

Landen auf dem Mond

Planung und Design einer Mondlandefähre

Kurze Beschreibung

Die Schüler*innen lernen bei der Bearbeitung dieses Arbeitsblattes etwas über Kostenkalkulation und Ressourcenmanagement. Desweiteren lernen sie etwas über die Risiken einer Mondlandung und müssen diese in einer Risikoanalyse selbst einschätzen. Zu guter Letzt lernen die Schüler*innen die Unterschiede zwischen Landungen auf Mond und Erde kennen.

KURZE INFOS

Schulfach: Physik

Altersgruppe: ca. 12-15 Jahre

Art der Aufgaben: Rechenaufgabe, Zeichenaufgabe und Experiment

Schwierigkeitsgrad: Einfach bis mittel

Benötigte Zeit: ca. 2,5 h insgesamt

Kosten: mittel (ca. 10 - 20 €)

Ort: *Klassenzimmer*

Man benötigt: Taschenrechner, Papier, Strohhalme, Marshmallows, Wattebäuschen, Eisstiele, Plastiktüte, Schnur, Klebeband, Scheren, Ballons, 1 Ei (je Gruppe), Waage

Stichwörter: Physik, Risikomanagement

Lernziele

Die Schüler*innen lernen,

- Die Grundlagen einer Mondlandung kennen
- Den Umgang mit Ressourcen im Falle einer Konzeptionierung kennen
- Experimente zu planen und durchzuführen
- Risiken abzuwägen
- Den Unterschied zwischen einer Landung auf dem Mond oder der Erde kennen
- Als Team zu arbeiten

Zusammenfassung der Aktivitäten

Aktivität	Titel	Beschreibung	Ergebnis	Voraussetzungen	Zeit
1	Risikoanalyse und Entwicklung von Vermeidungsstrategien	Ausfüllen der Risikomatrix mithilfe der aufgelisteten Risiken; Entwickeln von 3 Vermeidungsstrategien	Die Schüler*innen lernen es Risiken einzuschätzen und nach ihren Auswirkungen zu bewerten	Keine	Ca. 20 min
2	Konzeptstudie	Design und Konzeptionierung einer Mondlandefähre; Kalkulierung von Kosten	Die Schüler*innen lernen die Kalkulierung von Kosten im Falle einer Planungsphase kennen; Kosten und Gewicht der Mondlandefähre	Aufgelistete Materialien	Ca. 1 Std.
3	Test der Mondlandefähre	Test der Mondlandefähre und Analyse der Ergebnisse	Die Schüler*innen testen die Landefähre und sammeln Daten. Sie berechnen die Beschleunigung und	Abschluss von Aufgabe 1	Ca. 1 Std.

			Geschwindigkeit bei der Landung		
4	Landung auf dem Mond	Vergleich einer Landung auf dem Mond mit einer Landung auf der Erde	Die Schüler*innen lernen die Unterschiede von Mond und Erde, Sie berechnen die Fallbeschleunigung und die Gravitationskraft	Abschluss von Aufgabe 2	Ca. 30 min

Einführung

Grundlagen

Der Mond ist ein Satellit unserer Erde. Er ist von der Erde aus am Nachthimmel gut sichtbar und erscheint im Vergleich zu den Planeten unseres Sonnensystems sehr groß. Dies liegt an der Nähe des Mondes zu unserer Erde und aufgrund eben dieser Nähe eignet sich der Mond auch sehr gut als erster Himmelskörper für die Errichtung einer Station.

Genauso wie die Erde, dreht auch der Mond sich um sich selbst. Außerdem dreht er sich um die Erde. Eine Umdrehung dauert einen Monat.

Auf dem Mond selbst sieht es aus wie in einer Steinwüste. Überall ist Geröll und Staub. Im Gegensatz zur Erde weist der Mond sehr viele Krater auf, die durch den Einschlag von Meteoriten entstanden sind. Die dunklen Flecken, die man auch von der Erde aus auf dem Mond aus machen kann, sind besonders große Krater, die man auch „Meere“ nennt.

Die Atmosphäre auf unserer Erde, also eine Hülle aus Gas um unseren Planeten, schützt uns vor Meteoriten, da diese in ihr verbrennen. Außerdem ermöglicht die Erdatmosphäre, dass wir atmen können. Der Mond hat eine solche Atmosphäre nicht, daher können die Meteoriten ungestört einschlagen und Menschen können auf dem Mond nicht atmen.

Außerdem sind die Temperaturunterschiede auf dem Mond enorm. Ist auf dem Mond Nacht, so kann es bis zu -160 °C kalt werden, am Tag dagegen können die Temperaturen bis auf 130 °C ansteigen. Entsprechend gibt es auf dem Mond auch kein flüssiges Wasser. Dies liegt unter anderem auch am niedrigen Druck auf dem Mond, welcher der Grund ist, weshalb Wasser nur in fester oder gasförmiger Form vorliegen kann.

Auch die Anziehungskraft auf dem Mond unterscheidet sich von der auf der Erde. Sie ist nur rund ein Sechstel so groß wie die auf unserer Erde.

Größe des Mondes:*Die Erde ist ca. 4-mal so groß wie der Mond*

3.475 km

Entfernung zur Erde:

400.000 km

Temperatur an der Oberfläche:

- 160 bis + 130 °C

Oberflächenbeschaffenheit:

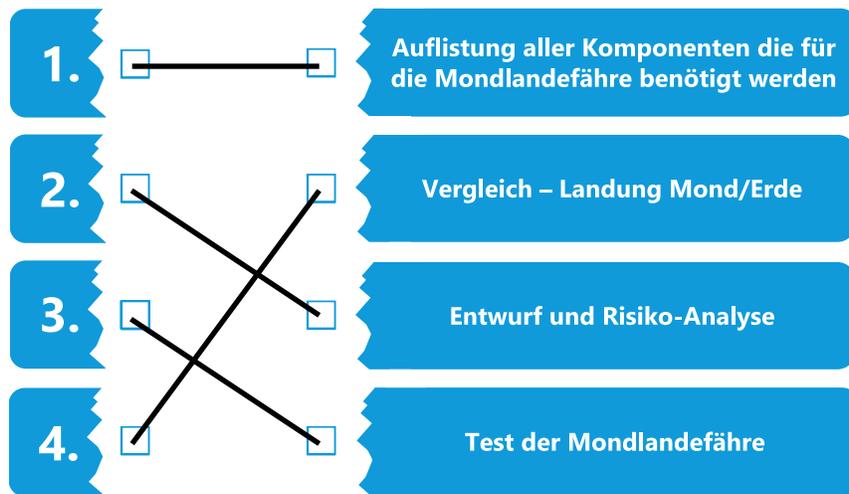
steinig mit vielen Kratern

Anziehungskraft: $\frac{1}{6}$ so groß wie die der Erde**Atmosphäre:***Kein Schutz vor Meteoriten, keine Atmung möglich*

Nicht vorhanden



Vorbereitung



1 – Entwurf und Bau einer Mondlandefähre

In dieser Aufgabe werden die Schülerinnen und Schüler mit einfachen Materialien eine Mondlandefähre entwickeln und bauen. Ziel ist es, eine Landefähre zu entwerfen, mit der ein Astronaut sicher auf dem Mond landen kann. In ihrer Planung müssen die Schülerinnen und Schüler die Risiken einer bemannten Mondlandung beachten und eine Risiko- und eine Konzeptstudie durchführen.

Equipment

- 1x Taschenrechner
- 1x Papier
- 1x Strohhalme
- 1x Marshmallows
- 1x Wattebäuschen
- 1x Klebeband
- 1x Schnur
- 1x Schere
- 1x Ballons
- 1x Eisstiele
- 1x Ei
- 1x Waage

Etc. nach eigenem Ermessen

Lösungen der Aufgaben

		Auswirkungen				
		Unwesentlich	Gering	Mittelschwer	Groß	Katastrophal
Wahrscheinlichkeit	Nahezu sicher		Die Landefähre wird in der Testphase beschädigt	Die Landung erfolgt nicht an der gewünschten Stelle		
	Wahrscheinlich		Eine andere Gruppe hat einen günstigeren/besseren Entwurf	Es kommt zu Verzögerungen	Es kommt zu unerwarteten Änderungen der Anforderungen	Der Ei-Stronaut überlebt nicht
	Möglich		Die Landefähre wird beim Transport beschädigt	Die Landefähre wird sehr schwer	Es kommt zu unerwarteten Budgetänderungen	Die Landefähre wird bei der Landung beschädigt
	Unwahrscheinlich				Einige Materialien sind zu teuer	Kontinuierliche Änderung des Entwurfs führt zu hohen Kosten
	Selten				Einige Materialien sind nicht mehr verfügbar	

Diskussion

Am Ende der Aufgaben bietet es sich an, einige Gefahren der Weltraumforschung zu erörtern. Diskutieren Sie mit den Schüler*innen über die Risiken, einen Astronauten zu verlieren im Vergleich zu den Kosten der Landefähre. Sollte Weltraumforschung in Zukunft nur mit Robotern durchgeführt werden? Bevor Sie zur zweiten Aufgabe (Test der Mondlandefähre) übergehen, sollten Sie eine Definition für einen „überlebenden Ei-Stronauten“ festlegen. Darf das Ei Risse haben? Wann gilt die Mission als erfolgreich?

2 – Test der Mondlandefähre

In dieser Aufgabe sollen die Schülerinnen und Schüler testen, ob ihre Mondlandefähre einen senkrechten Fall übersteht und der Ei-Stronaut überlebt. Die Landung soll dokumentiert werden. Optional können die Gruppen ihre Landung filmen und anschließend ein Videoanalysetool verwenden, um die Beschleunigung zu untersuchen.

Equipment

- 1x *Arbeitsblatt pro Gruppe*
- 1x *Selbstgebaute Landefähre aus Aufgabe 1*
- 1x *Kamera/Smartphone mit Stativ (optional)*
- 1x *Videotracking Programm (optional)*
- 1x *Computer/Smartphone (optional)*

Für Teil 2 benötigen Sie Position und Geschwindigkeit als Zeitfunktion. In dieser Übung analysieren die Schülerinnen und Schüler die Geschwindigkeit und die Beschleunigung während der Landung. Als Beispiel nehmen wir die Daten aus Tabelle 1 in Anhang 3. Die Schülerinnen und Schüler benötigen entweder einen grafischen Taschenrechner oder einen Computer bzw. ein Smartphone mit einem Programm wie Microsoft Excel.

1. Berechnung der Aufprallgeschwindigkeit mithilfe des Graphen „Verschiebung in y-Richtung vs. Zeit“:

Um die Aufprallgeschwindigkeit der Landefähre zu berechnen, können die Schülerinnen und Schüler zunächst die Verschiebung der Fähre in y-Richtung als Zeitfunktion darstellen. Dann sollten sie eine lineare Regressionsanalyse der Daten vor dem Aufprall durchführen (nur für die letzten 10 bis 5 Datenpunkte vor dem Aufprall). Die Steigung dieser linearen Regression entspricht ungefähr der Aufprallgeschwindigkeit. Wenn die Landefähre nicht ihre Endgeschwindigkeit erreicht hat, beschleunigt sie immer noch. In diesem Fall ist diese Methode nur eine Annäherung.

In dem Beispieldiagramm (Abb. 1) beträgt die Aufprallgeschwindigkeit etwa 4,5 m/s.

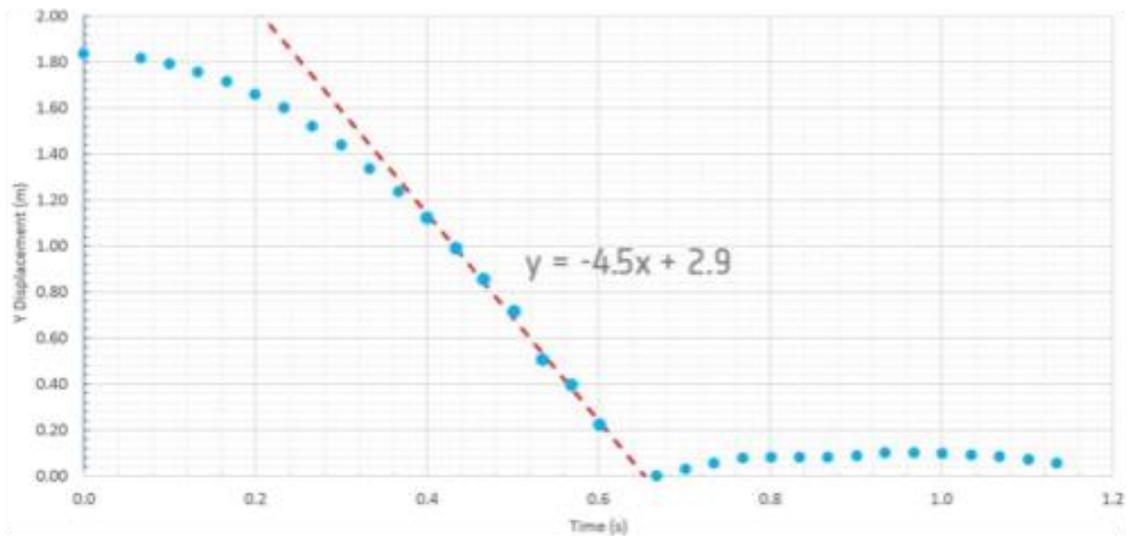


Abbildung 1

2. Ermitteln der Aufprallgeschwindigkeit mithilfe der Geschwindigkeit in y-Richtung vs. Zeit: Eine andere Methode zur Ermittlung der Aufprallgeschwindigkeit ist, die Geschwindigkeit in y-Richtung als Zeitfunktion darzustellen. Die ungefähre Aufprallgeschwindigkeit kann in diesem Graphen ganz einfach als der Punkt erkannt werden, an dem die Geschwindigkeit die Richtung ändert. In Abbildung 2 sehen wir, dass die Landefähre mit einer Geschwindigkeit von etwa 4,8 bis 4,9 m/s auf den Boden aufprallt, was etwa der in Aufgabe 1 berechneten Geschwindigkeit entspricht. Die Geschwindigkeit der Landefähre sollte bis zum Aufprall nicht abnehmen (außer es wird ein Auffangsystem wie zum Beispiel ein Fallschirm verwendet, was hier aber nicht der Fall ist). Die Schwankungen der Datenpunkte nahe dem Aufprall sind wahrscheinlich auf Messungenauigkeiten zurückzuführen.

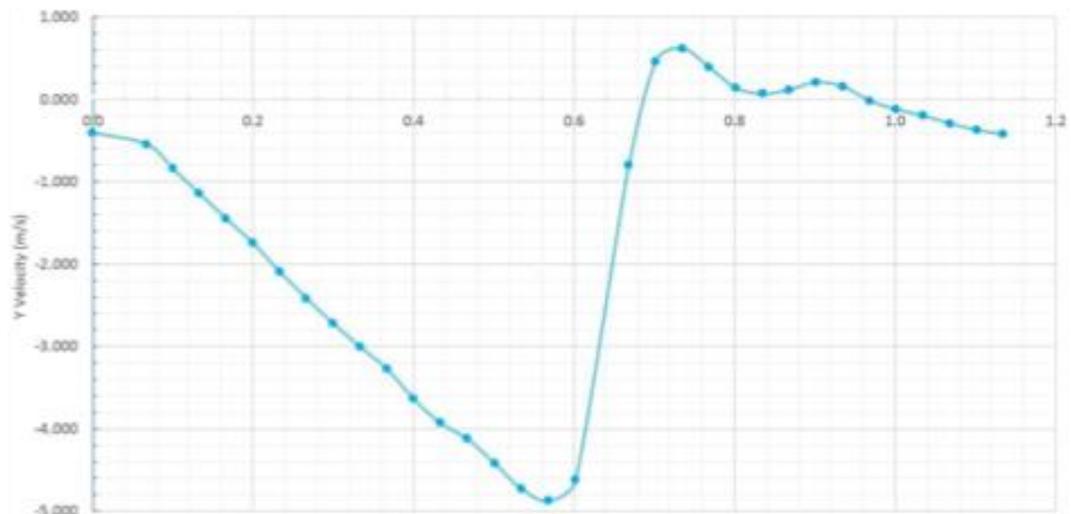


Abbildung 2

3. Berechnung der Beschleunigung mithilfe des Graphen "Geschwindigkeit in y-Richtung vs. Zeit": Um die Beschleunigung der Landefähre zu berechnen, können die Schülerinnen und Schüler eine lineare Regression der Geschwindigkeit in y-Richtung als Zeitfunktion vornehmen. Die Steigung dieser linearen Regression entspricht der Beschleunigung der Landefähre. Unter Verwendung der Beispieldaten aus Abbildung 3, lässt sich die Beschleunigung in y-Richtung als $y = -8,9x$ berechnen.

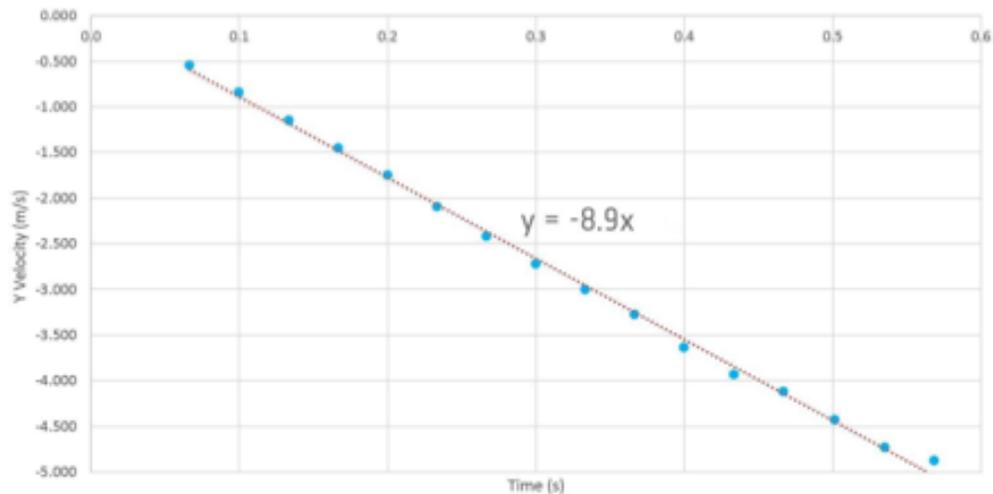


Abbildung 3

Der Einfluss des Luftwiderstands auf die Beschleunigung: Aufgrund des Luftwiderstands der Atmosphäre kommt es zu einer Entschleunigung. Der Luftwiderstand nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu. Wenn die Landefähre von einem viel höheren Punkt fallengelassen würde, wären die Schülerinnen und Schüler in der Lage die Endgeschwindigkeit (konstante Geschwindigkeit) zu berechnen, welche dann eintritt, wenn der Luftwiderstand dem Gewicht entspricht.

Dieser Teil von Aufgabe 2 kann entweder vorgeführt oder als Gruppenarbeit weitergeführt werden – je nach Verfügbarkeit von Computern bzw. Smartphones.

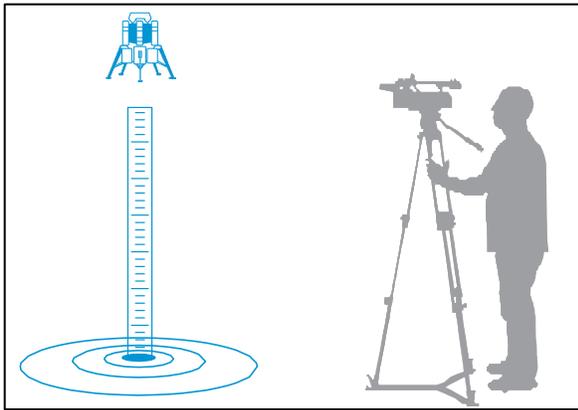
Mithilfe eines Videoanalysetool wird die Flugbahn nachverfolgt. Es gibt verschiedene Programme für diesen Zweck – einige sind kostenlos, andere benötigen eine Lizenz. Wir empfehlen folgende Programme:

- Das „Tracker-Programm“ kann unter <http://physlets.org/tracker/> kostenlos heruntergeladen werden und ist für die Nutzung am PC geeignet.
- Die App „Vernier Video Physics“ in Kombination mit „Vernier Graphical Analysis“ (beide für Android und iOS verfügbar) sind ideal für die Nutzung auf dem Tablet oder Smartphone geeignet.

Sie können ein Experiment durchführen und den Schülerinnen und Schülern das Daten-Set zur Verfügung stellen oder jede Gruppe ein eigenes Experiment durchführen lassen.

Aufbau

1. Befestigen Sie einen Meterstab als Referenz neben der Landezone.
2. Positionieren Sie die Kamera so, dass sowohl die Landezone als auch der Meterstab im Bild sind.
3. Nutzen Sie am besten ein Stativ, um die Kamera still zu halten.



4. Achten Sie bei der Landung darauf, dass Landefähre und Meterstab die gleiche Distanz zur Kamera haben.
5. Verfolgen Sie die Landung in ihrem gewählten Programm, indem Sie manuell Markierungen setzen.
6. Speichern Sie die Daten.

Tutorials zum Tracker-Programm

youtube.com/watch?v=JhI-_glsE6o

youtube.com/watch?v=ibY1ASDOD8Y

3 – Landung auf dem Mond

In dieser Aufgabe werden die Schülerinnen und Schüler eine Landung auf der Erde mit einer Landung auf dem Mond vergleichen. Sie untersuchen die verschiedenen Einflussfaktoren und überarbeiten mit den neu gewonnenen Erkenntnissen das Design ihrer Landefähre.

Lösung der Aufgaben

*Besprechen Sie zu Anfang die Unterschiede zwischen Mond und Erde. Welche Faktoren beeinflussen die Landung an beiden Orten? Leiten Sie die Schüler*innen dazu an, Faktoren wie die Wichtigkeit des Landeorts und den Winkel des Landeanflugs zu diskutieren.*

- a. Lassen Sie die Schüler*innen jeweils 3 Faktoren auflisten, die die Landung beeinflussen können. Hier sind ein paar Beispiele:

Landung auf der Erde	Landung auf dem Mond
1. <u>Atmosphäre</u>	1. <u>Lage auf dem Mond</u>
2. <u>Landestelle</u>	2. <u>Landestelle</u>
3. <u>Geschwindigkeit/Winkel beim Wiedereintritt</u>	3. <u>Landegeschwindigkeit</u>
4. <u>Wetter</u>	4. <u>Anflugwinkel</u>
	5. <u>Temperaturschwankungen</u>

Besprechen Sie die Auswirkungen der aufgelisteten Unterschiede, zum Beispiel die Atmosphäre. Wie beeinflusst das Fehlen einer Atmosphäre die Landung auf dem Mond? Ein Fallschirm würde bei einer Mondlandung nicht helfen – vielleicht brauchen sie stattdessen ein Triebwerk oder einen Airbag. Hitzeschilder sind beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre unumgänglich, bei einer Mondlandung dagegen nicht. Umgekehrt sind die Temperaturschwankungen auf dem Mond viel extremer als auf der Erde, die Landefähre müsste dementsprechend angepasst werden.

- b. Zur Beantwortung von Frage 2 benötigen die Schüler*innen die Gleichung für die Fallbeschleunigung (g):

$$g = G \times \frac{m}{r^2}$$

G ist die Gravitationskonstante, m die Masse des Mondes und r der Radius des Mondes.
Und Newtons zweites Bewegungsgesetz:

$$F = m \cdot a$$

F entspricht der Kraft, die auf einen Körper wirkt, m ist die Masse des Körpers und a ist die Beschleunigung.

i)

$$g_{Erde} = G \cdot \frac{m_{Erde}}{r_{Erde}^2} = 9.81 \text{ m/s}^2$$
$$g_{Mond} = G \cdot \frac{m_{Mond}}{r_{Mond}^2} = 1.62 \text{ m/s}^2$$

ii)

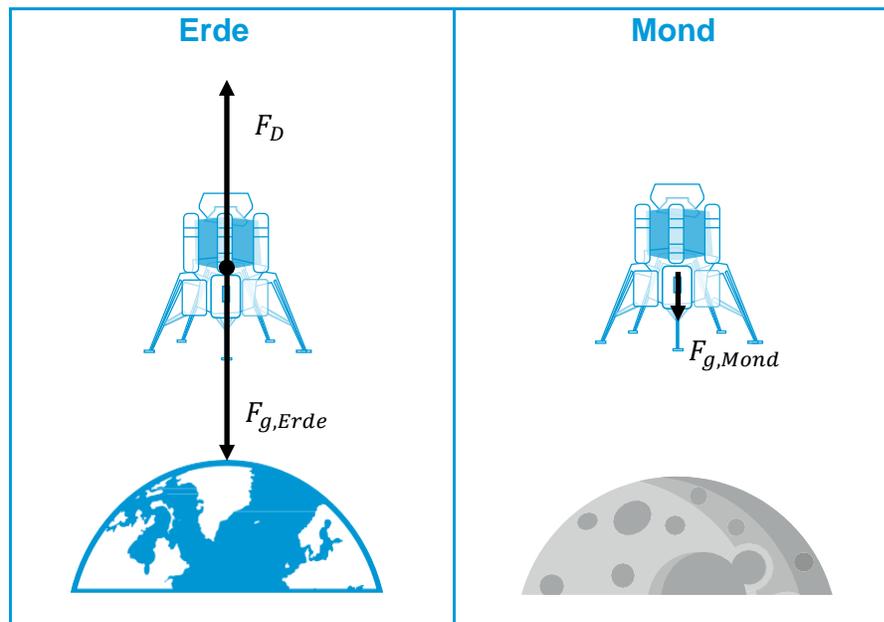
$$F_{g,Erde} = m_{Landefähre} \cdot g_{Erde}$$
$$F_{g,Mond} = m_{Landefähre} \cdot g_{Mond}$$

c. *Lassen Sie die Schüler*innen das Kräfterdiagramm der Landefähre auf dem Mond und auf der Erde zeichnen.*

Der Mond ist von luftleerem Raum umgeben, dementsprechend ist die einzige Kraft, die auf die Landefähre einwirkt, die Gravitationskraft ($F_{g,\text{Mond}}$) bzw. das Gewicht. Der Gewichtskraft-Vektor ist auf dem Mond 6-mal kleiner als auf der Erde, wie die Rechnung in Aufgabe 2 zeigt.

Die Erde hat eine Atmosphäre, daher muss der Luftwiderstand mit einberechnet werden. Der Luftwiderstand (D) ist abhängig vom Quadrat der Geschwindigkeit der Landefähre. Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt auch der Luftwiderstand zu, bis er dem Gewicht der Landefähre entspricht. Sobald das der Fall ist, wirkt keine äußere Kraft mehr auf die Landefähre ein und sie fällt mit konstanter Geschwindigkeit (Endgeschwindigkeit).

- d. *Dank des gewonnenen Wissens aus den vorherigen Aufgaben sollten die Schüler*innen nun die Unterschiede zwischen einer Mond- und einer Erdlandefähre kennen. Besprechen Sie mit den Gruppen, ob der Einsatz eines Fallschirms denkbar ist. Diskutieren Sie außerdem die Vor- und Nachteile von Airbags und Triebwerken. Fragen Sie die Schüler*innen, ob sie ihre Landefähre umbauen würden, wenn sie nicht für die Sicherheit des Ei-Stronauten Sorge tragen müssten. Nutzen sie diese Gelegenheit, den Bezug zu echten Raumfahrtmissionen herzustellen und die Unterschiede zwischen bemannten und unbemannten Missionen zu besprechen.*



Landen auf dem Mond

Planung und Design einer Mondlandefähre

Einleitung

Der Mond ist ein Satellit unserer Erde. Er ist von der Erde aus am Nachthimmel gut sichtbar und erscheint im Vergleich zu den Planeten unseres Sonnensystems sehr groß. Dies liegt an der Nähe des Mondes zu unserer Erde und aufgrund eben dieser Nähe eignet sich der Mond auch sehr gut als erster Himmelskörper für die Errichtung einer Station.

Genauso wie die Erde, dreht auch der Mond sich um sich selbst. Außerdem dreht er sich um die Erde. Eine Umdrehung dauert einen Monat.

Auf dem Mond selbst sieht es aus wie in einer Steinwüste. Überall ist Geröll und Staub. Im Gegensatz zur Erde weist der Mond sehr viele Krater auf, die durch den Einschlag von Meteoriten entstanden sind. Die dunklen Flecken, die man auch von der Erde aus auf dem Mond aus machen kann, sind besonders große Krater, die man auch „Meere“ nennt.

Die Atmosphäre auf unserer Erde, also eine Hülle aus Gas um unseren Planeten, schützt uns vor Meteoriten, da diese in ihr verbrennen. Außerdem ermöglicht die Erdatmosphäre, dass wir atmen können. Der Mond hat eine solche Atmosphäre nicht, daher können die Meteoriten ungestört einschlagen und Menschen können auf dem Mond nicht atmen.

Außerdem sind die Temperaturunterschiede auf dem Mond enorm. Ist auf dem Mond Nacht, so kann es bis zu -160 °C kalt werden, am Tag dagegen können die Temperaturen bis auf 130 °C ansteigen. Entsprechend gibt es auf dem Mond auch kein flüssiges Wasser. Dies liegt unter anderem auch am niedrigen Druck auf dem Mond, welcher der Grund ist, weshalb Wasser nur in fester oder gasförmiger Form vorliegen kann.

Auch die Anziehungskraft auf dem Mond unterscheidet sich von der auf der Erde. Sie ist nur rund ein Sechstel so groß wie die auf unserer Erde.

Größe des Mondes: <i>Die Erde ist ca. 4-mal so groß wie der Mond</i>	3.475 km
Entfernung zur Erde:	400.000 km
Temperatur an der Oberfläche:	- 160 bis + 130 °C
Oberflächenbeschaffenheit:	steinig mit vielen Kratern
Anziehungskraft:	$\frac{1}{6}$ so groß wie die der Erde
Atmosphäre: <i>Kein Schutz vor Meteoriten, keine Atmung möglich</i>	Nicht vorhanden



1969 wurde Apollo 11 zur ersten bemannten Landungsmission auf dem Mond. Nach einer 4-tägigen Reise von der Erde aus, löste sich die Landefähre, die *Eagle* (Adler), von der den Mond umkreisenden Kommandokapsel und landete im Mare Tranquilitas, einer relativ ebenen Fläche. Die Landefähre wurde manuell gesteuert, um Felsen und Kratern zu entgehen. „Houston, hier ist der Stützpunkt Tranquility Base. Der Adler ist gelandet!“ Diese Worte markierten eine neue Ära menschlicher Exploration.

Apollo 12, die zweite bemannte Mondlandung, war eine Präzisionsübung; ein Großteil des Landeanflugs war automatisch und die präzise Landung war von großer Bedeutung, da sie das Vertrauen stärken sollte, in bestimmten Regionen zu landen.

Der Landeanflug ist eine der kritischsten und schwierigsten Phasen bei einer Mondlandung. Die Landekapsel muss ihre Geschwindigkeit von 6.000 km/h in der Mondumlaufbahn auf einige wenige km/h reduzieren, um eine sanfte Landung zu garantieren. Landezonen in interessanten Gebieten sind oftmals gefährlich, voller Krater, Felsen und Abhänge, und demnach schwer zu erreichen.

Bevor ihr mit der eigentlichen Entwicklung beginnt, müsst ihr euch zunächst Gedanken darüber machen, wie ihr bei einer solch komplexen Aufgabe vorgeht. Bitte besprecht euch dazu in eurem Team und verbindet anschließend die nachfolgend aufgeführten Schritte in richtiger Reihenfolge:

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------|--|
| 1. <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Auflistung aller Komponenten die für die Mondlandefähre benötigt werden |
| 2. <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Vergleich – Landung Mond/Erde |
| 3. <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entwurf und Risiko-Analyse |
| 4. <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Test der Mondlandefähre |

Aufgabe 1: Entwurf und Bau einer Mondlandefähre

Nun ist es an euch mit einfachen Materialien eine Mondlandefähre zu entwickeln und zu bauen. Ziel ist es eine Landekapsel zu entwerfen, mit der euer Ei-Stronaut sicher auf dem Mond landen kann. In eurer Planung müsst ihr die Risiken für eine bemannte Mondlandung beachten und eine Risiko- und Konzeptstudie durchführen.

Es gibt noch einen Faktor, den ihr auf gar keinen Fall aus den Augen verlieren dürft – die Kosten. Um eine effiziente Planung zu fördern, sollte der Kauf von Materialien nach Abschluss der Entwurfsphase 10% teurer sein. Ihr habt ein Budget von 1 Milliarde €. Dieses Budget sollte die Kosten für das Ei-Stronautentraining (300 Millionen €), den Start (1 Million € pro Gramm) und die Materialien decken. Im Folgenden werden die einzelnen Kosten aufgeführt:

- Obligatorische Kosten:
 - Training des Ei-Stronauten: 300 Millionen €
 - Kosten für den Start: 1 Millionen € pro Gramm

- Material:
 - 1 Blatt A4 Papier 50 Millionen €
 - 1 Strohhalm 100 Millionen €
 - 1 Marshmallow 150 Millionen €
 - 1 Eisstiel 100 Millionen €
 - 1 Plastiktüte 200 Millionen €
 - 1 m Faden 100 Millionen €
 - 1 m Klebeband 200 Millionen €
 - 1 Ballon 200 Millionen €

Entwurfsphase

Bevor ihr mit der Konstruktion eurer Landefähre beginnt, solltet ihr mithilfe der beigelegten Vorlage eine Risikoanalyse durchführen. Tragt die aufgelisteten Risiken in die Matrix ein.

Risikoanalyse

Bei der Planung einer Raumfahrtmission sind zwei entscheidende Faktoren zu berücksichtigen: Risiken und Kosten. Bei eurer Mission müsst ihr sicherstellen, dass der Ei-Stronaut sicher landet. Gleichzeitig müsst ihr darauf achten, dass die Mission nicht zu teuer wird. Tragt die aufgelisteten Risiken gemäß ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer möglichen Auswirkungen in die Risikomatrix ein:

		Auswirkungen				
		Unwesentlich	Gering	Mittelschwer	Groß	Katastrophal
Wahrscheinlichkeit	Nahezu sicher					
	Wahrscheinlich					
	Möglich					
	Unwahrscheinlich					
	Selten					

1. Die Landung erfolgt nicht an der geplanten Stelle.
2. Es kommt zu unerwarteten Änderungen der Anforderungen.
3. Der Ei-Stronaut überlebt nicht.
4. Es kommt zu unerwarteten Budgetänderungen.
5. Einige Materialien sind nicht mehr verfügbar.
6. Einige Materialien sind zu teuer.
7. Die Landefähre wird sehr schwer.
8. Eine andere Gruppe hat einen effizienteren und/oder billigeren Entwurf.
9. Kontinuierliche Änderung des Entwurfs führt zu hohen Kosten.
10. Es kommt zu Verzögerungen.
11. Die Landefähre wird in der Testphase beschädigt.
12. Die Landefähre wird beim Transport beschädigt.
13. Die Landefähre wird bei der Landung beschädigt.

Wählt drei der kritischen Risiken aus und entwickelt Vermeidungsstrategien:

1) Risiko #: _____ Vermeidungsstrategie: _____

2) Risiko #: _____ Vermeidungsstrategie: _____

3) Risiko #: _____ Vermeidungsstrategie: _____

Entwickelt nun Ideen für eine sichere Landefähre, die sich im Rahmen des Budgets bewegen. Dafür fertigt ihr eine Konzeptstudie an. Macht dafür eine Zeichnung eurer Idee und bestimmt mithilfe der oben aufgeführten Kosten euer benötigtes Budget.

Außerdem müsst ihr euch noch einmal vergewissern, welche Anforderungen an euch gestellt werden und in welchen Rahmen sich diese am Ende umsetzen lassen und es euch möglich ist, diese im Rahmen eurer Mission einzuhalten. Hier eine kurze Erinnerung:

- Die Landefähre muss einen Falltest bestehen und der Ei-stroonaut muss die Landung überleben.
- Ihr könnt nur die verfügbaren Materialien verwenden.
- Für den Bau steht nur ein gewisses Budget zur Verfügung (Maximal 1 Milliarde €).
- Die Fähre sollte genau an der vorgegebenen Landestelle landen.
- Ihr müsst eine Risikoanalyse und eine Konzeptstudie durchführen.

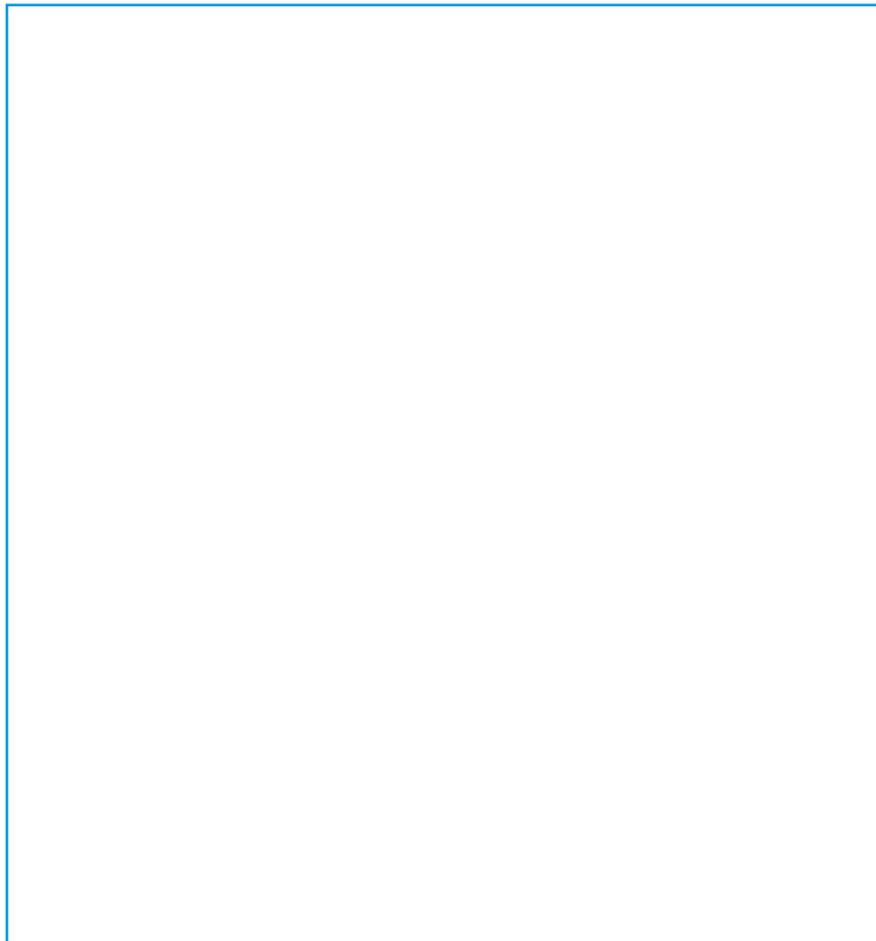
Ihr müsst die Fähre in der angegebenen Zeit fertigstellen: 60 Minuten

Konzeptstudie

Name der Landefähre: _____

Name des Ei-stronauten: _____

Schaut euch die verfügbaren Materialien und ihre Kosten an. Fertigt eine genaue Skizze eurer Landefähre an. Beschreibt, wie die verschiedenen Komponenten und Materialien euren Ei-stronauten schützen sollen. Legt, basierend auf den Materialkosten, ein Budget für eure Landekapsel fest und vergesst nicht die Kosten für das Ei-stronautentraining und den Start mit einzurechnen:



Material	Stückpreis	Menge	Kosten
Kosten für die Landefähre			
Gesamtgewicht (Ei-stronaut + Fähre)			
Startkosten			
Kosten für das Ei-stronautentraining			
Gesamtkosten			

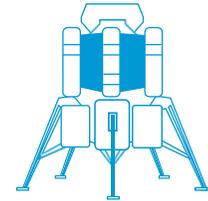
Aufgabe 2: Test der Mondlandefähre

Jetzt ist es so weit – der Test eurer Mondlandefähre steht bevor! Es soll nun getestet werden, ob die Landefähre einen senkrechten Fall unbeschadet übersteht und der Ei-stronaut überlebt. Dokumentiert dafür alle relevanten Daten. Wenn ihr es etwas technischer gestalten wollt, dann nutzt eine Hilfssoftware für euer Smartphone.

- a) Notiert euch vor dem Start die Landebedingungen (Wind, Regen, Härte des Bodens etc.)

Stellt vor dem Start sicher, dass euer Ei-stronaut es auch bequem hat. Bereitet euch auf den Test vor.

Achtung! Fertig! Los!



- b) Hat euer Ei-stronaut überlebt? **Ja** ___ **Nein** ___

- c) Wie weit vom Zielbereich entfernt ist die Fähre gelandet? _____ **cm**

- d) Wie gut hat euer Plan funktioniert? Würdet ihr etwas ändern? Wenn ja, was?

Aufgabe 3: Landung auf dem Mond

Es ist an der Zeit sich auf die Landung auf dem Mond vorzubereiten. Ihr habt eure Landefähre auf der Erde getestet, aber was passiert, wenn sie auf dem Mond landet? Hierzu sollen im Folgenden die Landung auf dem Mond und auf der Erde miteinander verglichen werden. Untersucht so die unterschiedlichsten Einflussfaktoren und überarbeitet mit den neuen Erkenntnissen das Design eurer Landefähre.

- a) Es gibt viele Unterschiede zwischen Mond und Erde. Listet 3 Faktoren auf, die eine Landung auf dem Mond bzw. auf der Erde beeinflussen:

Landung auf der Erde	Landung auf dem Mond
1. _____	1. _____
2. _____	2. _____
3. _____	3. _____

- b) Die Gravitationsbeschleunigung (g) eines Planeten wird folgendermaßen beschrieben:

$$g = G \times \frac{m}{r^2}$$

G ist die Gravitationskonstante, m entspricht der Masse des Planeten (bzw. Mond), r ist der Radius des Planeten (bzw. Mond). Nutze die unten angegebenen Werte um die Fragen a. und b. zu beantworten:

$G = 6,67408 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$	
$r_{\text{Mond}} = 1737 \text{ km}$	$m_{\text{Mond}} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$
$r_{\text{Erde}} = 6371 \text{ km}$	$m_{\text{Erde}} = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$

- i. Berechnet die Gravitationsbeschleunigung auf der Erde und auf dem Mond.

$$g_{\text{Erde}} =$$

$$g_{\text{Mond}} =$$

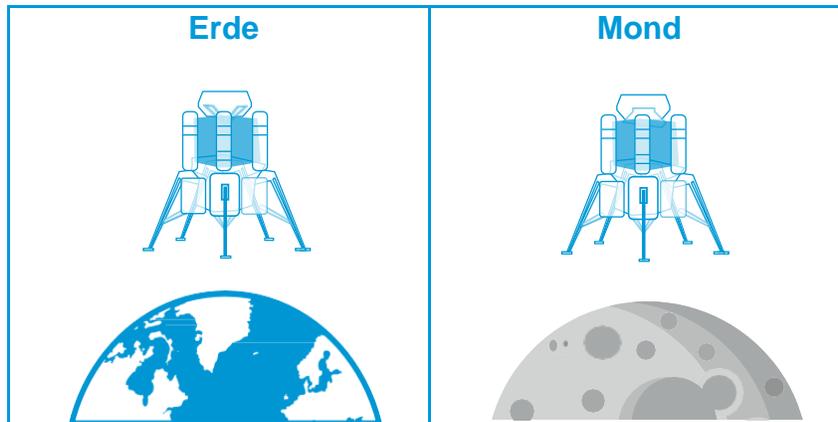
- ii. Berechnet mithilfe von Newtons zweitem Gesetz $F = m \cdot a$ die Gravitationskraft eurer Landefähre auf dem Mond und auf der Erde.

$$F_{g, \text{Erde}} =$$

$$F_{g, \text{Mond}} =$$

- c) Kräfte auf Erde und Mond

Zeichnet die Kräfte ein, die auf dem Mond bzw. auf der Erde auf die Landefähre einwirken.



Erklärt euer Kräfterdiagramm.

Was würdet ihr ändern, um eure Landefähre besser für eine Mondlandung vorzubereiten?

Erklärt eure Ideen.

Links

ESA Ressourcen

ESERO Germany Webseite: www.esero.de

ESERO Germany Arbeitsblätter: www.esero.de/materialien/arbeitsblaetter

ESA classroom resources: www.esa.int/Education/Classroom_resources

ESA Kids Homepage: www.esa.int/kids