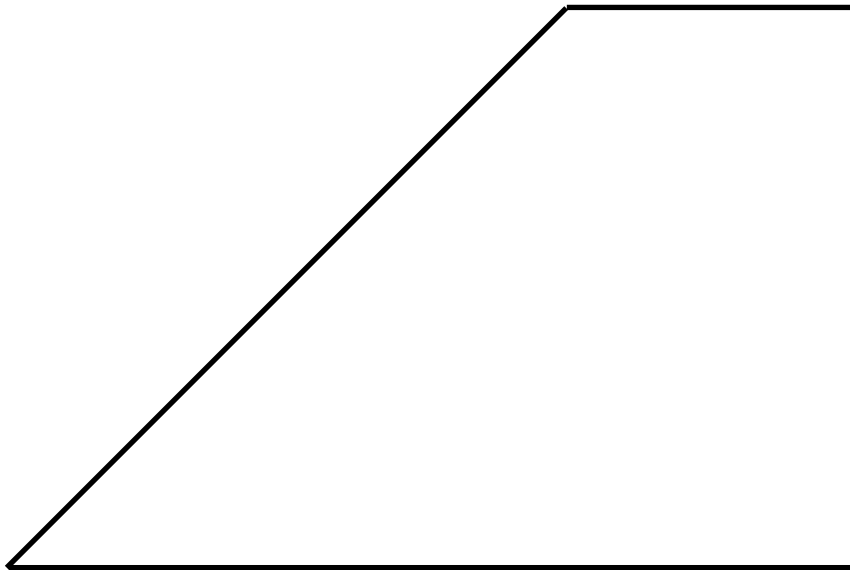


Abbildung 3.4: Schablone für Flosse der Wasserrakete

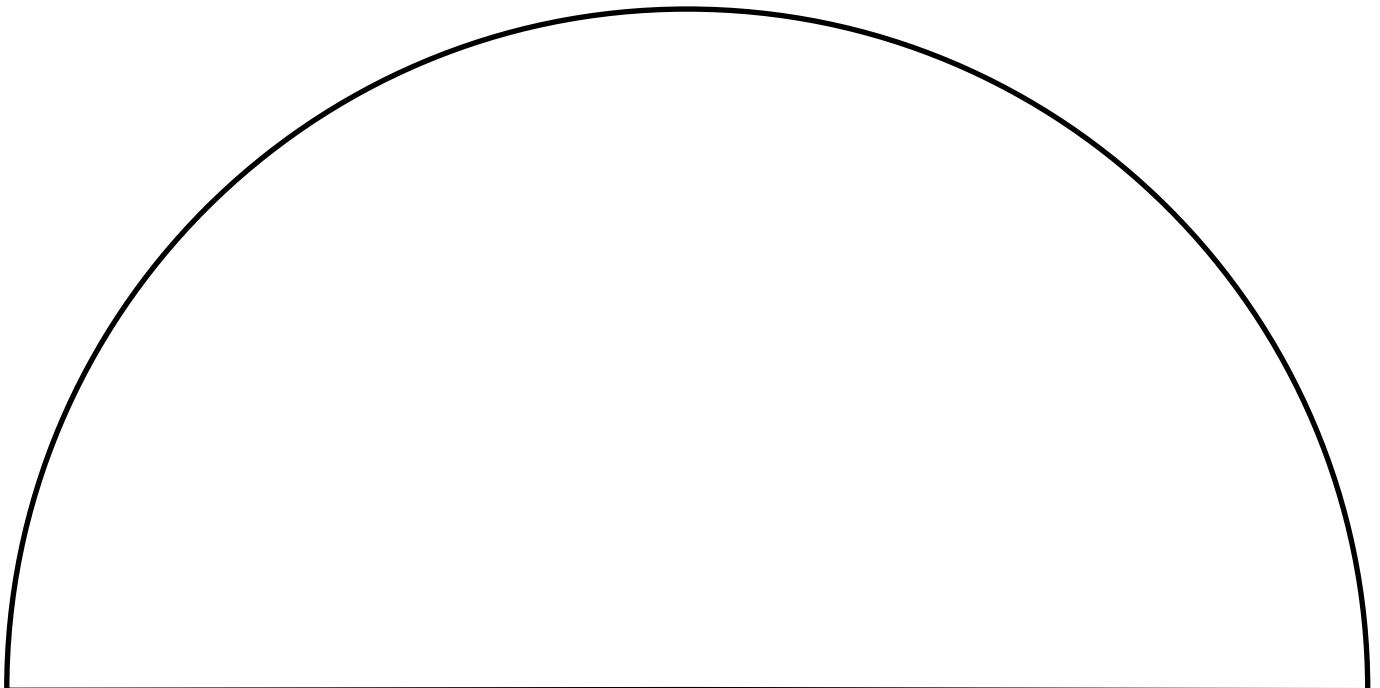


Abbildung 3.5: Schablone für Spitze der Wasserrakete

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Experiment 3.2:

Suche eine Stelle mit ausreichend Platz und führe einen Schwingtest mit Deiner Wasserrakete durch? Was ist das Ergebnis; fliegt sie stabil oder instabil?



Aufgabe 3.6: Falls Deine Rakete instabil ist, versuche sie stabil zu machen und wiederhole Exp. 3.2!



Hinweis:

Sicherheit: Diese Raketen arbeiten mit hohem Druck und können sehr hoch fliegen (professionelle Varianten fliegen hunderte von Metern hoch). Das bedeutet, das hier bei unsachgemäßem Vorgehen eine Gefahr für schwere Verletzungen besteht. Sobald eine Rakete auf der Rampe steht, darf sich zu keiner Zeit jemand in der Nähe aufhalten, ausser der Person, die die Pumpe bedient. Diese hat immer entgegen der Flugrichtung, soweit wie der Schlauch es zulässt, entfernt zu stehen. Es ist ratsam wenige Starrampen zu haben, um die Übersicht zu wahren. Das Vorgehen soll zu Beginn besprochen werden.

Nie Wasserraketen starten, die den Schwingtest nicht bestanden haben!

Nie nach oben schauen, wenn die Rakete direkt über Dir fliegt! Ev. Schutzbrillen verwenden.

Bevor eine Rakete abgeschossen wird, müsst Ihr die Lehrer um Erlaubnis fragen!



Experiment 3.3:

Suche draussen einen guten Startplatz, er sollte ca. 35m x 35m gross sein. Richte die Rampe gegen den Wind so aus, dass die Rakete leicht geneigt (fast senkrecht) nach oben fliegt.

Zum Starten steckst Du das Ventil auf die Rakete und lehnst diese an die Start-Rampe. Vergewissere dich, dass der Startbereich frei von Menschen und Gefahren ist. Wenn alles in Ordnung ist, beginne zu pumpen und pumpe so lange bis die Rakete von alleine davonfliegt.



Aufgabe 3.7: Richte eine Verfolgungsstation zur Messung der Höhen, die von den Raketen erreicht werden.



Aufgabe 3.8: Untersuche den Einfluss des Mediums. Was passiert, wenn Du kein Wasser in die Flasche füllst, sondern nur Luft verwenden? Messe die Flughöhe und Startgeschwindigkeit, was fällt auf?



Wasserrakete: Vergleich Wasser und Luft Antrieb
<https://drive.switch.ch/index.php/s/HQRwB76shhsjCAB>



Beispiel: Die Auswertung des Filmes oben führt auf folgende Werte

Startzeitpunkt [s] t_{start}	Ende Massstab [s] t_{1m}	Dauer [s] $t = t_{1m} - t_{start}$	Geschwindigkeit [km/h] $v = 3.6 \div t$
Raketen; mit Wasser 0.044 s	0.102 s	0.102 - 0.044 = 0.058 s	3.6 \div 0.058 = 62.069 km/h

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Raketen; ohne Wasser 0.044 s	0.183 s	$0.183 - 0.044 = \mathbf{0.139\ s}$	$3.6 \div 0.139 = \mathbf{25.8993\ km/h}$
<i>IMG_6857; mit Wasser</i> 5.076 s (0.5 m)	5.103 s	$5.103 - 5.076 = \mathbf{0.027\ s}$	$3.6 \div (2 \cdot 0.027) = \mathbf{66.6667\ km/h}$
<i>IMG_6851; ohne Wasser</i> 5.927 s (0.5 m)	5.958 s	$5.958 - 5.927 = \mathbf{0.031\ s}$	$3.6 \div (2 \cdot 0.031) = \mathbf{58.0645\ km/h}$

Es ist zu sehen, dass die Raketen ohne Wasser eine tiefere Anfangsgeschwindigkeit haben und darum auch weniger hoch fliegen. Im Video oben ist zu sehen, dass die Rakete ohne Wasser als erste landet.



Aufgabe 3.9: Versuchen Sie Ihre Rakete zu verbessern, indem sie andere Materialien wie Styropor für die Flossen verwenden, diese mit Sandpapier Glätten und an den Rändern dünn zulaufen lassen, Klebeband durch Klebepistolen ersetzen. Können Sie die maximale Flughöhe steigern? Um wieviel?



Aufgabe 3.10: Finden Sie einen Weg einen Fallschirm weiche Landungen an ihrer Rakete zu befestigen (z.B. Plastik Einkaufstüten oder leichter Stoff mit Schnüren) Der Nasen-Kegel muss an seinem Platz bleiben, bis die Rakete den Höhepunkt ihres Fluges erreicht hat; dann sollte sie öffnen und den Fallschirm freigeben.



Zusammenfassung:

Wir haben uns mit verschiedenen Antrieben befasst, ihr kennt nun verschiedene Arten. Ihr wisst nun, wie man eine Wasserrakete selbst baut und sicher betreibt. Dazu gehört zwingend ein Schwingtest vor dem ersten Flug. Wir haben auch den Einfluss des Antriebsmedium gesehen und gelernt, dass Wasser die Rakete höher steigen lässt als Luft alleine.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

5.4 Der Raketenmotor

Übersicht

Wie wir gesehen haben, ist die Wirksamkeit eines Antriebs hängt davon ab wie schwer das ausgestossene Medium ist. Im Exp. 3.1 haben wir auch gesehen, dass die Geschwindigkeit, mit der das Medium ausgestossen wird, einen Einfluss hat.

Es zeigt sich, dass die brennbaren Stoffe, die den für die Verbrennung nötigen Sauerstoff auch enthalten gut geeignet sind. Einerseits sind sie unabhängig von Luft für die Verbrennung und andererseits ist es so, dass durch die Verbrennung, die Gase, die entstehen sich schnell und stark ausdehnen und damit hohe Geschwindigkeiten erreichen.

Darum befassen wir uns nun mit Raketen mit Verbrennungsmotor – sehr ähnlich wie Silvesterraketen, aber mehrfach nutzbar.

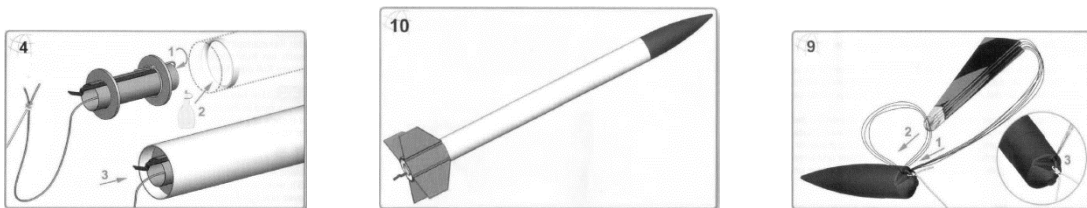


Abbildung 4.1: Modellrakete, wichtigste Komponenten. Motorhalter links, Fallschirm rechts.

Lernziele

- Ihr kennt den Aufbau eines Verbrennungsmotors für Raketen (Schwarzpulver).
- Ihr kennt die Komponenten, aus denen eine Modellrakete besteht.
- Ihr könnt eine Modellrakete bauen und beachtet dabei den NAR-Kodex am Anfang dieses Dokuments.
- Ihr wisst, inwiefern die Messung der maximalen Flughöhe, der Anfangsgeschwindigkeit und eine Veränderung des Antriebsmediums hier anwendbar ist.

5.4.1 Motor (Schwarzpulver)

Kleine Raketenmotoren wie sie in einfachen Modellraketen verwendet werden, haben typischerweise folgenden Aufbau am Beispiel eines A6-4 Motors.

- Der Grundkörper ist ein zylindrisches Rohr, z.B. aus Karton.
- Die Düse am hinteren Ende besteht aus Gips mit Austrittsloch für die Verbrennungsgase.
- Darauf folgt der Brennstoff, der bei A6-4 für 6s brennt:
 - Schwarzpulver für einfache Raketen benötigt Luft zur Verbrennung
 - Moderne Brennstoffe enthalten den aus der Luft benötigten Sauerstoff direkt als Verbindung (und benötigt darum keine Luft)
- Die nächste Schicht brennt sehr langsam ab, um die Zündung der folgenden Schicht ein paar Sekunden zu verzögern, bei A6-4 sind es 4s
- Als letzte Schicht folgt eine kleine Sprengladung, die den Auswurf des Fallschirms bewirkt
- Den Abschluss bildet eine dünne Gipsschicht

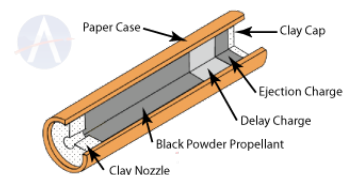


Abbildung 4.2: Motor

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Der Brennstoff so eines Motors brennt mehrere Sekunden, d.h. die Rakete wird auch nachdem sie die Startrampe verlassen hat, weiter Geschwindigkeit aufnehmen. Es ist auch so, dass wir das Antriebsmedium hier nicht verändern können. Dafür müssten wir grundlegend andere Motoren verwenden – aber alle auf Verbrennung basierten Motoren stossen heisse Gase aus.

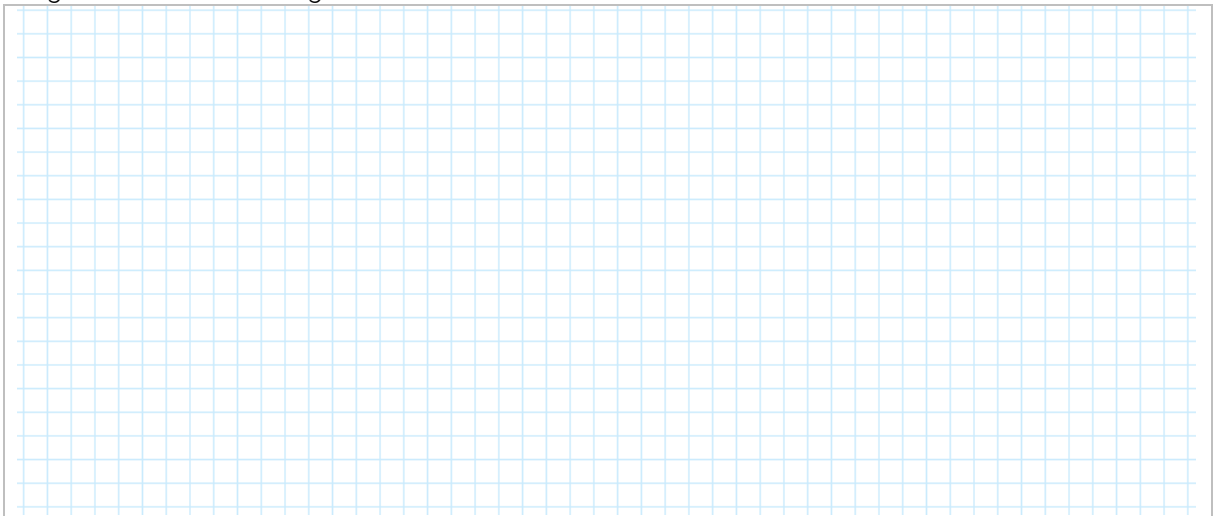


Aufgabe 4.1: Ist eine Videoanalyse, um die Geschwindigkeit und daraus die maximale Flughöhe zu bestimmen zulässig? Führt das zu korrekten Resultaten?

5.4.2 Modellrakete



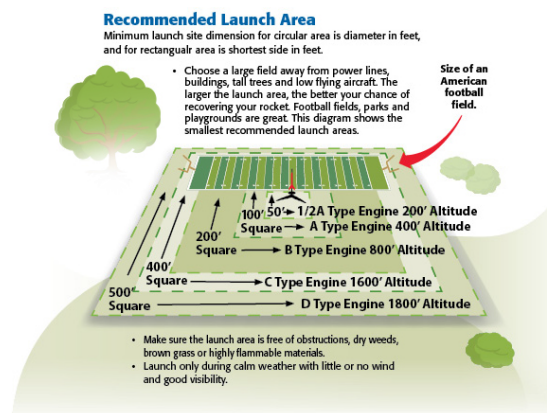
Aufgabe 4.2: Aus was für Teilen bestehen Modellbauraketen? Was kommt neu dazu im Vergleich zu den bisherigen Raketen?



Recherche 4.1: Wahl eines geeigneten Startplatzes

Diese Raketen fliegen je nach verwendetem Motor und Gewicht der Rakete teilweise sehr hoch, mehrere hundert Meter sind möglich. Typischerweise ist die Rakete ab einer Höhe von 100 Metern kaum mehr zu sehen. Deshalb müssen wir einen geeigneten Startplatz suchen. Die folgende Tabelle zeigt, wie gross der Startplatz sein sollte:

Motor Typ	Minimale Platzgrösse (m)
1/4A, 1/2A	20
A	35
B	70
C	135
D	170
E, F, G	335



Suche im Internet anhand der Schweizer Landeskarte ein geeigneten Startplatz in Deiner Umgebung!

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Schweizer Landeskarte
<https://map.geo.admin.ch/>



Beispiel: An der FHGR werden jedes Semester Kurse für Jugendliche angeboten, in denen Modellraketen gebaut und abgeschossen werden. Wo in Chur ist das nächstgelegene und ausreichend grosse Gelände zu finden? Welcher Motor-Typen sind hier einsetzbar?



Wir haben hier beim eingezeichneten Kreis einen Platz der 232m x 232m gross ist und damit können wir an dieser Stelle bis zu Motoren-Typ D einsetzen.

Es empfiehlt sich sehr vorgängig die Wetterberichte zu studieren vor allem hinsichtlich der zu erwartenden maximalen Windstärke (z.B. bei MeteoSchweiz). Vor allem auf dem Rückweg zur Erde sind die Raketen aufgrund des Fallschirms sehr anfällig darauf davon gewindet zu werden. Es empfiehlt sich Zeit mit Windgeschwindigkeiten < 10m/s zu nutzen.



Aufgabe 4.3: Baue eine Modellrakete (TenSeT)

Lesen bitte die ganze folgende Bauanleitung einmal durch und stelle sicher, dass Du alle Schritte verstanden hast, bevor Du mit dem Bau beginnst.

1. Verknote zunächst die gelbe Kevlar- mit der weißen Gummischnur und mache am anderen Ende der Kevlarschnur einen grossen Doppelknoten.

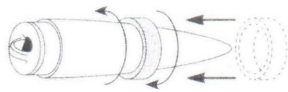
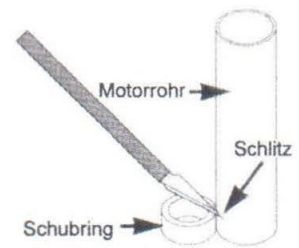


Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

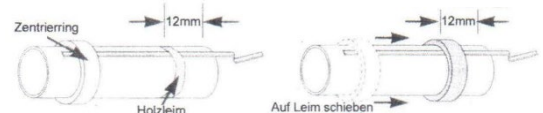
Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

2. Bringe am Motorrohr einen kleinen Schlitz ca. 6 mm vom Ende entfernt an, in den später der Motorhaltebügel eingreift. Für den richtigen Abstand kannst Du den roten Schubring neben das Motorrohr halten.

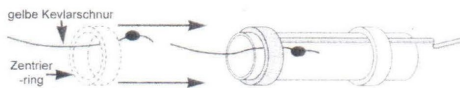


3. Weite die beiden Zentrierringe mit der Raketenspitze ganz leicht auf, dann lassen sie sich besser auf das Motorrohr schieben.

4. Lege jetzt den Haltebügel auf das Motorrohr (abgewinkeltes Ende im Schlitz) und schiebe einen der beiden Zentrierringe vom geschlitzten Ende aus darüber.



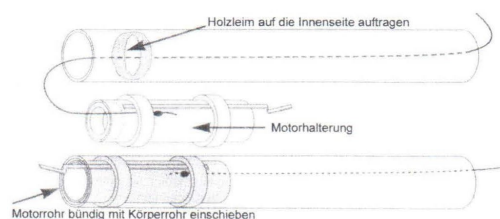
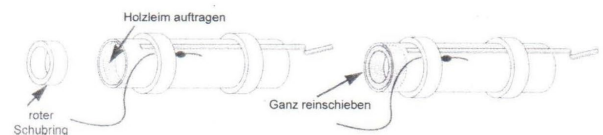
5. Etwa 15 mm vom anderen Ende entfernt wird nun um das Rohr herum ein Streifen Weissleim aufgebracht und der Ring bis über den Leim geschoben. Der Abstand zum Rohrende sollte ca. 12 mm betragen.



6. Stecke jetzt die Kevlarschnur mit dem Doppelknoten durch den zweiten Zentrierring und schiebe diesen auf das geschlitzte Ende des Motorrohrs (Knoten nach unten).

7. In Höhe des Schlitzes wird Weissleim aufgebracht und der Ring so weit verschoben, dass er sich genau über dem Schlitz befindet. Der Bügel wird dadurch zusätzlich gesichert und die Schnur kann durch den Knoten auch nicht herausrutschen.

8. Oberhalb des Schlitzes wird jetzt auf der Innenseite des Rohres Weissleim aufgetragen und der rote Schubring bis zum Anschlag eingeschoben.



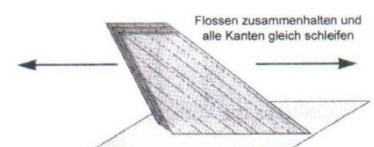
9. Den fertig gestellten Motorträger kannst Du jetzt ins Rumpfrohr einkleben.

Damit die Schnur dabei nicht stört, wird sie vorher durch den Rumpf gezogen.

Trage am Ende auf der Innenseite des Rohres einen Leimring auf und schieben Sie dann zügig den Motorhalter hinein bis beide Rohrenden bündig sind.

In Abb. 4.3 findest Du zwei unterschiedliche Markierungsstreifen für die exakte Leitwerksmontage. Du kannst das Modell mit drei oder vier Flossen ausrüsten und zwischen verschiedenen Flossenformen wählen; diese Entscheidung muss jetzt getroffen werden. Du kannst selbst Flossen gestalten oder einen der Vorschläge auf das Schaumstoffbrettchen übertragen. Das Material lässt sich am besten mit einem scharfen Messer schneiden, das an einem Stahllineal geführt wird. Bitte dabei gut auf die Finger aufpassen!

10. Schneide die Flossen so aus dem Material aus, dass der schräge Rand des Brettchens als Abfall übrig bleibt. Die Klebekante zum Körperrohr sollte parallel zur kurzen Kante des Brettchens liegen, um Verzüge zu vermeiden.

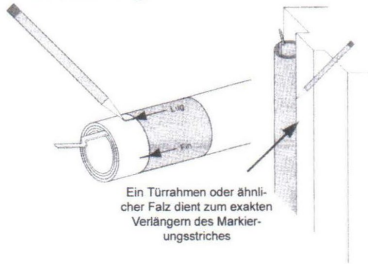


Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Die ausgeschnittenen Flossen werden zu einem Paket zusammengefasst und die Kanten gemeinsam überschleift, damit alle Flossen exakt gleich werden. Lege dazu das Schleifpapier flach auf den Tisch und halte das Flossenpaket mit der Hand zusammen. Die Kanten der einzelnen Flossen (außer der Klebekante zum Rumpf) werden dann noch mit dem Schleifpapier abgerundet.



11. Schneide den gewünschten Markierungsstreifen von Abb. 4.3 aus und wickle ihn eng um das Rumpfrohr, sodass die kleinen Passstriche exakt nebeneinander liegen. Mit wenig Klebstoff oder einem kleinen Streifen Tesafilm wird die Verbindungsstelle gesichert. Achtung: nicht mit dem Rohr verkleben; der Ring muss noch verschiebbar sein, da wir ihn ja für den Bau mehrerer Modelle benötigen.

12. Zeichnen Sie mit dem Bleistift die Lage der Flossen an; die Markierung für das Leitrohrchen sollte sich 10 cm vom Raketenende entfernt über dem Motorbügel befinden. Wenn Sie das Rohr an einen Türrahmen oder ein Winkelprofil anlegen, kann man problemlos die Bleistiftstriche verlängern.

13. Flossen und Leitrohrchen werden jetzt am Rumpf angeklebt. Achten Sie darauf, dass die Flossen exakt parallel zu den Markierungen ausgerichtet werden und im gleichen Winkel vom Rumpf abstehen (von hinten auf das Raketenende blicken).

Je genauer man arbeitet, umso besser werden die Flugeigenschaften.

Nach dem Trocknen sollte man in den Falz zwischen Rumpf und Flossen zusätzlich etwas Leim geben und mit dem Finger glattstreichen; die Verbindung wird dadurch noch stabiler.

14. Um die Spitze passend an das Rohr anzugleichen können die vier Stege auf der roten Spitze mit einem Messer abgeschabt werden. Die Spitze soll so fest sitzen, dass sie nicht raus fällt, aber wenn man hinten in das Rohr reinpustet muss man sie rauspusten können.

15. Das freie Ende der Gummischnur wird jetzt an der Öse der Raketen Spitze angeknötet (Doppelknoten, gut anziehen).

Sollte sich noch ein produktionsbedingter Kunststoffrest in der Öse befinden, kann dieser mit einer anderen Spitze problemlos herausgedrückt werden.

16. Der Fallschirm wird aus der Folie ausgeschnitten und nach der aufgedruckten Anleitung vervollständigt.

Fädeln Sie die drei entstandenen Schlaufen der Fallschirmleinen durch die Öse der Raketen Spitze und ziehen Sie durch diese gemeinsame Schlaufe den Fallschirm.

Durch diese Art der Befestigung kann der Fallschirm leicht ausgewechselt werden.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Hinweis:

Sicherheit: Wir hantieren hier mit Feuerwerk, darum sind alle bisherigen und zusätzlich die im NAR-Kodex aufgelisteten Vorgaben strikt einzuhalten. Jede Rakete muss geprüft werden, ob sie den Kodex einhält, bevor sie abgeschossen wird.



Hinweis:

Alle Verklebungen müssen vollständig durchtrocknen, das dauert in der Regel ca. 12-24 Stunden.

Nachdem die Rakete getrocknet ist, kannst Du die Rakete mit Deinem Namen beschriften.



Hinweis:

Nachdem alle Verklebungen durchgetrocknet sind, kann die Rakete auf Wunsch jetzt lackiert werden:

Drehe eine alte Zeitungsseite zu einer Rolle und stecke sie als «Halter» von oben in das Rumpfrohr.

Am einfachsten erfolgt die Lackierung mit einer Sprühdose, man kann natürlich auch mit Pinsel oder Spritzpistole arbeiten und z.B. die Flossen in einer anderen Farbe lackieren.

Ausserdem kann man das Rumpfrohr auch mit Filzstiften bemalen; für die Kunststoffleitwerke oder die Spitze benötigt man allerdings dann Permanent-Marker.

Eine weitere Gestaltungsmöglichkeit wäre die Dekoration mit Aufklebern.



Aufgabe 4.4: Mache die Modellrakete startklar

1. Fülle ausreichend Schutzwatte ein (Anleitung in der Watte-Verpackung)
2. Packe dann den Fallschirm:
 - a) Fasse ihn in der Mitte und lasse die Rakete daran hängen. Stelle sicher, dass die Leinen nicht verdreht sind.
 - b) Lege die Folie zu einer dreieckigen Spitze zusammen.
 - c) Klappe die Spitze einmal nach unten zu den Leinen.
3. Schiebe nun zuerst die restliche gelbe Kevlarschnur und die Gummischnur auf die Watte in das Raketenrohr, danach die zusammengefaltete Seite des Fallschirms.
4. Die Fallschirmleinen auf den Fallschirm legen und die Raketen spitze aufsetzen.



5. Am unteren Ende der Rakete wird jetzt der Motor eingeschoben (die Haltefeder muss hinter dem Motor einrasten) und mit Elektrozünder oder Zündschnur versehen.



6. Schiebe das Modell mit dem

Führungsröhrchen auf die Startrampe bzw. einen Startstab (z.B. Schweißstab mit Durchmesser 3mm, 1 m lang) und schließen Sie ggfs. Ihr Zündgerät an; die Rakete

ist jetzt flugbereit.



Hinweis:

Achte darauf, dass die Spitze leicht abgestoßen werden kann (keine Leinen einklemmen!)

Ob das Bergungssystem auch im Flug richtig ausgelöst wird, kann ganz einfach ausprobiert werden, indem Du die Rakete waagrecht hältst und von hinten kräftig hinein bläst. Die Spitze sollte sich jetzt lösen und Fallschirm und Schutzwatte müssen herausgeblasen werden.



Hinweis:

Sollte die Zündschnur herausfallen, kann man ein Ende mit dem Fingernagel etwas aufweiten.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

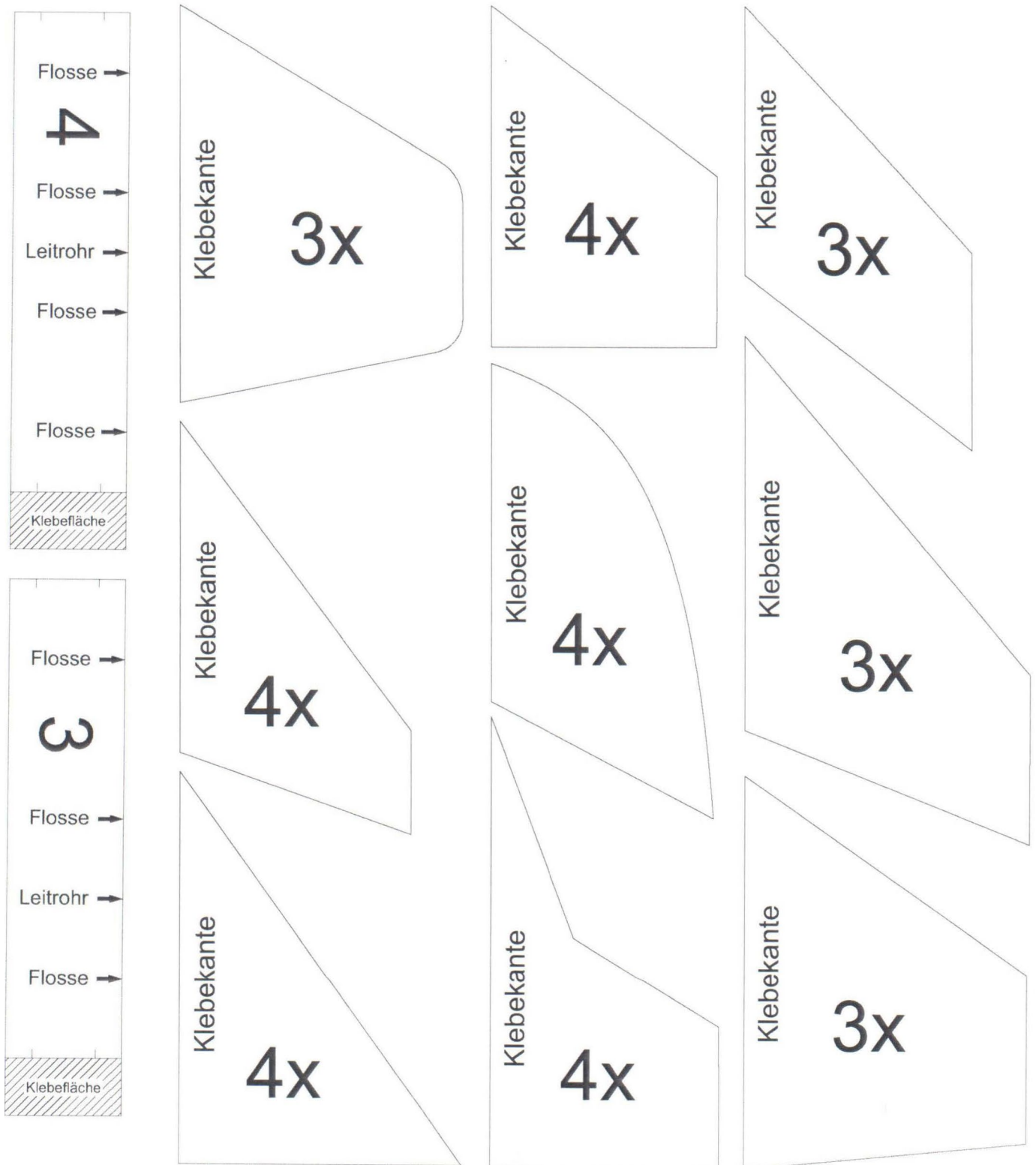


Abbildung 4.3: Verschiedene Flossenschablonen und Markierungshilfen für Modellrakete

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.



Zusammenfassung:

Wir kennen nun den Aufbau eines Raketenmotors sowie die anderen Komponenten aus denen eine Modellrakete besteht (Fallschirm, Flossen). Wir wissen wie eine Modellrakete gebaut wird und auf was zu achten ist, besonders in Bezug auf den NAR-Kodex.

Wir haben auch gelernt, dass eine Videoanalyse um die maximale Flughöhe zu bestimmen nicht sinnvoll ist, da die Rakete nicht nur auf der Startrampe sondern auch noch einige Sekunden danach beschleunigt.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

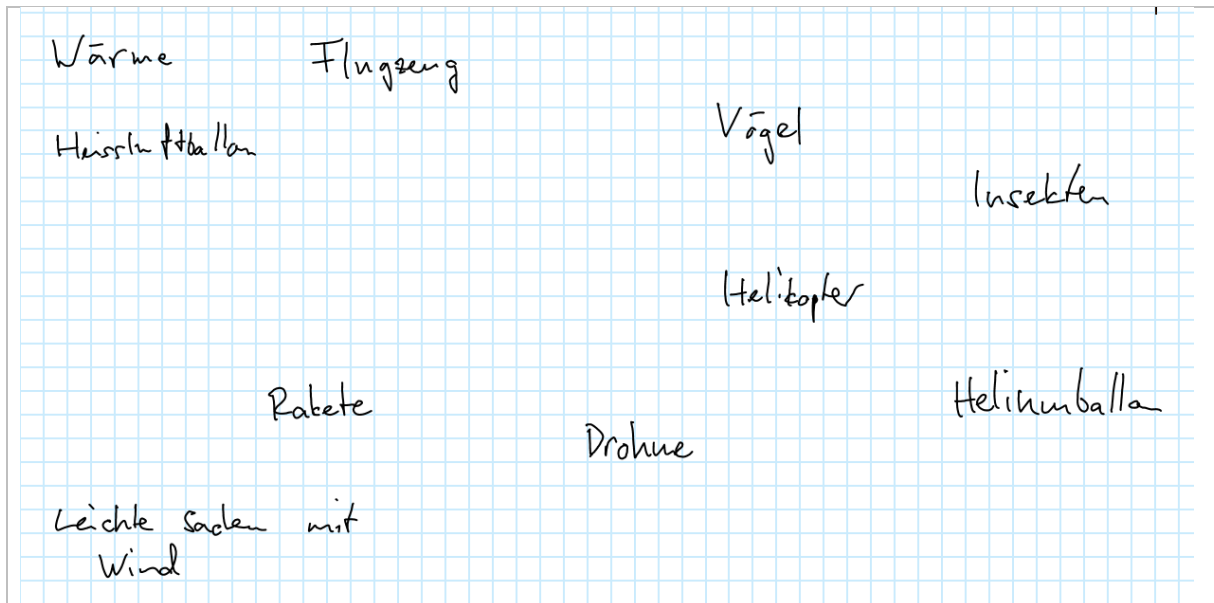
Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

6 Lösungen und Hinweise zu den Aufgaben

6.1 Die Maximale Flughöhe

Vielen Aufgaben sind Aufzählungen und haben darum keine richtige oder vollständige Lösung, hier werden Beispiele dazu gezeigt.

Aufgabe 1.1: Was kennt Ihr, das fliegen kann?



- Flugzeug
- Hubschrauber
- Drohne (z.B. Multikopter)
- FlyBoard
- Heissluftballon
- Wetterballon (Stratosphärenflug)
- Gleitschirm (mit Motor)
- Teebeutel
- Filmdose
- Auto
- Fische

Aufgabe 1.3: Was haben die in Aufg. 1.2 markierten Objekte gemeinsam? Warum können Sie steigen?

- Objekte die Steigen können haben irgendeine Form von Antrieb. Entweder als Motor & Propeller, Triebwerk oder als Abschussvorrichtung/Katapult die/das am Boden zurückbleibt.



Exkurs: Zur groben Höhemessung von Objekten existieren viele Möglichkeiten, eine andere sehr einfache ist das Objekt mit anderen in der Nähe zu vergleichen.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Ist das Objekt begehbar, z.B. ein Gebäude – für unsere Raketen ist dies natürlich nicht der Fall – dann sind viele (scherzhaft) kreative und physikalisch korrekte Varianten zusammengefasst in der sogenannten «Barometer-Frage». Dies ist eine moderne Sage in Bildung und Wissenschaft. Für die Lösung eines Problems, das eigentlich eine (institutionell) anerkannte Lösung besitzt, werden möglichst unkonventionelle alternative Lösungswege angeboten. Genutzt wird die Barometer-Frage u. a. als Anekdote, um für Kreativität und Querdenken zu sensibilisieren.



Barometer-Frage
<https://de.wikipedia.org/wiki/Barometer-Frage>

Grössere Rakete können auch einen Höhenmesser an Bord mitführen. Dieser kann elektronisch mit überschaubarem Aufwand gebaut werden und ev. auch zur Steuerung, z.B. Fallschirmzündung am höchsten Punkt genutzt werden. Auch Kameras können auf grösseren Raketen mitgeführt werden.

6.2 Die Anfangsgeschwindigkeit



Aufgabe 2.1: Von was ist die maximale Flughöhe abhängig? Wenn Ihr einen Ball nach oben werft, wovon ist die maximale Flughöhe abhängig? Gibt es etwas das wir messe/bestimmen können, um zu sagen wie hoch ein Gegenstand wie ein Ball oder eine Rakete fliegt?

- Gewicht (Masse)
- Form
- Art des Antrieb
- Geschwindigkeit
- Flugrichtung (fliegt die Rakete geradeaus oder schlingert sie und macht Schlaufen wie ein Ballon der losgelassen wird)



Aufgabe 2.2: Stellt Euch vor Ihr sitzt auf eine Schaukel und schwingt so stark und hoch hin und her wie möglich. Könnt Ihr beschreiben, wie die Bewegung verläuft, während Ihr von einer Seite auf die andere schwingt? Beschreibt vor allem die Höhe und Geschwindigkeit der Schaukel am höchsten und am tiefsten Punkt der Bewegung!

linke Seite	Mitte	rechte Seite
maximale Höhe (Umkehrpunkt) minimale Geschwindigkeit (Stillstand)	minimale Höhe maximale Geschwindigkeit	maximale Höhe (Umkehrpunkt) minimale Geschwindigkeit (Stillstand)



Exkurs: Das physikalische Prinzip, dass dahinter steht, ist die *Energieerhaltung*, sogenannte Lageenergie (potentielle Energie), die nur abhängig ist von der Höhe auf der sich die Schaukel befindet, wird umgewandelt in kinetische Energie (Energie der Bewegung), die nur von der Geschwindigkeit abhängig ist. An jedem Punkt der Schaukelbewegung ist die Summe beider

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Energien gleich gross also konstant, es wird einfach Energie von der einen Form in die andere umgewandelt. Sehr einfach zusammengefasst ist die Regel; unten schnell, oben langsam.

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/grundwissen/energieerhaltung>

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/versuche/energieskatepark-1-simulation-von-phet>

https://phet.metobox.com/sims/html/masses-and-springs/latest/masses-and-springs_all.html?locale=de



Aufgabe 2.3: Im vorherigen Beispiel wurde doch gesagt, dass eine Rakete, die zu Beginn eine Geschwindigkeit von 1 Meter pro Sekunde besitzt, nur 5cm Hoch fliegt. Kannst Du erklären, warum der Teebeutel höher fliegt?

- Den Hinweis weiter vorne beachten! Wird der Teebeutel am Anfang der Bewegung kurz angestossen, oder wirkt der Antrieb durch die Warme Luft auch noch weiter, während er schon in der Luft ist?
- Letzteres ist der Fall, der Teebeutel hat einen Antrieb der während der ganzen Flugphase wirkt und darum gilt hier die Regel nicht!



Aufgabe 2.9: Kannst Du erklären, warum eine Rakete immer dem Wind entgegen fliegt?

- Das ergibt sich aus dem Windfahnenmodell, die Rakete muss sich immer in Richtung des Windes aus. Bei Windstille gibt es nur den Gegenwind und die Rakete fliegt in die Richtung, in die sie beim Start gezeigt hat. Kommt Wind dazu richtet sie sich mit zunehmender Flugzeit auch noch gegen diesen eher schwachen Wind aus.



Aufgabe 2.10: Falls Deine Rakete instabil ist, versuche sie stabil zu machen und wiederhole Exp. 2.1! Fliegt die Rakete nun höher? Wieviel?

- Sie sollte nun eindeutig höher fliegen, falls nicht war sie davor eventuell schon sehr stabil.

6.3 Das Antriebsmedium



Aufgabe 3.8: Untersuche den Einfluss des Mediums. Was passiert, wenn Du kein Wasser in die Flasche füllst, sondern nur Luft verwenden? Messe die Flughöhe und Startgeschwindigkeit, was fällt auf?

- Wie im folgenden Beispiel anhand von konkreten Messungen gezeigt hat eine Rakete hat die mit Luft angetrieben wird eine geringere Anfangsgeschwindigkeit und fliegt auch weniger hoch.



Exkurs: Das physikalische Prinzip, dass dahinter steht, ist die *Impulserhaltung* sowie *das 2. Newton'sche Axiom*. Da das Medium Luft eine geringere Dichte und damit Masse pro Menge aufweist ist der Impuls kleiner und es wird eine kleinere Kraft übertragen.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

6.4 Der Raketenmotor



Aufgabe 4.1: Ist eine Videoanalyse, um die Geschwindigkeit und daraus die maximale Flughöhe zu bestimmen zulässig? Führt das zu korrekten Resultaten?

- Nein, wie schon zuvor gesagt steht die Anfangsgeschwindigkeit nur dann mit der maximalen Flughöhe in direktem Zusammenhang, wenn die Startphase sehr kurz ist. Eine Modellrakete hat Motoren die typischerweise mehrere Sekunden brennen und darum gilt dies hier nicht.



Aufgabe 4.2: Aus was für Teilen bestehen Modellbauraketen? Was kommt neu dazu im Vergleich zu den bisherigen Raketen?

- Neu:
 - Raketenmotor (Verbrennung)
 - Fallschirm oder ähnliches um sie ohne Schaden wieder auf den Boden zu bringen
- Körper
- Spitze
- Flossen um sie während des längeren Fluges - grössere Distanz - zu stabilisieren

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

7 Kapiteltests für den Lehrer

Testaufgabe 1.1:

Visiere ein festes Objekt mit bekannter Höhe das die Lehrperson Dir nennt an und bestimme die Höhe.

Testaufgabe 1.2:

Sollte die Höhe der Person, die den Tracker hält, zu der Messung der der Höhe der Rakete addiert werden?

Testaufgabe 2.1:

Zeige Deine Rakete der Lehrperson damit sie beurteilen kann wie sorgfältig Du die Rkete gebastelt hast. Besteht die Rakete den Schwingtest?

Testaufgabe 3.1:

...

Testaufgabe 4.1:

...

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8 Anhang

8.1 Hinweise

Lehrer

Alle Inhalte, die hier den SuS präsentiert werden, sind auf höherer Stufe im Physik- und Mathematikunterricht anschlussfähig und bilden wertvolles Vorwissen.

- Kapitel 1: Dem Höhenmesser liegt eine Tabelle der tan-Funktion zu Grunde. Der Trigonometrie-Unterricht folgender Stufen kann hier anknüpfen.

Degree	Tan	Degree	Tan	Degree	Tan
1	0.0174	21	0.3839	61	1.8040
2	0.0349	22	0.4040	62	1.8807
3	0.0524	23	0.4243	63	1.9626
4	0.0699	24	0.4450	64	2.0503
5	0.0875	25	0.4661	65	2.1435
6	0.1051	26	0.4876	66	2.2428
7	0.1227	27	0.5105	67	2.3486
8	0.1405	28	0.5349	68	2.4623
9	0.1583	29	0.5607	69	2.5845
10	0.1763	30	0.5880	70	2.7161
11	0.1943	31	0.6168	71	2.8582
12	0.2124	32	0.6471	72	3.0119
13	0.2306	33	0.6789	73	3.1783
14	0.2489	34	0.7123	74	3.3576
15	0.2673	35	0.7474	75	3.5504
16	0.2858	36	0.7843	76	3.7683
17	0.3044	37	0.8231	77	4.0131
18	0.3231	38	0.8639	78	4.2865
19	0.3420	39	0.9067	79	4.5913
20	0.3610	40	0.9525	80	4.9413
21	0.3802	41	1.0014	81	5.3406
22	0.4000	42	1.0535	82	5.7941
23	0.4204	43	1.1090	83	6.3073
24	0.4415	44	1.1680	84	6.8853
25	0.4632	45	1.2309	85	7.5333
26	0.4856	46	1.2980	86	8.2663
27	0.5097	47	1.3705	87	9.1011
28	0.5355	48	1.4497	88	10.0533
29	0.5629	49	1.5369	89	11.2390
30	0.5919	50	1.6323	90	12.7062

- Kapitel 2: Der Zusammenhang zwischen Anfangsgeschwindigkeit und maximaler Flughöhe kommt vom Konzept der Energieerhaltung. Hier anknüpfen könnte Arbeit, Energie(-erhaltung) sowie auch Kinematik. Die SuS könnten da den formalen Zusammenhang zwischen Höhe und Geschwindigkeit selbst herzuleiten. Weiter auch die $Flugzeit = Geschwindigkeit \div 5$. Der Windrichtungsgeber könnte mit dem Thema Kräfte und Drehmomente fortgesetzt werden.
- Kapitel 3: Der Einfluss des Antriebsmedium kann im Kontext von Impuls(-erhaltung) detaillierter verstanden werden. Auch den Bereich der Dynamik eröffnet sich über das 3..Newtonsche Axiom bzw. Reaktionsprinzip (Actio = Reaction, Actio; Wasser strömt aus Rakete, Reactio; Rakete schießt in den Himmel). Ein klassisches Experiment haben wir mit den Skateboards/Bürostühlen schon kennen gelernt.

Im Rahmen eines weiterführenden MINT-Programms in Kooperation mit Hochschulen könnte ein elektronischer Höhenmesser selbst gebaut werden. Die damit verbunden praktischen und theoretischen Lerninhalten wie Messtechnik können ergänzt werden durch Einstieg ins Thema Funktionsgraph oder Gleichungen und Kinematik indem die gemessenen und tabellierten Werte grafisch als Funktion dargestellt werden. Möglich wären z.B. s-t-, v-t- sowie a-t-Diagramme.

Aus Sicht der Bloom'schen Taxonomie bewegt sich dieses Leitprogramm auf den Stufen 1 bis 3 (Wissen, Verständnis, Anwendung) und kann mit zusätzlichen Anregungen und Erweiterungen bis Stufe 4 (Analyse) ausgebaut werden. Interessierte und talentierte SuS sollten danach fähig sein, selbständig einfache Raketen auslegen und zu bauen. Um dies zu unterstützen, gibt es z.B. Software die bei der Auslegung und Simulation einfacher Raketenmodelle helfen kann.

Denkbar wäre es auch modernen didaktischen Konzepten mehr Platz einzuräumen.

- In hohem Masse ist das kooperative Arbeiten in Gruppen oder Teams durch dieses Leitprogramm impliziert, viele Aufgaben wie z.B. die Höhenmessung sind alleine nur unter erschwerten Bedingungen machbar (und mit schlechteren Resultaten)
- Der Schwingtest für Stampf-Raketen könnte als Productive Failure Aufgabe ausgestaltet werden, allerdings muss dabei vorsichtig abgewogen werden, damit die jungen SuS dadurch nicht schon früh im Leitprogramm demotiviert werden

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

- Der Schwingtest für Wasserraketen könnte als Predict-Observe-Explain Aufgabe präsentiert werden (vor allem wenn zuerst der Druck- und Schwerpunkt bestimmt werden)

Zu beachten ist, dass jüngere Kinder möglicherweise Schwierigkeiten haben bei der präzisen Winkelmessung mit dem Höhenmesser. Der Einfachheit halber runden Sie die Messungen auf die nächsten 5 Grad und lesen Sie die erreichte Höhe direkt vom Höhenrechner ab.

Die Schüler sollten das Messen von Winkeln und die Verwendung mit dem Rechner an Objekten mit bekannter Höhe wie einem Gebäude oder einem Fahnenmast üben, bevor sie die Höhe berechnen.

Für Modellraketen verwenden wir hier die «TenSeT Gruppenbausätze» (10 Raketen pro Packung) von Raketenmodellbau Klima GmbH (siehe Anhang) weil die nur die nötigen Materialien bereitstellen und möglichst wenig Arbeiten oder Zwischenschritte vorwegnehmen. Sollte die Zeit beschränkt sein, oder die SuS nicht so geübt im Basteln können «Quick and Easy Sixpack (Maxi)» (6 Raketen pro Packung) verwendet werden.



Dokument

Das hier vorliegende Dokument ist das Resultat langjähriger Bemühungen im MINT-Bereich. Viele der Unterrichtseinheit hier werden in den USA von der NASA und anderen in der Jugendförderung im STEM-Bereich seit Jahrzehnten umgesetzt.

In der Schweiz und hier insbesondere im Zyklus 1 & 2 des neuen Lehrplans sind zwar solche Interventionen angedacht, aber es fehlt nach wie vor an zielgruppengerecht aufgearbeiteten Unterlagen zur Unterrichtsdurchführung. Darum richtet sich dieses Dokument vor allem an Lehrpersonen die Themen aus dem MINT-Bereich vermehrt in Ihren Unterricht einfließen lassen möchten und damit für Ihre SuS die Türe zu Konzepten und Themen der höheren Schulbildung aufstossen möchten.

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8.2 Mediothek für die Schüler

- Flugzeug:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=zW28Mb1YvwY>
- Hubschrauber:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=JBsgXnhEpiA>
- Drohne:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=EBVBalYvxW4>
- FlyBoard:
 - o https://www.youtube.com/watch?v=nsgx_1Mcprw
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=VYjRJJjvYzU>
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=0JhUSu8v2N4>
- Heissluftballon:
 - o https://www.youtube.com/watch?v=PO-gQ_l2LY4
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=nTjVnyFJA2A>
- Wetterballon (Stratosphärenflug):
 - o https://www.youtube.com/watch?v=5jkCC8W_LVI
- Gleitschirm (mit Motor):
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=wuhSRdfuDw>
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=WpF2ubPI-rw>
- Teebeutel:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=wpq5LS0gqt4>
- Filmdose:
 - o https://www.youtube.com/watch?v=EevhnxTN_hU
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=z2DME7JZwVA>
- Auto:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=RBW1aK4NT-o>
- Fische:
 - o <https://www.youtube.com/watch?v=GGHoGgQQ6Zo>

<https://www.youtube.com/watch?v=fd7D1LWzWmo>
<https://www.youtube.com/watch?v=Y3HOd9W98HA>

...

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8.3 Benötigte Hilfsmittel

Hier finden sich die benötigten Hilfsmittel und Materialien. Diese Liste ist gedacht für die Lehrperson, um den Unterricht vorzubereiten.

Wir werden für verschiedene Raketen PET Flaschen benötigen. Die SuS sollten je 2 bis 3 PET-Flaschen mitbringen, diese sollen:

- möglichst gross (1.5 bis 2 L) und zylindrisch geformt sein (keine Cola Flasche oder ähnliches)
- nicht platt gedrückt sein
- ausgespült sein

Während des ganzen Leitprogramms werden die üblichen persönlichen Hilfsmittel für die Schule aus der Papeterie gebraucht:

- Bleistift (aus Holz, 6-eckig)
- Schere
- Massstab
- Geodreieck (Winkelmesser)
- kariertes Papier (5 oder 4 Millimeter)
- Klebestreifen
- Taschenrechner

In einigen Kapitel werden zusätzliche Hilfsmittel benötigt (pro Klasse zu 25 SuS):

Alle Kapitel

Kisten für Material	10
Verbandskasten	1
Schutzbrillen	30
Wasserfeste Filzstifte	5
Wasser, sprudelnd und still	je 24
Trillerpfeife	2
Taschenlampe	1

Kapitel 1: Die Maximale Flughöhe

Teebeutel (z.B. Kloostergarten von Migros)	30
Feuerzeug	30
Kariertes Papier Block	5
Stücke Faden oder leichte Schnur ca. 20 cm	30
Unterlagscheibe, klein	30
Klebestreifen	5.8
Schere	5
Messer / Cutter	5
Messing-Papierklammern (Altitude Calculator)	30
Bleistift	5
Röhrli mit Bleistiftdurchmesser (6mm)	40

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Massband	5
Optional: Luftballons	10
Optional: Schnur ca. 3 m	10

Kapitel 2: Die Anfangsgeschwindigkeit

Ausreichend Zeit einplanen, um die Rohre für die Rampen zuzuschneiden. Entweder von der Lehrperson vorab gemacht und verpackt den SuS zur Verfügung gestellt oder von den SuS selbst gemacht.

Zeit wird auch benötigt, um gegebenenfalls die Videoanalyse-Software auf den Tablets schon vorzuinstallieren und testen. (Die SuS sollen die Nutzung lernen, nicht die Installation!)

Klappmeter oder wahlweise etwas von bekannter Länge, z.B. 2m lange Holzstangen	15
PET-Flasche	10
Klebeband / Duct tape	5
Spar-Schäler	2
Leim-Stift	5
Mini-Grip Beutel, gross (mind. 50 cm)	
Farbiges Papier Block, dicke/Gewicht?	5
5 Rampen ¹⁾ :	
Rohr KIR M20 2m	4
T-Stück KIR M20 (Packung à 4 Stk.)	2.5
Winkel 45°	10
Tablet mit vorinstallierter Videoanalyse-Software	10

¹⁾ Das Rohr wird am besten als Meterware in einem Heimwerkergeschäft gekauft. Dann nach Bedarf zuschneiden, ev. macht es das Geschäft gratis. Beispiel für ein Zuschnittmuster mit möglichst wenig Ausschuss für 60 Rampen:

- Rohr 1: 4*50 cm
- Rohr 2: 5*36 cm
- Rohr 3: 8*25 cm
- Rohr 4: 5*20 cm, 1* 50 cm, 2*25 cm

Mögliche Händler sind Coop Bau & Hobby (Elektro) und SPAETER (Sanitär).

Kapitel 3: Das Antriebsmedium

PET-Flasche	30
Korken	30
Velo-Ventil - Anfragen bei lokalem Velohändler ob alte kaputte Schläuche vorhanden - Alternativ suchen nach «Auto-Ventil», «Reifenventil KFZ», «WTB Presta Tubeless Ventil», etc.	30
Velo-Pumpe	5
Kunststoff/Karton (Flossen, Spitze)	
Röhrchen/Rohr (Halter für Rampe)	
Schnur, ca. 1 m	30

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Rampe, Holzstäbe	15
Schleifpapier 320-400	
Knetmasse	

Kapitel 4: Der Raketenmotor

Diese Materialien können von verschiedenen Herstellern und Händlern bezogen werden. Zu beachten ist, dass die pyrotechnischen Komponenten (z.B. Motoren und Elektroanzünder) nur von Händlern in der Schweiz gekauft werden dürfen, weil sie Importbeschränkungen unterliegen. Alle anderen Materialien wie Raketen etc. können auch aus dem Ausland (z.B. EU) bezogen werden, sofern der Hersteller in die Schweiz liefert.

Anstelle der unten aufgeführten Artikel können Sie auch sogenannte "Startersets" bestellen, diese beinhalten alle nötigen Komponenten plus ein (weiteres) Raketenmodell. Diese Sets dürfen Sie auch nur von Händlern in der Schweiz beziehen, weil Motoren enthalten sind.

Modellbauraketen TenSeT Gruppenbausätze - https://www.raketenmodellbau-klima.de/Raketenmodellbau/Raketenbausaeetze/TenSeT.htm?ProdNr=1000	3
Bastelmesser / Cutter	
Kreppklebeband	
Holzleim / Weissleim	
Backpapier	
Zeitungspapier (Ständer)	
Karton/Schneidunterlage	
Dekomaterial, Stifte (Bemalen), Sticker, etc.	
Startrampe	2
Elektrischer Zünder	2
Triebsätze/Motoren (A6-4, B6-4)	30
El. Zündkapseln	30
Schutzwolle/-watte	30
Batterien	?
Zündschnüre	30
Feuerzeug	3
Klebeband (normal, krepp)	je 1
Messer	1
Schere	1

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8.4 Als Grundlagen benutzte Quellen

Shearer, Vogt, et al. ROCKETS Educator's Guide with Activities in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2020.
<https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/rockets-educator-guide-20.pdf>

National Association of Rocketry (NAR). Marion.
<https://www.nar.org/>

Rockets For Schools. Great Lakes Spaceport Education Foundation. 2010.
<http://www.rockets4schools.org/>

Robert Klima. Raketenmodellbau Klima GmbH. Emersacker.
<https://www.raketenmodellbau-klima.de/>

Joachim Hertz Stiftung. LEIFlphysik.
<https://www.leiflphysik.de/>

Wikipedia Artikelschreibende. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Online; abgefragt Juni-2023.
<https://www.wikipedia.org/>

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8.5 Zitierte Quellen und Bildquellen

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Rockets: A Teacher's Guide with Activities in Science, Mathematics, and Technology. Teacher Information – Altitude Tracking. EG-108 February 1996.

http://www.wiu.edu/coehs/education/centers/science_education/Altitude_Tracking.pdf

National Association of Rocketry (NAR). Marion.

<https://www.nar.org/>

Christoph Michel. Teebeutelrakete – Experiment. 2020.

<https://www.entdeckerlab.de/blog/teebeutelrakete-experiment/>

California Institute of Technology. NASA Jet Propulsion Laboratory. Teach and Learn Categories especially STEM Activities.

<https://www.jpl.nasa.gov/edu/>

Rockets For Schools. Great Lakes Spaceport Education Foundation. 2010.

<http://www.rockets4schools.org/>

Stephan Bayer et al. sofatur GmbH. 2023.

<https://www.sofatur.com/>

Robert Klima. Raketenmodellbau Klima GmbH. Emersacker.

<https://www.raketenmodellbau-klima.de/>

Apogee Components. Northpark Dr.

<https://www.apogeerockets.com/>

Guest Contributor. Weekend DIY Dad Activity: How to Make a Quick-n-Easy Water Rocket. 2021.

<https://www.artofmanliness.com/articles/weekend-diy-dad-activity-how-to-make-a-quick-n-easy-water-rocket/>

Modellfluggruppe Buchs AG.

<https://www.mg-buchs.ch/index.php/modellflugsparten/modellraketen>

Estes Rockets.

<https://estesrockets.com/>

Karten der Schweiz - Cartes de la Suisse. Das Geoportal des Bundes - Le géoportail fédéral.

www.geo.admin.ch

Joachim Hertz Stiftung. LEIFiPhysik.

<https://www.leifiphysik.de/>

Wikipedia Artikelschreibende. Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Online; abgefragt Juni-2023.

<https://www.wikipedia.org/>

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

Daniel Haldi und Marcel Zemp. Einführung in die Statik. Leitprogramm Physik. 2006. EducETH
- ETH-Kompetenzzentrum für Lehren und Lernen.

<https://educ.ethz.ch/>

Titel: Klicken oder tippen Sie hier, um Text einzugeben.

Ausgabestelle: Wählen Sie ein Element aus.

Geltungsbereich: Wählen Sie ein Element aus.

8.6 Abbildungsverzeichnis

