

Austria



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

teach with space

ENTWERFEN SIE IHREN FALLSCHIRM

Eine Anleitung zur sicheren Landung Ihres CanSats



SCHÜLER*INNENTEIL

ESERO Austria

ENTWERFEN SIE IHREN FALLSCHIRM

Eine Anleitung zur sicheren Landung Ihres CanSats

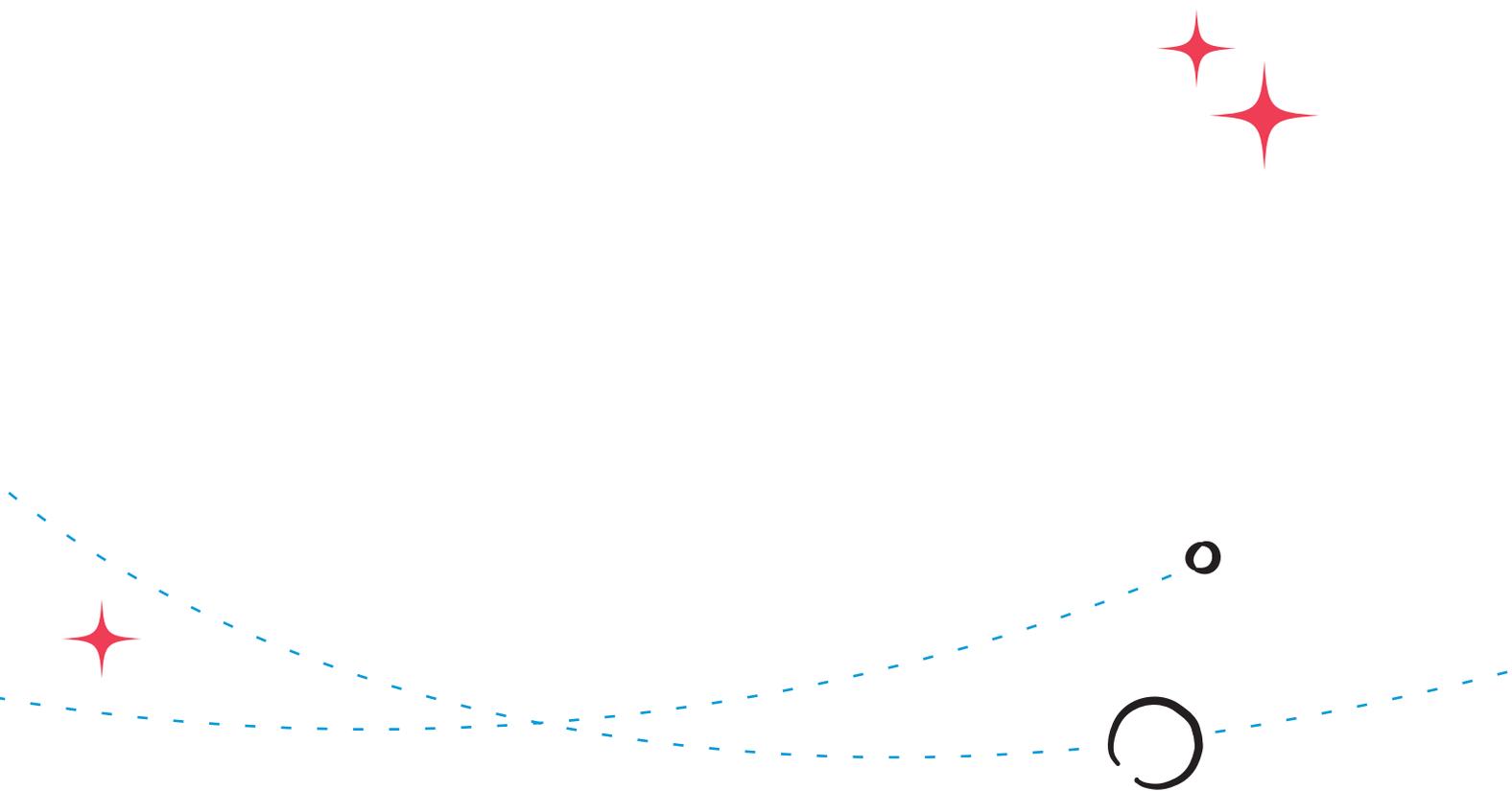
SCHÜLER*INNENTEIL

ZUSAMMENFASSUNG	3
AKTIVITÄT 1 - DER FREIE FALL	4
AKTIVITÄT 2 - DER LUFTWIDERSTAND	8
AKTIVITÄT 3 - DIE BEDEUTUNG VON FLÄCHE UND FORM	11
AKTIVITÄT 4 - DAS RENNEN LANGSAM UND STETIG GEWINNEN	16
LINKS	20

ZUSAMMENFASSUNG

Nach dem Start Ihres CanSats ist es eines der wichtigsten Dinge, dass er sicher landet. Ohne eine sichere Landung kann der CanSat möglicherweise irreparabel beschädigt werden. Der naheliegendste Weg, um eine sichere Landung für Ihren CanSat zu ermöglichen, besteht darin, einen Fallschirm anzubringen, eine Vorrichtung, welche die Geschwindigkeit des fallenden Objekts verringert und zu einer weicheren Landung führt.

Ein Fallschirm hat noch einen weiteren großen Vorteil:
Durch Verringern der Geschwindigkeit des CanSat erhöhen Sie die Zeit, die zum Sammeln der Daten zur Verfügung steht! Wir werden uns nun ansehen, wie ein Fallschirm funktioniert und welche Überlegungen Sie beim Entwerfen und Herstellen Ihres Fallschirms anstellen sollten.



AKTIVITÄT 1

DER FREIE FALL

Die Endgeschwindigkeit ist eines der wichtigsten Konzepte, die wir verstehen müssen, bevor wir über den Bau eines Fallschirms nachdenken. In dieser Aktivität führen wir ein einfaches Experiment durch, um zu verstehen, was Endgeschwindigkeit bedeutet.

Was rauffliegt, muss auch wieder runterkommen.

Alles auf der Erde wird aufgrund der Schwerkraft bzw. Gravitation nach unten gezogen. Die Gravitation der Erde wird durch die Masse der Erde verursacht.

Die Gewichtskraft eines Körpers ist die Kraft, die er aufgrund der auf seine Masse einwirkenden Schwerkraft erfährt:
Gewichtskraft = Masse mal Fallbeschleunigung

$$F_G = m \cdot g$$

Gemäß den CanSat-Richtlinien muss die CanSat-Masse im Bereich von 300 bis 350 g bzw. 0,3 bis 0,35 kg liegen.

Übungen

1. Was ist der zulässige Bereich der Gewichtskraft für den CanSat?

Wenn ein Objekt unter den Einfluss der Schwerkraft fällt, nimmt es an Geschwindigkeit zu bzw. beschleunigt. Auf der Erde ist die Fallbeschleunigung $9,81 \text{ ms}^{-2}$. Stellen wir uns vor, es herrscht ein Vakuum und wir werfen zwei Objekte aus einem Gebäude. Da es keine Flüssigkeit oder Gas gibt, die eine Widerstandskraft ausüben, fallen beide Objekte mit der gleichen zunehmenden Geschwindigkeit (auch wenn sie völlig unterschiedliche Massen haben)!

Diese Tatsache kann nicht intuitiv sein, da auf der Erde die Luft eine Widerstandskraft auf die fallenden Objekte ausübt. So fällt beispielsweise eine Feder langsamer als eine Kugel.

Der Schlüssel dazu ist das Medium, in dem die Objekte fallen - ob Luft, Öl oder Vakuum.

Wussten Sie schon?

Der Astronaut David Scott demonstrierte dieses Prinzip während der Apollo 15-Mondlandung. Er ließ einen geologischen Hammer und eine Feder aus derselben Höhe auf die Mondoberfläche fallen. Da am Mond im Wesentlichen Vakuum herrscht, gibt es wenig bis keinen Luftwiderstand, und so fielen beide Objekte mit der gleichen Geschwindigkeit! Hier können Sie den Hammer und die Feder sehen, die auf der Oberfläche des Mondes hervorgehoben werden.

www.youtube.com/watch?v=KDp1tiUsZw8



Quelle: Ed Hengeveld

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

Untersuchung der Wirkung einer Flüssigkeit auf herabfallende Objekte

Was passiert mit einem Objekt, wenn es in eine Flüssigkeit fällt?
Lassen Sie uns ein kleines Experiment durchführen, um es herauszufinden.

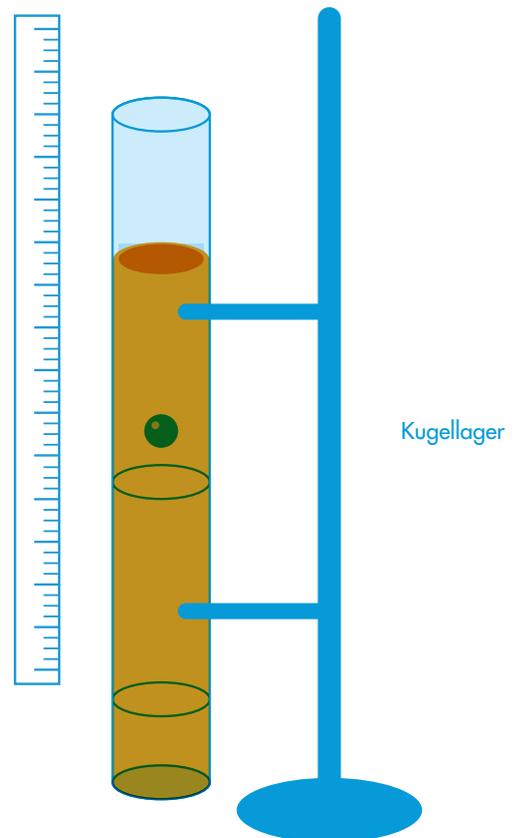
Experiment

Für dieses Experiment benötigen Sie:

- einen Klemmständer
- einen Messzylinder oder ein Glasrohr (je höher und breiter desto besser)
- Öl (Glycerin funktioniert gut) oder Sirup
- ein Lineal
- Kugellager oder Murmeln verschiedener Größen
- Gummibänder
- Eine Stoppuhr (Sie können den Timer Ihres Mobiltelefons verwenden)
- Ein Magnet (wenn Sie Metallkugellager verwenden)
- Wasser

Hinweis:

Wenn Sie einen Glasmesszylinder verwenden, empfiehlt es sich, einen Gummistopfen oder einen Wattebausch innen am Boden des Zylinders anzubringen. Dies verhindert, dass das Kugellager oder die Murmeln das Glas beim Auftreffen zerstören. Der Magnet kann helfen, die Kugellager nach dem Herunterfallen aus dem Zylinder zu ziehen.



Ablauf:

Variante A - Wenn Sie ein iPhone haben:

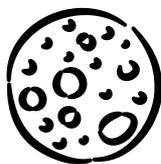
1. Bauen Sie den Versuchsaufbau wie in der obigen Abbildung gezeigt auf.
2. Laden Sie die App ‚Vernier Video Physics‘ herunter:
<https://itunes.apple.com/us/app/vernier-video-physics/id389784247>
3. Nehmen Sie auf, während Sie eine Murmel in den Zylinder fallen lassen.
4. Verwenden Sie die Funktionen der App, um die Geschwindigkeit der Murmeln an jedem Punkt zu berechnen.
5. Wiederholen Sie den Versuch!

Variante B - Wenn Sie ein Android-Telefon haben:

1. Bauen Sie den Versuchsaufbau wie in der obigen Abbildung gezeigt auf.
2. Laden Sie die App ‚VidAnalysis Free‘ herunter:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vidanalysis.free>
3. Nehmen Sie auf, während Sie eine Murmel in den Zylinder fallen lassen.
4. Verwenden Sie die App, um die Geschwindigkeit des Marmors an jedem Punkt zu berechnen.
5. Wiederholen Sie den Versuch!

Variante C - Der altmodische Weg!

1. Bauen Sie den Versuchsaufbau wie in der obigen Abbildung gezeigt auf.
2. Starten Sie die Stoppuhr, während Sie die Murmel in den Zylinder fallen lassen.
3. Stoppen Sie die Stoppuhr, wenn die Murmel eine bestimmte Strecke zurücklegt. Abhängig von der Geschwindigkeit der Murmel sollte dies alle 5 cm möglich sein. Sie müssen diese Messungen wahrscheinlich über mehrere Versuche hinweg durchführen.
4. Verwenden Sie diese Messungen, um die Geschwindigkeit der Murmeln an jedem Punkt zu berechnen.
5. Wiederholen Sie den Versuch!



Übungen

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

4. Was würden Sie erwarten, wenn Sie das Öl durch Wasser ersetzen würden? Schreiben Sie Ihre Vorhersage auf und probieren Sie es aus!

Anders als im Vakuum erreicht ein fallender Gegenstand in einer Flüssigkeit (irgendwann) eine **Endgeschwindigkeit**.

Die Endgeschwindigkeit tritt auf, wenn die Widerstandskräfte, die dem fallenden Objekt entgegengesetzt sind, gleich der Gewichtskraft sind, die auf die Masse des Objekts wirkt.

Ein fallender Gegenstand in der Luft hat viel weniger Kontakt mit umgebenden Partikeln als wenn er durch Öl fällt. Daher gibt es weniger Widerstand gegen seine Bewegung und er kann schneller fallen. Befindet sich der Körper in Luft, nennen wir diesen Widerstand **Luftwiderstand**; Sie sind wahrscheinlich sehr vertraut mit diesem Begriff.

Das Ausmaß des Widerstands (oder der Widerstandskräfte beim Fallen durch andere Medien wie zum Beispiel Öl) hängt ab von:

1. der Dichte des Mediums (ρ)
2. der Geschwindigkeit des Objekts (v)
3. der Querschnittsfläche (A)
4. dem Widerstandsbeiwert (c_w)

Im nächsten Abschnitt werden wir untersuchen, wie all diese Variablen den Fall des CanSats beeinflussen.



AKTIVITÄT 2

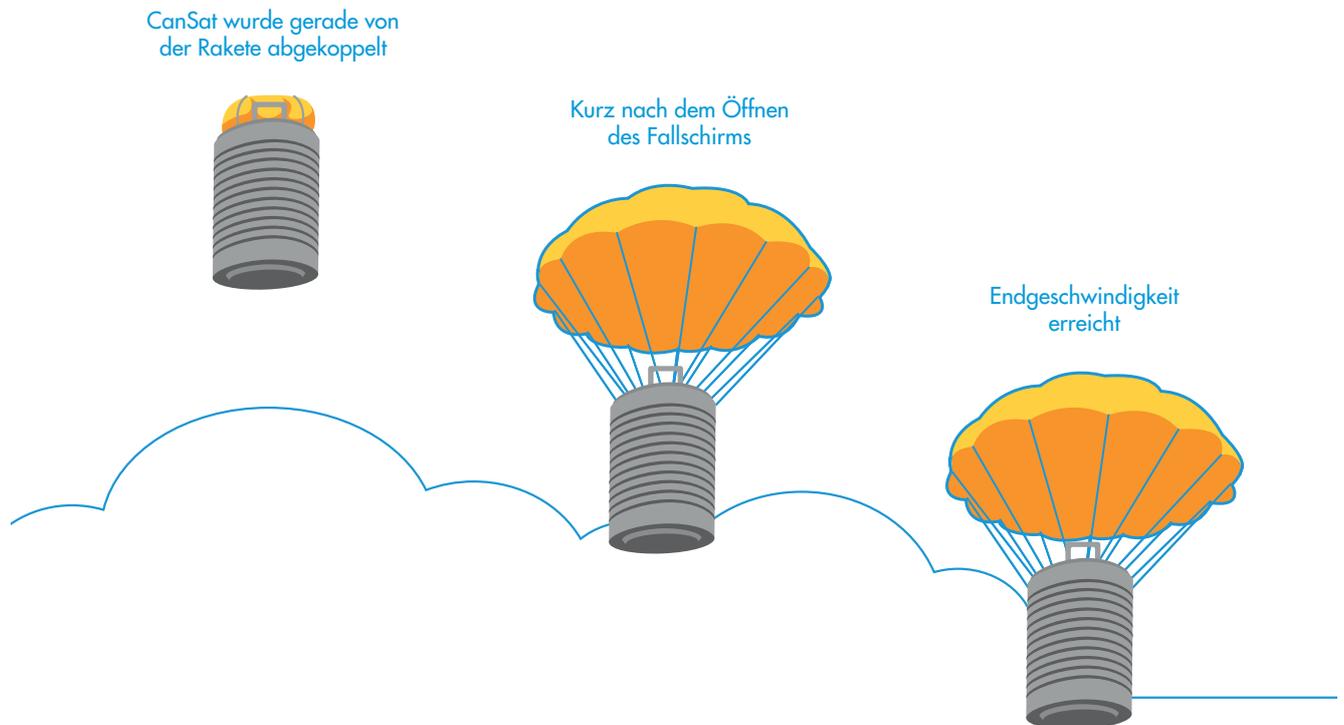
DER LUFTWIDERSTAND

Es gibt Möglichkeiten, die Endgeschwindigkeit in einem Fluid, das nicht sehr viskos ist, (wie z.B. Luft) zu verringern: mit Hilfe eines Fallschirms vergrößert man die projizierte Fläche, die mit der Luft in Kontakt steht.

Übung

1. Beschriften und benennen Sie mit Hilfe Ihrer Erkenntnisse aus dem Murmelexperiment die Kräfte auf den CanSat während des Sinkflugs.

Sie sollten die relative Größe der Kräfte mit der Länge des Pfeils angeben.



Möge die Kraft mit Ihrem Fallschirm sein

Lassen Sie uns nun die an diesem Prozess beteiligten Kräfte analysieren und die Richtung des CanSats (nach unten) als positive Richtung der Kraft auswählen. Die erste Kraft, die uns in den Sinn kommt, ist die Gewichtskraft des CanSats, eine Kraft, die nach unten gerichtet ist (da sie eine Folge der Gravitation der Erde ist).

$$F_G = m \cdot g \quad \text{Gleichung 1}$$

Wobei gilt:

m = Masse des CanSats in kg (typischer Wert: 0,35 kg)

g = Fallbeschleunigung; $g=9,81 \text{ ms}^{-2}$

Wenn der CanSat durch die Luft fällt, erfährt er durch den Fallschirm eine Widerstandskraft (die dem Gewicht entgegenwirkt):

$$F_{wid} = -\frac{1}{2} c_W \rho A v^2 \quad \text{Gleichung 2}$$

Wobei gilt:

A = Fallschirmfläche in m^2

c_W = Widerstandsbeiwert des Fallschirms - dieser Wert hängt von der Form / Geometrie des Fallschirms ab; Beispielwerte sind im nächsten Abschnitt aufgeführt. (keine Einheit)

ρ = lokale Dichte der Luft, angenommen konstant bei $1,225 \text{ kg/m}^3$.

v = Fallgeschwindigkeit des CanSats in m/s

Newtons zweites Gesetz besagt:

$$F_{netto} = \sum F_i = m \cdot a$$

Hinweis:

Beim Fallen wird diese Nettokraft einige Sekunden lang nicht Null sein (sie wird beschleunigen und für kurze Zeit verlangsamen), aber wir werden dies jetzt vernachlässigen, da die meiste Zeit des Fallens der CanSat die Endgeschwindigkeit besitzt.

Dies angenommen, dann ist $a = 0$ und daher $F_{netto} = 0$, wenn die Endgeschwindigkeit erreicht ist. Das gibt uns:

$$\text{Gewichtskraft} + \text{Luftwiderstand} = 0$$

$$F_G + F_{wid} = 0$$

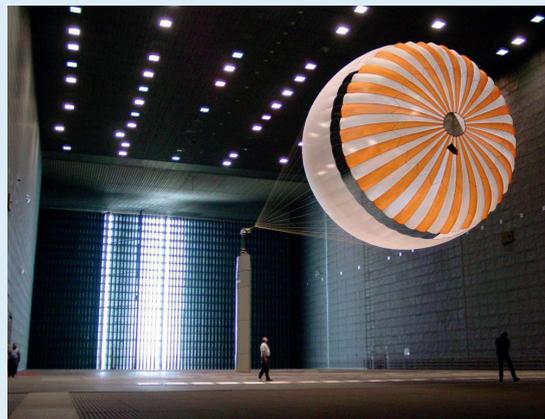
Wenn wir also die Kräfte in der z-Achse ausgleichen, finden wir folgende Gleichung:

$$mg - \frac{1}{2} c_W \rho A v^2 = 0 \quad \text{Gleichung 3}$$

Wenn Sie sich später für das Design Ihres Fallschirms entschieden haben, können Sie diese Gleichung neu anordnen und den Bereich für die Fallgeschwindigkeit auf Grund der Fläche berechnen. Denken Sie daran, wir haben hier einige Näherungen vorgenommen. Sie müssen noch die Sinkgeschwindigkeit Ihres Fallschirms testen und messen!

Haben Sie schon gewusst?

Die Viking-Raumsonde, die 1976 erfolgreich einen Lander auf die Oberfläche des Mars schickte, war auf eine sehr ähnliche Art wie Ihre Fallschirme, die Sie entwerfen werden, gebaut. Die einzigartige Herausforderung, die der Mars darstellte, war seine Atmosphäre. Mit einer Atmosphäre, die weniger als 1 % der Dicke der Erdatmosphäre hat und mit Überschallgeschwindigkeit war ein Fallschirm allein nicht ausreichend, um eine langsame, stabile Landung zu ermöglichen. Um das Problem zu lösen, setzten die NASA-Ingenieure Raketen zur Unterstützung der Landung ein - leider werden Sie nicht in der Lage sein, das Gleiche tun, also müssen Sie Ihr Fallschirmdesign perfektionieren!



Der Fallschirm der Viking-Raumsonde während des Testens.

Gemäß den Wettbewerbsrichtlinien für den CanSat sollte er einige Sekunden nach dem Auslösen des Fallschirms (dh nach dem Start) eine Sinkrate (Endgeschwindigkeit) zwischen 8 und 11 m / s haben. Nicht zu langsam, damit er nicht zu weit vom Startort entfernt ist, und nicht zu schnell, damit er genug Zeit zum Sammeln der Daten hat. Sonst riskiert man eine harte Landung.

Hinweis:

Der Flugplatz kann zusätzliche obligatorische Einschränkungen für den CanSat festlegen.

Übung

- 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)?**

AKTIVITÄT 3

DIE BEDEUTUNG VON FLÄCHE UND FORM

In dieser Aktivität werden wir einige der Grundprinzipien des Fallschirmdesigns betrachten. Wir werden die wichtigsten Arten von Fallschirmen, auf die Sie beim Entwerfen Ihres Fallschirms stoßen, besprechen. Außerdem werden wir die Vor- und Nachteile der einzelnen Fallschirme untersuchen.

Auswahl der Materialien Ihres Fallschirms

Das Auswerfen des Fallschirms ist relativ heftig, daher müssen der Stoff und die Fasern, die Sie verwenden, stark sein. Berücksichtigen Sie, dass die Kraft, die der Fallschirm erfährt (und auch die Nutzlast, an der er angebracht ist), doppelt so hoch sein kann wie die Kraft, die während der Endgeschwindigkeit wirkt!

In dieser Analyse konzentrieren wir uns auf den Einfluss Ihres Fallschirms auf die Endgeschwindigkeit. Sie sollten sich jedoch bewusst sein, dass nicht nur die Endgeschwindigkeit (verstanden als vertikale Geschwindigkeit) wichtig ist: Unterschiedliche Fallschirmkonstruktionen haben unterschiedliche „Stabilitätsleistungen“, und wir müssen auch die Quergeschwindigkeit berücksichtigen. **Im Allgemeinen ist ein Fallschirm umso weniger stabil, je mehr Luftwiderstand vorhanden ist.**

Geeignete Materialien sind Nylonschnüre und Rip-Stop-Gewebe, die in einem Kite-Shop gekauft werden können. Diese Materialien sind ideal für Ihren Fallschirm. Eine Hauptschwäche ist der Befestigungspunkt der Schnur und des Fallschirmmaterials. Verwenden Sie keine Angelschnur. Beim Schneiden des Stoffes sollten Sie berücksichtigen, dass ein Teil des Stoffes eingeschlagen werden muss, um ihn nähen zu können.

Auswählen des Designs Ihres Fallschirms

Schauen wir uns die Gleichung für unseren Fall des CanSats an:

$$mg - \frac{1}{2}c_w\rho Av^2 = 0 \quad \text{Gleichung 3}$$

Übung

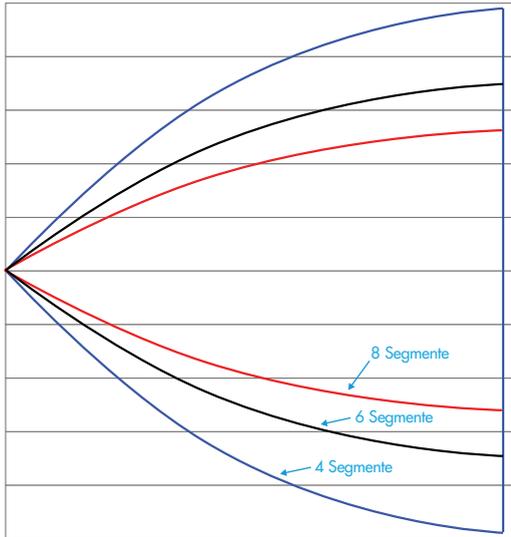
1. Welche Faktoren in Gleichung 3 können zusammen mit dem Design Ihres CanSat geändert werden?

Fallschirmformen

Die einfachsten Arten von Fallschirmen sind das flache kreisförmige Blatt und die kugelförmigen Fallschirme. Das Problem bei diesen Konstruktionen ist, dass sie sich mit Luft füllen und zur Seite kippen, um Luft auszulassen.

Manchmal kann ein Überlaufloch helfen, einen Fallschirm zu stabilisieren. Wir werden kurz einige der verschiedenen Arten von Fallschirmen untersuchen, die Sie für Ihren CanSat entwerfen können.

Halbkugelförmiger Fallschirm



Ein halbkugelförmiger Fallschirm ist wahrscheinlich das Design, das Ihnen sofort in den Sinn kommt, wenn Sie aufgefordert werden, an einen Fallschirm zu denken. Der Stoff bildet eine Halbkugel mit Luft. Es besteht aus Abschnitten bzw. Segmenten. Jedes Segment wird zusammengenäht, um die vollständige halbkugelförmige Form zu bilden. Je mehr Segmente verwendet werden, desto näher kommt die Form einer echten Halbkugel, aber desto komplexer ist die Herstellung.

Der Winkel zwischen den beiden Innenseiten der Segmente nimmt ab, je mehr Segmente Sie hinzufügen. Der Winkel kann mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$360^\circ/n$$

wobei n die Anzahl der Segmente ist.

Hier sehen Sie drei typische halbkugelförmige Fallschirme, die den Abstieg des Orion-Moduls unterstützen. Beachten Sie die verschiedenen Farben. Sie können sehen, wie die einzelnen Segmente zusammenpassen, um die halbkugelförmige Form zu bilden.

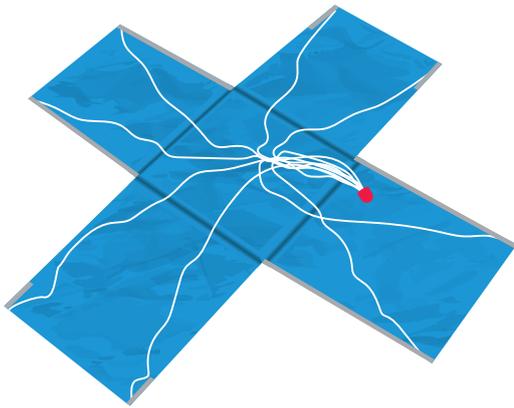
Das Verfahren zum Aufbau eines halbkugelförmigen Fallschirms ist wie folgt:

- Zeichnen Sie zunächst die Form der Segmente am Material nach und schneiden Sie sie aus. Achten Sie darauf, dass der Saum ca. 2 cm lang ist.
- Nähen Sie die Kanten zusammen, um die Fallschirmform zu bilden.
- Nähen Sie abschließend Schnüre an den Fallschirm*, damit er an Ihrem CanSat befestigt werden kann.

* Beachten Sie, dass die Schnüre normalerweise durch die Segmente verlaufen: Die Last (der Luft) wird nicht von den Segmenten selbst, sondern von den Schnüren aufgenommen. In der Regel beginnt eine Schnur am Rand, verläuft entlang eines Segments, geht durch den gegenüberliegenden Segment und kommt zum Rand zurück.



Kreuzfallschirm



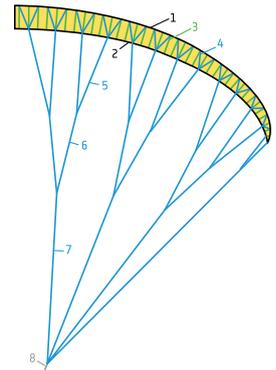
Ein Kreuzfallschirm ist leichter zu nähen als ein halbkugelförmiger Fallschirm, da die normale Form leichter von Hand hergestellt werden kann.

Informationen zur Herstellung eines solchen Fallschirms finden Sie hier:

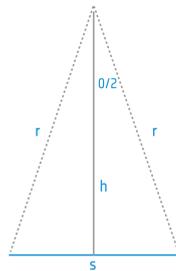
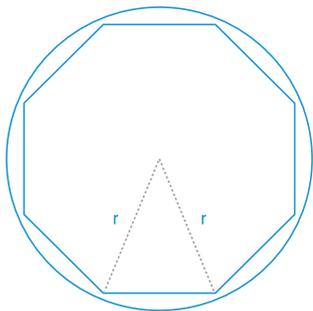
www.nakka-rocketry.net/xchute1.html

Gleitschirm

Sie haben vielleicht schon einmal ein Gleitschirmdesign gesehen, wenn Sie Interesse am Gleitschirmfliegen haben. Der größte Vorteil eines Gleitschirmdesigns ist, dass es möglich ist zu lenken. Es ist jedoch schwieriger zu entwerfen und herzustellen als die oben beschriebenen einfacheren Designs.



Flacher Fallschirm



Flache Fallschirme sind die am häufigsten erhältlichen Fallschirme, die aus flachen geometrischen Figuren wie Sechsecken oder Achtecken hergestellt werden. Die Abbildung zeigt, dass der achteckige Fallschirm aus 8 gleichen Dreiecken besteht.

Dies sind einige Arten von Fallschirmen, die für einen CanSat geeignet sind. Der Widerstandsbeiwert für jeden sind in der folgenden Tabelle angeführt.

TABELLE 1		
Fallschirmdesign	Widerstandsbeiwert c_w	Bemerkung
Halbkreisförmig	0,62-0,77	sehr verbreitet, sehr aufwändig in der Herstellung
Kreuz	0,6-0,8	leicht herstellbar, sehr häufig für CanSats verwendet
Gleitschirm	0,75-1,10	komplizierter Aufbau, gesteuerte Landung möglich
Flach, sechseckig	0,75-0,80	leicht herstellbar, sehr häufig für CanSats verwendet

Wenn Sie Ihren eigenen flachen Fallschirm herstellen möchten, benötigen Sie:

- Geeignetes Material - Rip-Stop-Stoff ist am besten
- Seile / Schnüre zum Verbinden des CanSat mit dem Fallschirm
- Zwirn zum Nähen der Säume und Kanten des Fallschirms und der Schnüre.

Der Vorgang ist ganz einfach. Nehmen Sie einfach Ihren Stoff und schneiden Sie ihn mit einer Schablone in die gewünschte Größe und Form. Lassen Sie am besten einige Zentimeter um die Kante, damit Sie sie umklappen können, um die Struktur zu verstärken. Schneiden Sie die Schnüre auf eine geeignete Länge und nähen Sie sie an den Fallschirm, und schon können Sie ihn testen!

Übung

2. Welcher Fallschirmtyp ergibt aus den obigen Luftwiderstandsbeiwerten die langsamste Sinkgeschwindigkeit? Welcher ergibt die schnellste Fallgeschwindigkeit?

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

Bestimmung der Fläche

Nachdem wir nun die maximale und minimale Geschwindigkeit ($8-11 \text{ ms}^{-1}$) und die unterschiedlichen Luftwiderstandsbeiwerte der verschiedenen Fallschirmtypen haben, können wir die erforderliche Fläche unseres Fallschirms berechnen.

Übung

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

5. Nachdem Sie nun die Gleichung umgestellt haben, berechnen Sie die minimal und maximal mögliche Fläche unter der Annahme einer Masse von 350 g. Berechnen Sie dies für alle vorgestellten Fallschirmtypen. Sie können Ihre Ergebnisse in der folgenden Tabelle eintragen.

Denken Sie daran: Der zulässige Geschwindigkeitsbereich beträgt 8-11 ms⁻¹.

TABELLE 2			
Fallschirmdesign	Widerstandsbeiwert c_w	minimale Fläche	maximale Fläche
Halbkreisförmig	0,62		
Kreuz	0,8		
Gleitschirm	0,8		
Flach, sechseckig	0,8		

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?



AKTIVITÄT 4

DAS RENNEN LANGSAM UND STETIG GEWINNEN

Wenn Sie sich für ein Design für Ihren Fallschirm entschieden haben, müssen Sie ihn unbedingt testen. Während die oben eingeführten Gleichungen Ihnen eine Vorstellung davon geben können, was Sie erwartet, sollten Sie Ihre Entwürfe immer in der realen Welt testen. Bevor Sie dies tun, sollten Sie über den Flug Ihres CanSat nachdenken und darüber, wie sich die auf ihn einwirkenden Kräfte im Laufe der Zeit ändern werden.

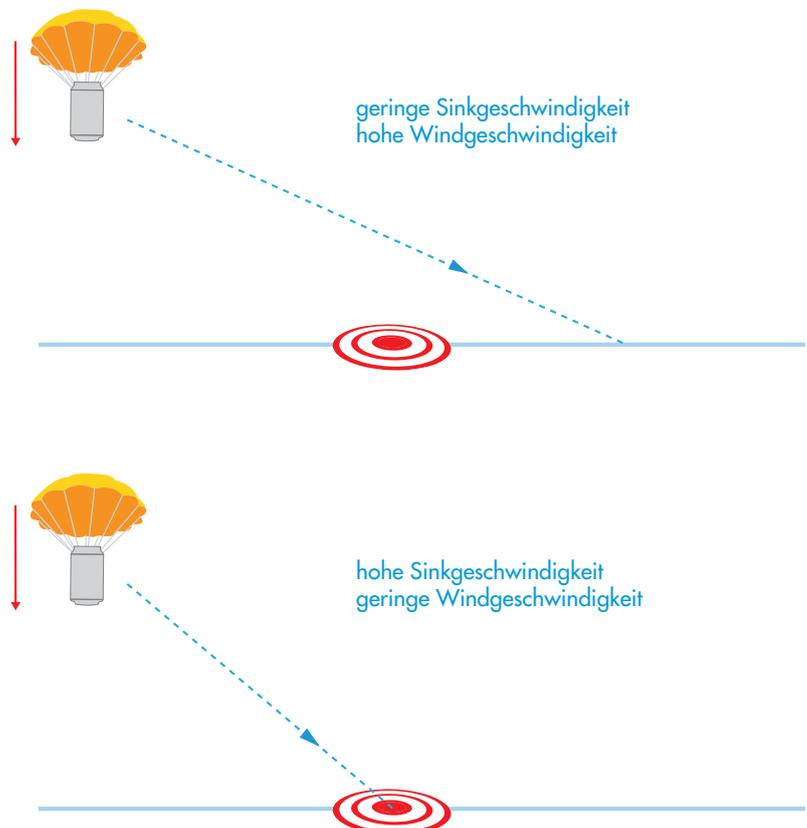
Was rauffliegt, muss auch wieder runterkommen.

Lassen Sie uns zunächst darüber nachdenken, wie sich Höhe und Geschwindigkeit Ihres CanSat während des gesamten Flugs ändern werden. Nachdem wir dies getan haben, werden wir unser gesamtes gewonnenes Wissen zusammenfassen, damit Sie bereit sind, Ihren eigenen Fallschirm zu bauen und zu testen!

Wenn Sie über den Fall Ihres CanSats nachdenken, sollten Sie berücksichtigen, wie sich der Wind auf seine Flugbahn auswirken kann. Wenn der CanSat vertikal fällt, kann ein horizontaler Wind den CanSat in horizontaler Richtung blasen. Berücksichtigen Sie außerdem, dass einige Fallschirmtypen auch ohne Wind (z. B. kreuzförmig) aufgrund ihrer Stabilität eine große Seitengeschwindigkeit erhalten können.

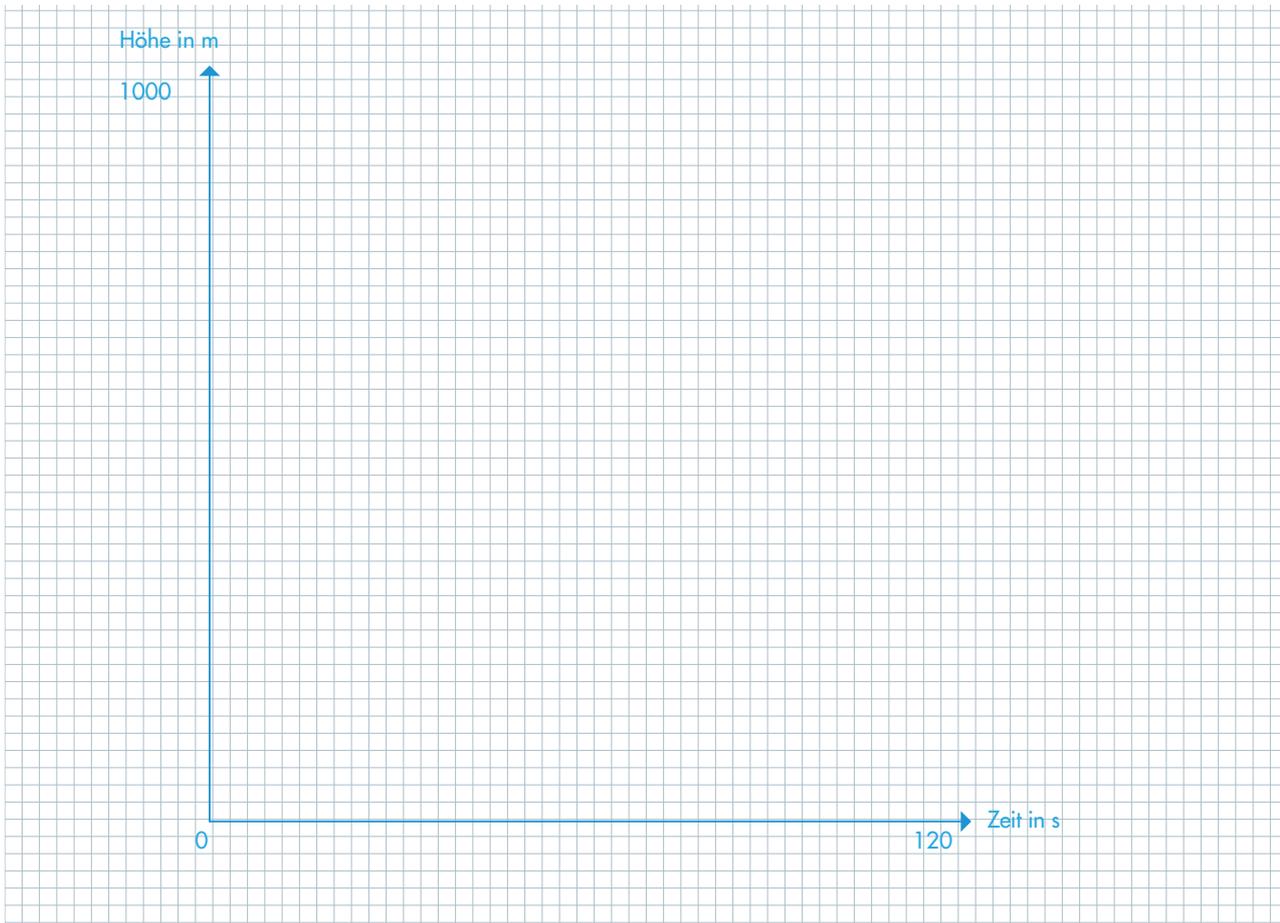
Abhängig von der Geschwindigkeit des Falls und der Windgeschwindigkeit kann dies bedeuten, dass der CanSat an einem Standort landet, der in beträchtlicher Entfernung vom Startplatz ist. Dies ist einer der Gründe, warum die Fallgeschwindigkeit so wichtig ist. Wenn Ihr CanSat zu langsam fällt, kann er vom Startplatz weggeblasen werden und schwer wiederzufinden sein!

Um diesen Effekt deutlicher zu sehen, betrachten Sie das folgende Diagramm.



Übung

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.



Denken Sie daran:

Beim europäischen CanSat-Wettbewerb werden die CanSats in einer Höhe von 1000 m gestartet!

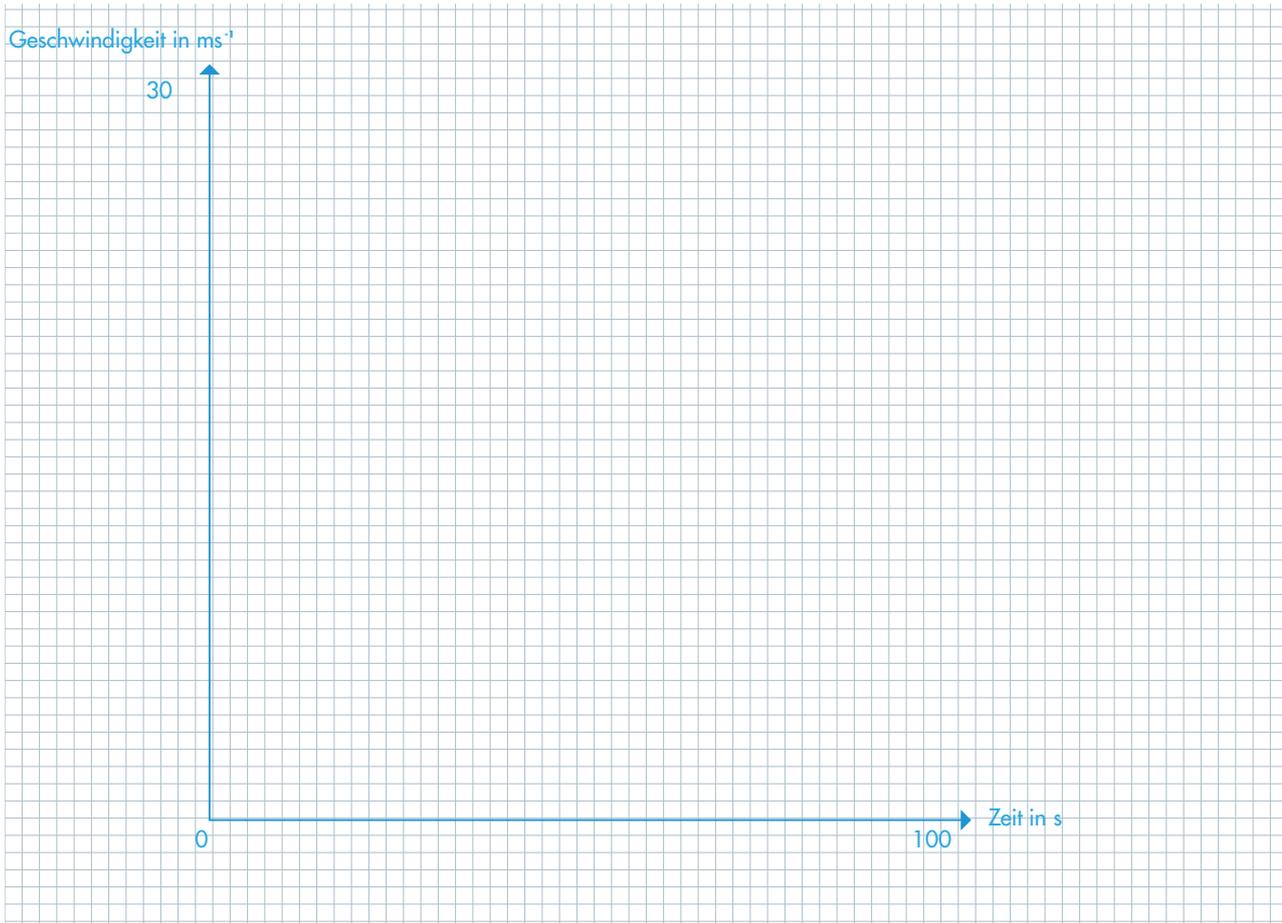
Der wichtigste Teil des Starts ist für uns jetzt der Abstieg vom höchsten Punkt bis zum Auftreffen auf den Boden, da hier der Fallschirm ins Spiel kommt.

Wir werden darüber nachdenken, wie sich die Geschwindigkeit des CanSats während des Falls mit der Zeit verändert.

2. Zeichnen Sie, wie wir es für die Höhe getan haben, eine Kurve in das unten stehende Diagramm, die zeigt, wie sich die Geschwindigkeit des CanSats während des Abstiegs mit der Zeit ändert (wir werden den Aufstieg mit der Rakete hier nicht berücksichtigen). Auf diese Weise wäre $t=0$ der Abwurf des CanSats von der Rakete.

Denken Sie über die folgenden Fragen nach, bevor Sie die Kurve skizzieren:

- Wie hoch ist die Geschwindigkeit des CanSat, wenn er losgelassen wird?
- Wie schnell beschleunigt der CanSat in Richtung Erde?
- Was passiert, wenn sich der Fallschirm öffnet?



Zeit für einen Test?

Nachdem Sie nun ein gutes Verständnis für das Verhalten eines CanSats während des Starts und die Kräfte, die auf ihn wirken, erhalten haben, sollten Sie darüber nachdenken, Ihren Fallschirm zu testen. Damit Sie nicht riskieren, dass die Mühe und die Zeit, die Sie in den Bau Ihres CanSats investiert haben, umsonst waren, sollten Sie den Fallschirm mit einem Dummy-CanSat testen!

Gesundheit und Sicherheit

Bevor Sie mit dem Test beginnen, sollten Sie sicherstellen, dass Sie von Ihrer Lehrperson beaufsichtigt werden.

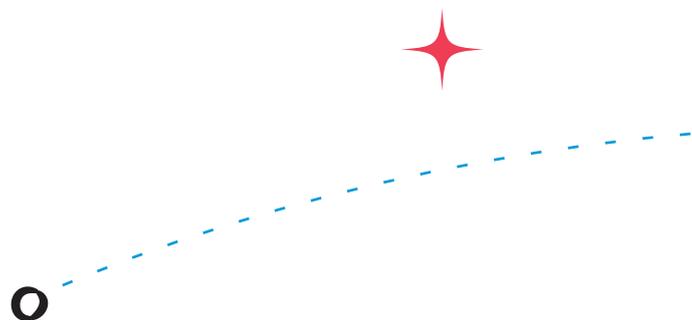
Das Abwerfen des CanSats mit dem Fallschirm aus einer Höhe, z. B. aus einem Fenster im zweiten oder dritten Stock, ist ein guter erster Test für den Fallschirm, aber Sie sollten sich vergewissern, dass der Bereich darunter frei von Passant*innen oder Gegenständen ist, die beschädigt werden könnten!

Mit aufeinanderfolgenden Tests können Sie Ihr Fallschirmdesign verfeinern und die Auswirkungen jedes Aspekts Ihres Fallschirms untersuchen; dies sollte beinhalten:

- Das verwendete Material
- Die Art der Befestigung am CanSat
- Die Fläche des Fallschirms
- Die Art und Weise, wie der Fallschirm gefaltet wird

Wenn Sie sich dem endgültigen Entwurf Ihres Fallschirms nähern, stellen Sie sicher, dass Ihre Testnutzlast mit dem Gewicht und der Größe Ihres tatsächlichen CanSats übereinstimmt.

**Wenn alles mit den CanSat-Richtlinien übereinstimmt:
Gratulation, dann ist Ihr Fallschirm fertig!**



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-bewegungsänderung/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.