

Austria

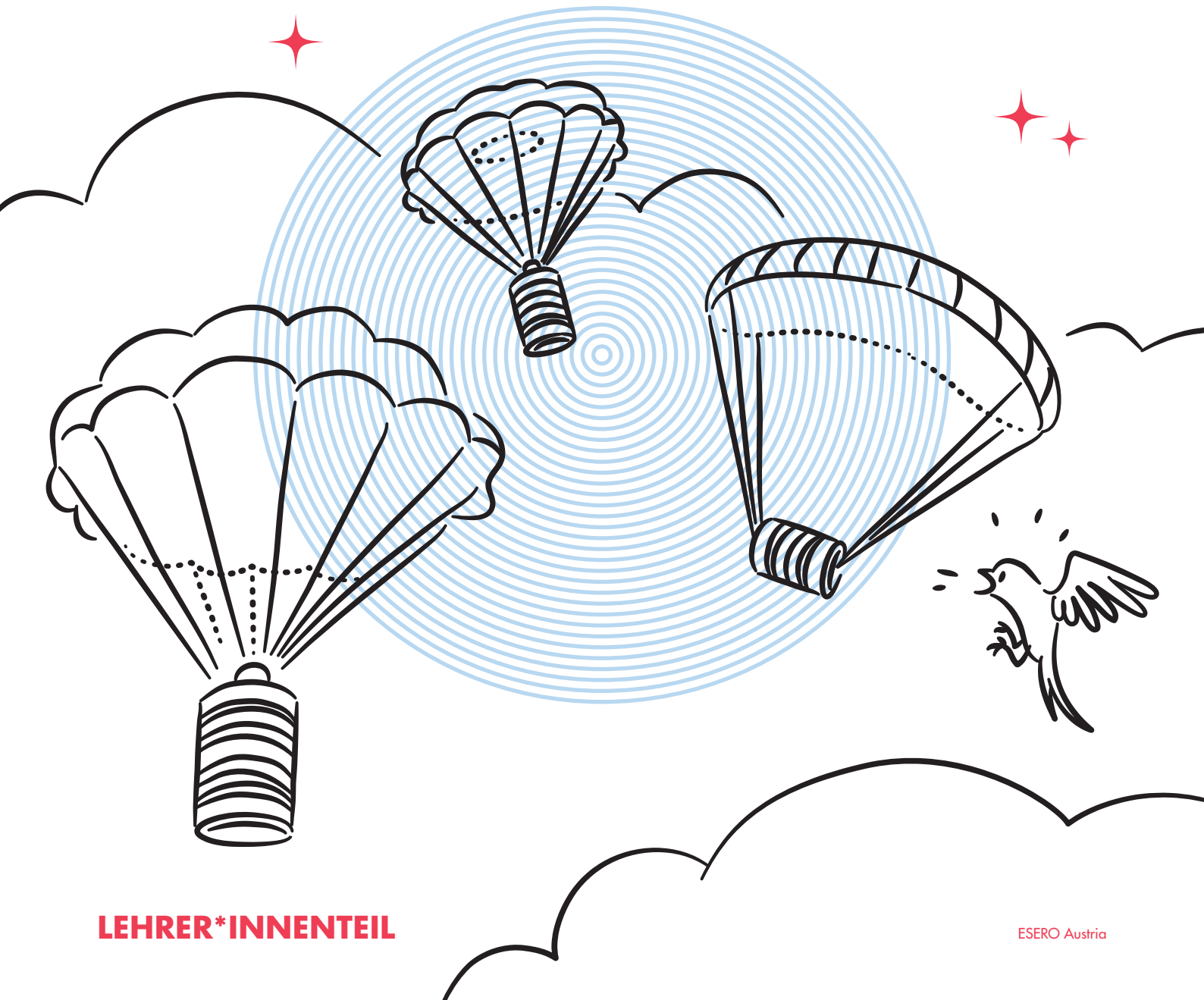


EUROPEAN SPACE EDUCATION RESOURCE OFFICE
A collaboration between ESA & national partners

teach with space

SANFTE LANDUNG - BAUEN SIE EINEN FALLSCHIRM

Eine Anleitung zur sicheren Landung Ihres CanSats



LEHRER*INNENTEIL

ESERO Austria

ENTWERFEN SIE IHREN FALLSCHIRM

Eine Anleitung zur sicheren Landung Ihres CanSats

LEHRER*INNENTEIL

ZUSAMMENFASSUNG, ECKDATEN, ZIELE	3
ÜBERSICHT, EINFÜHRUNG	4
AKTIVITÄT 1 - DER FREIE FALL	5
AKTIVITÄT 2 - DER LUFTWIDERSTAND	6
AKTIVITÄT 3 - DIE BEDEUTUNG VON FLÄCHE UND FORM	8
AKTIVITÄT 4 - DAS RENNEN LANGSAM UND STETIG GEWINNEN	10
LINKS	12

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Ressource gibt den Schüler*innen einen kurzen Überblick über die verschiedenen Optionen, die beim Bau ihres CanSat-Fallschirms zur Verfügung stehen.

Die Schüler*innen lernen die zugrundeliegende Physik von Fallschirmen und deren Design kennen und wie sie die Geschwindigkeit ihres CanSat steuern können.

ECKDATEN

Alter: 14-20

Komplexität: Mittel

Dauer: 120 Minuten

Lehrplanbezug: Physik - Geschwindigkeit, Beschleunigung, freier Fall, Fallbeschleunigung, Endgeschwindigkeit

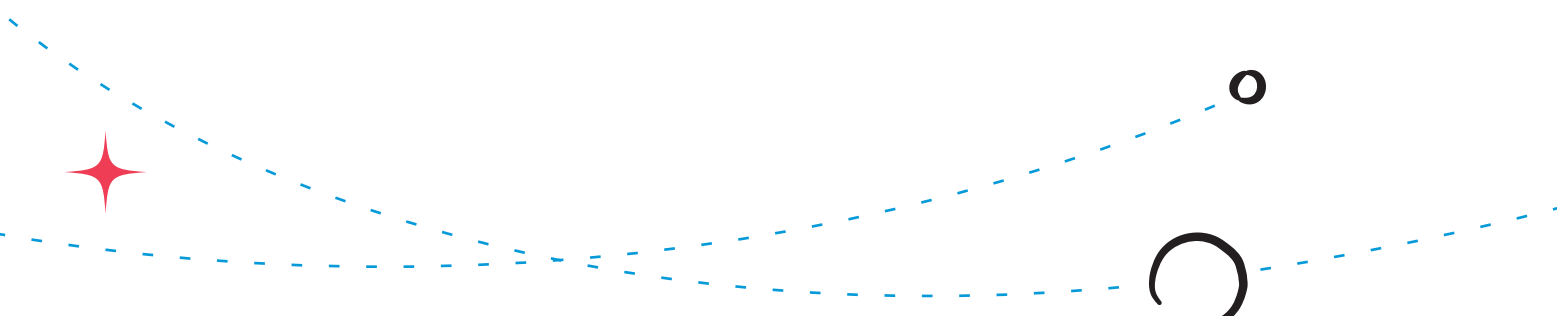
Unterstützende Dokumente: Erste Schritte mit CanSat

Methodik: Forschendes Lernen

Schlüsselwörter: Fallschirm, Luftwiderstand, Schwerkraft, Gewichtskraft, CanSat

ZIELE

- den Unterschied zwischen Gewicht und Masse verstehen
- verschiedene Fallschirmtypen erkennen und deren Design und Konstruktion unterscheiden können
- wissen, warum es wichtig ist, einen Fallschirm zu testen
- das Konzept der Endgeschwindigkeit verstehen
- s-t und v-t Diagramme mit korrekten Einheiten und Beschriftung erstellen können



ÜBERSICHT

ZUSAMMENFASSUNG DER AKTIVITÄTEN					
	Titel	Beschreibung	Ziel	Voraussetzung	Dauer
1	Der freie Fall	Die Schüler*innen führen ein einfaches Experiment durch, um das Konzept der Endgeschwindigkeit zu untersuchen.	Die Schüler*innen können beschreiben, welche Endgeschwindigkeit vorliegt.	keine	25 min
2	Der Luftwiderstand	In dieser Aktivität werden die Schüler*innen in die zugrundeliegende Physik des Fallschirmdesigns eingeführt.	Die Schüler*innen können die wichtigen Faktoren des freien Falls beschreiben.	Aktivität 1	15 min
3	Die Bedeutung von Fläche und Form	Es werden eine Reihe von Fallschirmkonstruktionen und die Folgen, die sie für einen fallenden Körper haben, besprochen.	Die Schüler*innen können ein geeignetes Fallschirmdesign für ihren CanSat erstellen.	Aktivität 1 und 2	25 min
4	Das Rennen langsam und stetig gewinnen	Der Start und die Landung eines CanSats wird genauer untersucht. Die Schüler*innen haben die Möglichkeit, ihren Fallschirm zu testen.	Die Schüler*innen können ein Weg-Zeit- und ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm des CanSats erstellen.	Aktivitäten 1-3. Ein Fallschirm für einen Falltest.	25 min

EINFÜHRUNG

Fallschirme sind ein wesentlicher Bestandteil jeder CanSat-Mission. Es könnte passieren, dass zu wenig Wert daraufgelegt wird, da es sich im Vergleich zu der komplexen Elektronik oft um ein einfaches Stück Stoff handelt; aber das wäre ein großer Fehler! Ohne einen gut gestalteten Fallschirm hat Ihr CanSat möglicherweise zu wenig Zeit, um seine wissenschaftlichen Ziele zu erreichen, oder noch schlimmer: er könnte abstürzen!

In dieser Ressource werden wir die zugrundeliegende Physik einer Fallschirmlandung untersuchen und beginnen, die Entscheidungen zu verstehen, die bei der Auswahl eines geeigneten Fallschirms für eine CanSat-Mission getroffen werden. Am Ende der Ressource sollten Sie sicher sein, dass Sie Ihren CanSat sicher starten und landen können!

AKTIVITÄT 1

DER FREIE FALL

In dieser Aktivität untersuchen die Schüler*innen das Konzept der Endgeschwindigkeit und des freien Falls, indem sie ein einfaches qualitatives Experiment durchführen und Murmeln in Öl und Wasser fallen lassen. Wenn Sie diese Aktivität abschließen, werden Sie beginnen, die Bedeutung der Flüssigkeit/des Gases in der Situation des freien Falls zu verstehen.

Übungen

1. Was ist der zulässige Gewichtsbereich für den CanSat?

Der zulässige Gewichtsbereich beträgt 2,9 bis 3,4 Newton. Ein häufiger Fehler ist, dass die Schüler*innen Masse und Gewicht verwechseln und folglich 300 - 350 g antworten!

2. Das Hammer- und Federexperiment wirft eine interessante Frage auf: Wie würde sich der Start eines CanSats unterscheiden, wenn er auf dem Mond durchgeführt würde?

Auf dem Mond werden die Gravitationseffekte deutlich reduziert, die Schwerkraft beträgt ca. $\frac{1}{6}$ im Vergleich zur Erde! Dies bedeutet, dass viel weniger Kraft auf die Rakete wirkt.

Viele Dinge könnten mit einem Raketenstart auf dem Mond passieren. Wenn die Rakete stark genug ist, hat sie genug Geschwindigkeit, um der Anziehungskraft des Mondes zu entkommen, und könnte in die Umlaufbahn gelangen. Vorausgesetzt, dies ist nicht der Fall, ist auch der Abstieg zur Mondoberfläche sehr unterschiedlich. Da auf dem Mond viel weniger Luft ist, ist der Luftwiderstand geringer. Dies könnte die verringerte Gravitationskraft etwas ausgleichen und zu einer signifikanten Fallgeschwindigkeit führen!

In dieser Frage sollten Sie keine detaillierte quantitative Analyse erwarten, da das erforderliche physikalische Verständnis komplex ist, sondern Sie sollten nach berechtigten Denkprozessen zu einem Verständnis der Hauptunterschiede zwischen der Erd- und der Mondumgebung kommen.

Video - Hammer und Federexperiment am Mond:

www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8

3. Wie ändert sich die Geschwindigkeit der Murmeln, wenn sie den Zylinder hinunterfallen?

Füllen Sie einen Zylinder mit Öl und lassen Sie anschließend Murmeln hinuntergleiten.

Wenn der von den Schüler*innen verwendete Zylinder lang genug ist, sollten die Schüler*innen erkennen können, dass die Murmeln eine Endgeschwindigkeit erreichen. Zunächst beschleunigen die Murmeln, bevor sie kurz mit konstanter Geschwindigkeit fallen, bevor sie den Boden des Zylinders erreichen.

Auch hier soll das Experiment auf qualitativer Ebene gewürdigt werden. Ziel ist es, dass die Schüler*innen visuell erkennen können, dass eine Endgeschwindigkeit während des Falls erreicht wird.

4. Was würden Sie erwarten, wenn Sie das Öl durch Wasser ersetzen würden?

Schreiben Sie Ihre Vorhersage auf und probieren Sie es aus!

Bei Wiederholung mit Wasser sollten die Schüler*innen in der Lage sein, eine erhöhte Fallgeschwindigkeit zu erkennen und eine höhere Endgeschwindigkeit. Dies ist auf geringere Widerstandskräfte des Wassers im Vergleich zum Öl zurückzuführen.

AKTIVITÄT 2

DER LUFTWIDERSTAND

In dieser Aktivität erhalten die Schüler*innen eine Einführung in die zugrundeliegende Physik von Fallschirmen. Die Schüler*innen lernen, wie sie die auf einen Fallschirm einwirkenden Kräfte berechnen und wie sie sich für die richtige Größe des Fallschirms, den sie benötigen, entscheiden. Dies kann berechnet werden, indem das zweite Newtonsche Gesetz berücksichtigt und die im stationären Zustand wirkenden Kräfte ausgeglichen werden. Es ist wichtig, die Vereinfachungen zu beachten, die bei dieser Berechnung vorgenommen werden.

Übungen

1. **Beschriften und benennen Sie anhand Ihres Verständnisses aus dem Murmelexperiment die Kräfte, die während des Abstiegs auf Ihren CanSat wirken, auf den folgenden Bildern.**

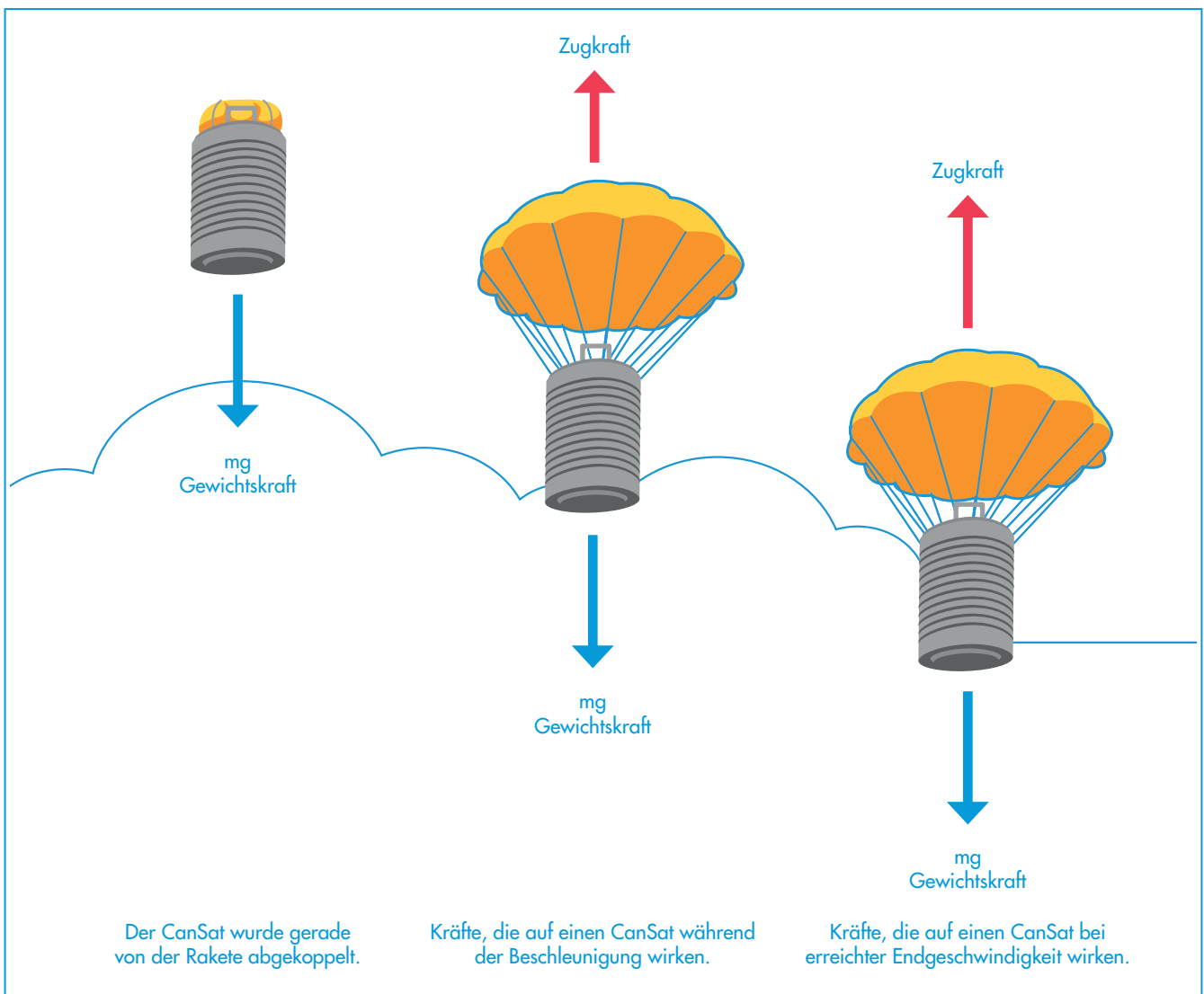


Abb. 1 | Die Kräfte, die auf einen CanSat während des Fluges wirken.

2. Angenommen, die Rakete startet Ihren CanSat in einer Höhe von 1000 m. Gemäß der in den CanSat-Richtlinien vorgeschriebenen Sinkgeschwindigkeit: Wie groß sollte die Zeitdauer zwischen dem Auswurf Ihres CanSats und der Landung sein (ohne Berücksichtigung der Beschleunigungsphase)?

Unter der Annahme einer Entfernung von 1000 m und der vorgegebenen Fallgeschwindigkeit in den CanSat-Richtlinien ($8\text{-}11\text{ ms}^{-1}$) können die Schüler*innen einen Bereich der erwarteten Falldauer berechnen.

Hinweis:

Der Einfachheit halber vernachlässigen wir jede Beschleunigungsphase und gehen von einer konstanten Geschwindigkeit für die gesamten 1000 m aus. In der Praxis wird dies natürlich nicht genau der Fall sein!

Berechnung:

Da $t = \frac{s}{v}$,

folgt für die minimale Falldauer:

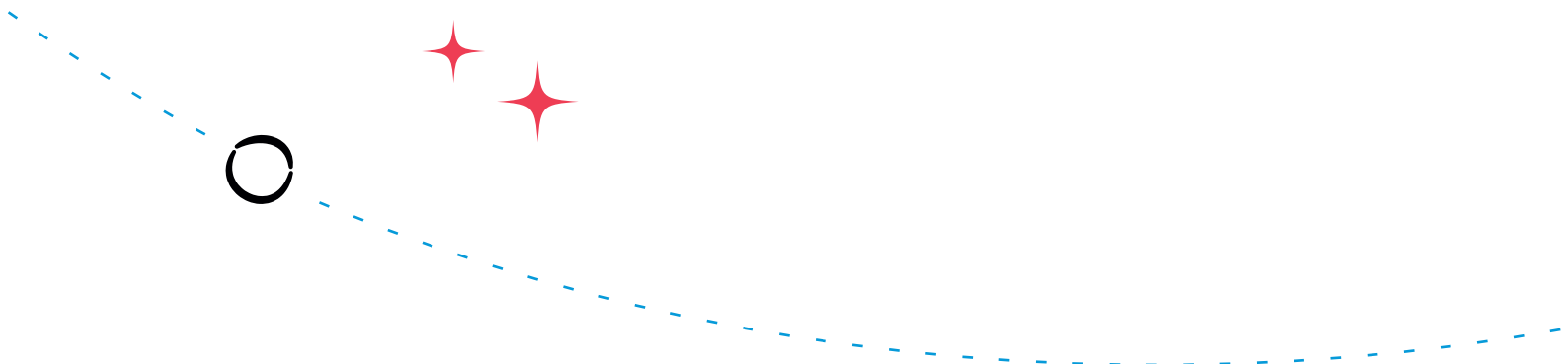
$$t_{min} = \frac{1000\text{ m}}{v_{max}}$$

$$t_{min} = \frac{1000\text{ m}}{11\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 90\text{ s}$$

und für die maximale Falldauer:

$$t_{max} = \frac{1000\text{ m}}{v_{min}}$$

$$t_{max} = \frac{1000\text{ m}}{8\frac{\text{m}}{\text{s}}} = 125\text{ s}$$



AKTIVITÄT 3

DIE BEDEUTUNG VON FLÄCHE UND FORM

In dieser Aktivität werden die Schüler*innen in die wichtigsten Fallschirmtypen eingeführt, die üblicherweise in CanSat-Projekten verwendet werden. Designüberlegungen werden ebenso diskutiert wie die positiven und negativen Aspekte der verschiedenen Designs. Es werden Links zu weiteren Ressourcen bereitgestellt, in denen die verschiedenen Typen ausführlicher erläutert werden.

Übungen

1. Welche Faktoren in Gleichung 3 (siehe Schüler*innenteil) können durch das Design Ihres CanSats geändert werden?

Die Oberfläche des Fallschirms kann geändert werden, indem der Fallschirm kleiner oder größer gemacht wird. Der Luftwiderstandsbeiwert kann mit einem anderen Fallschirmstil geändert werden.

2. Welcher Fallschirmtyp ergibt aus den obigen Luftwiderstandsbeiwerten (Tabelle 1 im Schüler*innenteil) die langsamste Fallgeschwindigkeit? Welcher ergibt die schnellste Fallgeschwindigkeit?

Anhand von Gleichung 3 können die Schüler*innen erkennen, dass der Widerstandsbeiwert umgekehrt proportional zur Geschwindigkeit ist. Je höher der Widerstandsbeiwert, desto niedriger die Fallgeschwindigkeit - das macht Sinn!

Dies bedeutet, dass der halbkugelförmige Fallschirm die niedrigste Fallgeschwindigkeit hat, während der Kreuzfallschirm und der flache Fallschirm die höchste Fallgeschwindigkeit haben.

3. Das Kreuzdesign ist einfach herzustellen, aber die Fallgeschwindigkeit im Vergleich zum halbkugelförmigen Design ist zu schnell. Was können Sie tun, um dies zu verhindern?

Wenn Sie sich noch einmal Gleichung 3 und ihre Bedeutung ansehen, können die Schüler*innen erkennen, dass sie dieses Problem überwinden können, indem sie die Fläche des Fallschirms vergrößern.

4. Formen Sie die Gleichung 3 nach der Fläche A um.

$$mg - \frac{1}{2}c_W\rho Av^2 = 0 \quad | + \frac{1}{2}c_W\rho Av^2$$

$$mg = \frac{1}{2}c_W\rho Av^2 \quad | \cdot 2$$

$$2mg = c_W\rho Av^2 \quad | : c_W\rho v^2$$

$$A = \frac{2mg}{c_W\rho v^2}$$

Die Schüler*innen können dann diese Gleichung verwenden, um die Fallschirmfläche zu berechnen, die erforderlich ist, um eine bestimmte Fallgeschwindigkeit zu erhalten.

5. Nachdem Sie nun die Gleichung 3 nach der Fläche umgestellt haben, können Sie den Bereich der Flächen berechnen, die für die verschiedenen Arten von Fallschirmen möglich sind. Nehmen Sie dabei eine CanSat-Masse von 350 g an. Sie können die Werte in der folgenden Tabelle eingeben (Tabelle 2 im Schüler*innenteil).

Denken Sie daran: Der Bereich der zulässigen Geschwindigkeit beträgt $8-11 \text{ ms}^{-1}$.

Die Schüler*innen sollen die in Übung 4 gefundene Gleichung verwenden, um diese Frage zu beantworten. Zur Berechnung der minimalen und maximalen Flächen können sie die für die Fallgeschwindigkeit angegebenen Grenzen verwenden.

TABELLE 1			
Fallschirmtyp	Widerstandsbeiwert	Minimale Fläche in m^2	Maximale Fläche in m^2
Halbkreisförmig	0,62	0,08	0,14
Kreuz	0,8	0,06	0,11
Flach, sechseckig	0,8	0,06	0,11

Es ist wichtig zu beachten, dass diese Zahlen für unseren vereinfachten Ausdruck gelten. In der Praxis sollten die Schüler*innen ihren Fallschirm testen, um die minimal und maximal zulässigen Flächen zu bestimmen.

6. Wenn Sie Ihren Fallschirm von einem Kreuzfallschirm in einen halbkugelförmigen Fallschirm ändern wollen, welche Variable des Fallschirms sollten Sie so ändern, dass er mit der gleichen Geschwindigkeit wie zuvor fällt?

Die letzte Übung in dieser Aktivität hilft, das Verständnis der Schüler*innen zu festigen. Sie sollten in der Lage sein zu erkennen, dass der Wechsel von einem Kreuzfallschirm zu einem halbkugelförmigen Fallschirm eine Erhöhung des Widerstandsbeiwerts darstellt. Um die gleiche Sinkgeschwindigkeit aufrechtzuerhalten, ist daher eine Verringerung der Fallschirmfläche erforderlich. Die Schüler*innen können einen Schritt weitergehen und die erforderliche Abnahme mithilfe der Gleichung überprüfen; dies ist jedoch nicht unbedingt erforderlich.



AKTIVITÄT 4

DAS RENNEN LANGSAM UND STETIG GEWINNEN

In dieser Aktivität erhalten die Schüler*innen Anleitungen zur Durchführung eines Falltests für ihren Fallschirm. Es ist wichtig, die CanSat-Richtlinien beim Testen des Fallschirms zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass sie den Wettbewerbsrichtlinien entsprechen.

Übungen

1. Tragen Sie in das untenstehende Diagramm eine Kurve ein, wie sich die Höhe mit der Zeit verändern würde, vom Start eines CanSats bis zur Landung, unter der Annahme, dass keine seitliche Geschwindigkeit aufgrund der Stabilität auftritt. Um die Kurve zu zeichnen, überlegen Sie, wie sich die Geschwindigkeit ändert und welche Auswirkungen dies auf die Form der Kurve hat.

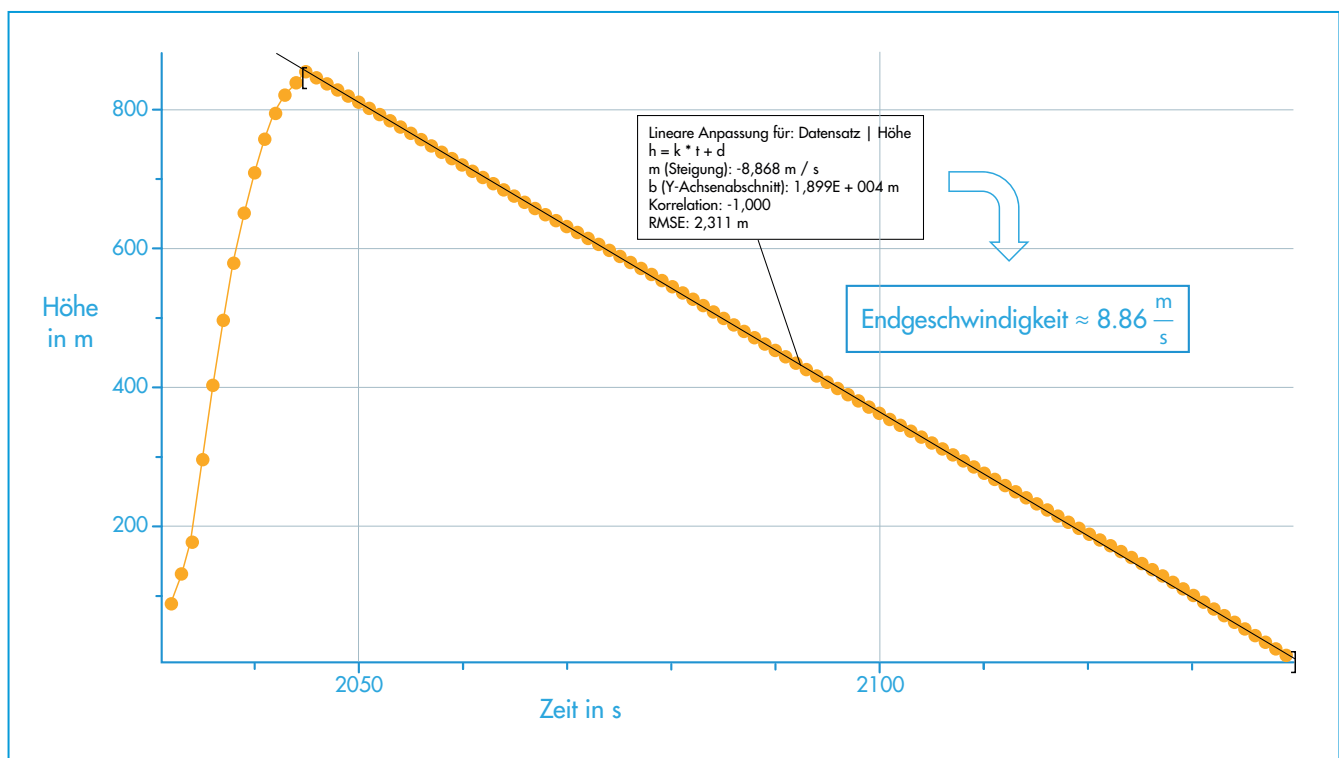


Abb. 2 | Das Höhen-Zeit-Diagramm wurde beim europäischen CanSat-Wettbewerb 2018 vom Team AnaCan Skywalker aus Dänemark vorgestellt

Der erste Teil der Kurve entspricht dem Aufstieg mit der Rakete. Auf ca. 800 m wird der CanSat freigegeben und fällt mit annähernd konstanter Geschwindigkeit (Endgeschwindigkeit) ab. Die Endgeschwindigkeit kann als Steigung der Geraden berechnet werden.

2. Genau wie bei der Höhe zeichnen Sie nun eine Kurve in das untenstehende Diagramm ein, die zeigt, wie sich die Geschwindigkeit des CanSats während des Falls ändert (wir werden den Aufstieg mit der Rakete hier nicht berücksichtigen). Auf diese Weise wäre $t = 0$ der Abwurf des CanSat von der Rakete.

Nachdem der CanSat in maximaler Höhe freigegeben wurde, hat der CanSat einen Moment der Schwerelosigkeit, in dem sowohl Geschwindigkeit als auch Beschleunigung 0 sind. Danach beginnt der CanSat zu beschleunigen (AB), bis die Endgeschwindigkeit erreicht ist. Dank des Fallschirms ist die Beschleunigungsphase extrem klein (vernachlässigbar bei der Berechnung der Geschwindigkeit). Im Rest des Falles hat der CanSat mit dem Fallschirm eine konstante Endgeschwindigkeit (CD).

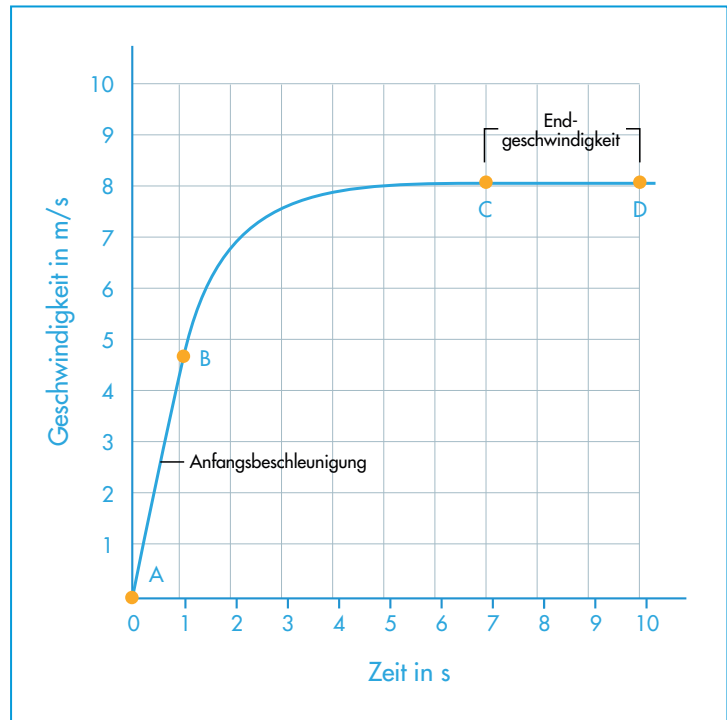


Abb. 3 | Geschwindigkeits-Zeit-Beispieldiagramm von CanSat nach dem Abkoppeln.



Die Fruitychutes Website beinhaltet weitere Informationen zur Gestaltung eines Fallschirms:

https://fruitychutes.com/help_for_parachutes/how_to_make_a_parachute.htm

Informationen über das Design eines Kreuzfallschirms:

<http://www.nakka-rocketry.net/xchute1.html>

Die Mathematik von Fallschirmen (E/D):

[https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes\(Rev2\).pdf](https://www.sunward1.com/imagespara/The%20Mathematics%20of%20Parachutes(Rev2).pdf)

<https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/dual/educeth-dam/documents/Unterrichtsmaterialien/mathematik/gruene-berichte/fallschirmspringer.pdf>

Fallschirmsprung auf der Leifi Webiste:

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/kraefte-beim-fallschirmsprung>

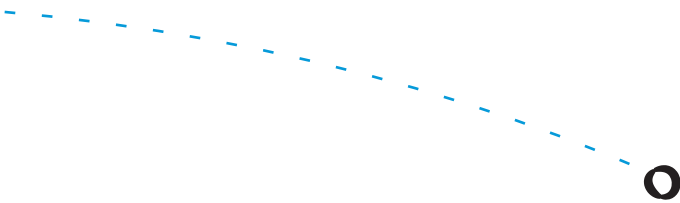
<https://www.leifiphysik.de/mechanik/freier-fall-senkrechter-wurf/ausblick/fallschirmsprung-mit-luftreibung>

Mehr Information zu den unterschiedlichen Fallschirmdesigns:

<http://www.hsl.org.au/articles/parachutes.pdf>

Wikipedia Seite über Fallschirme:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fallschirm>



Was ist ESERO AUSTRIA?

ESERO steht für „European Space Education Resource Office“ und ist ein Projekt der Europäischen Weltraumorganisation ESA und nationalen Partnern in den jeweiligen Mitgliedsländern. In Österreich ist ESERO seit 2016 am Ars Electronica Center in Linz beheimatet. Ziel von ESERO ist es, das Interesse der Jugend an naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Themen zu fördern, wobei die „Faszination Weltraum“ Motivations- und Ausgangspunkt der Aktivitäten ist.

ESERO AUSTRIA bietet jährlich eine Vielzahl von zertifizierten Fortbildungsangeboten für Lehrkräfte im Grund- und Sekundarschulbereich an. Diese werden in Zusammenarbeit mit nationalen Partnern durchgeführt, die bereits in der MINT-Weiterbildung („Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik“) tätig sind. Fortbildungsveranstaltungen für Lehrkräfte werden im Rahmen der Weiterbildungsmaßnahmen offiziell anerkannt.

Zusätzlich bietet ESERO AUSTRIA Wettbewerbe für Schüler*innen im Grund- und Sekundarschulbereich sowie Lehrmaterialien zum Thema Raumfahrt und Weltraumwissenschaften an. Aktuelle Informationen und Hilfestellungen rund um das Thema „Bildung und Raumfahrt“ runden das Angebot ab.

Weitere Informationen über ESERO AUSTRIA finden Sie auf der Webseite www.esero.at.

IMPRESSUM

ESERO Austria
Ars-Electronica-Straße 1, 4040 Linz
esero@ars.electronica.art
www.esero.at

Das vorliegende Material wurde von ESERO Ireland entwickelt und von ESERO Austria für Österreich adaptiert.