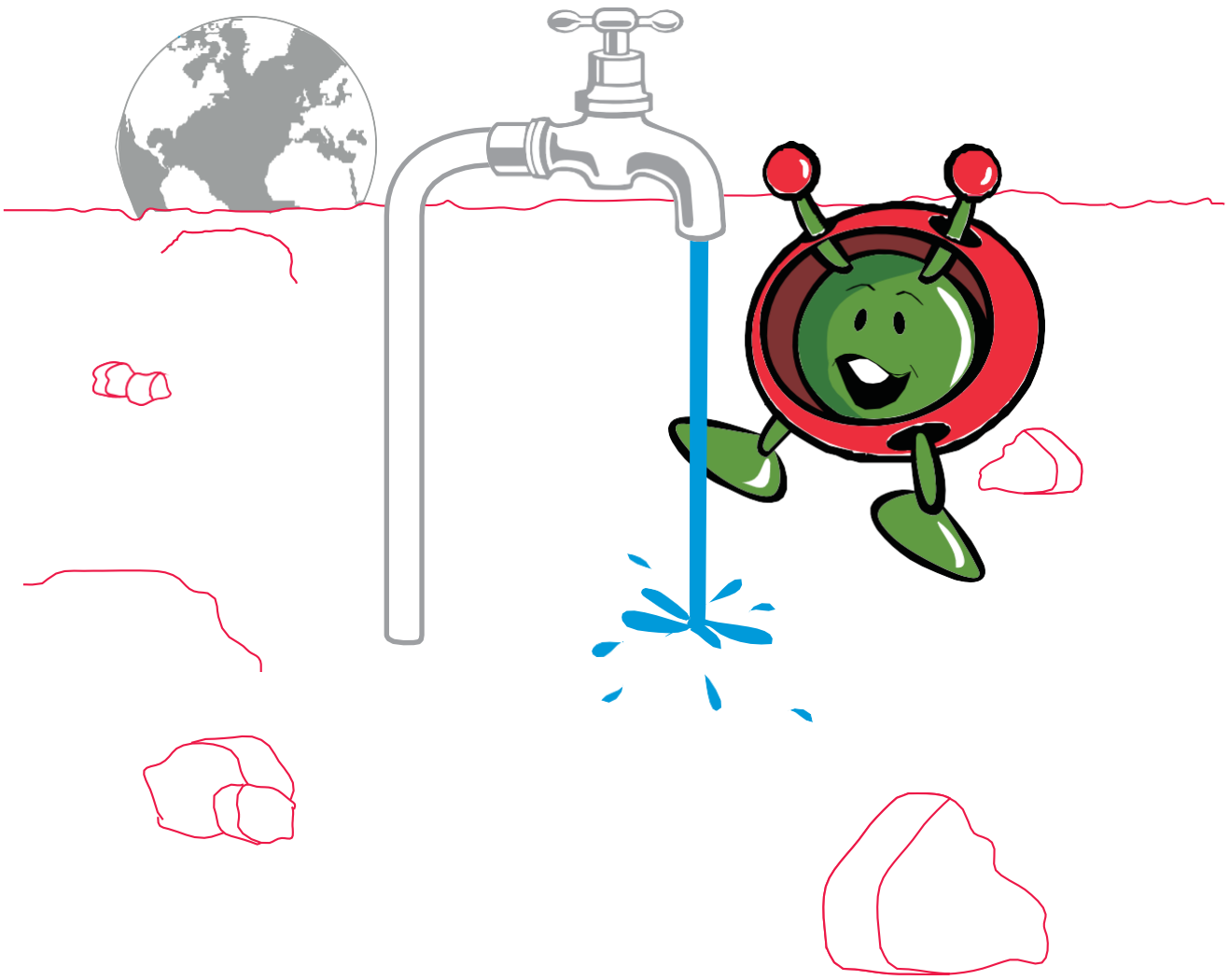
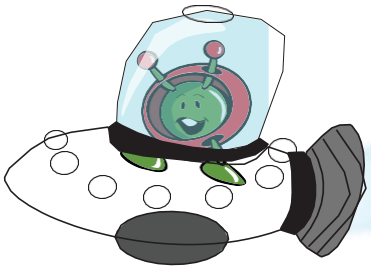
Lehren mit dem All

→ WASSER AUF DEM MOND

„Mond-Eisbohrkerne” filtern, um Wasser zu gewinnen





Die wichtigsten Fakten	Seite 3
Übersicht	Seite 4
Einführung	Seite 5
Übung 1: Wieviel Wasser verbrauchst du täglich?	Seite 6
Übung 2: Schmutziges Eis zu sauberem Wasser.	Seite 7
Übung 3: Wassereinsparung auf der Erde und dem Mond	Seite 11
Abschlussbemerkung	Seite 12
Links	Seite 13

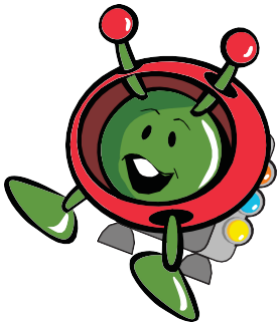
Lehren mit dem All – Wasser auf dem Mond | PR33
www.esa.int/education

Das ESA Education Office freut sich über Feedback und Kommentare.
teachers@esa.int

Eine ESA Education Produktion in Zusammenarbeit mit ESERO UK.

Copyright © European Space Agency 2018

Eine Übersetzung von ESERO Germany



→ WASSER AUF DEM MOND

"Mond-Eisbohrkerne" filtern, um Wasser zu gewinnen

Kurzinfos

Empfohlene Altersgruppe:

8 bis 12 Jahre

Dauer: 2 Stunden

In Kürze

In dieser Übungsreihe werden die Schülerinnen und Schüler einen Tag lang aufschreiben, wieviel Wasser sie ungefähr bei verschiedenen Aktivitäten in ihrem Alltag verbrauchen. Dem folgen experimentelle Aufgaben im Klassenzimmer, bei denen sie vorbereitete „Mond-Eisbohrkern" benutzen und filtern werden, um Wasser zu erhalten. Sie werden die Ergebnisse der ersten beiden Übungen dann benutzen, um zu berechnen, wieviel Mondeis sie ausgraben oder ausbohren müssten, um genug Wasser für einen Tag zu erhalten. Diese Unterrichtsressource stößt Diskussion zum Wasser-Verbrauch und zur Aufbereitung sowohl auf der Erde als auch im All an.

Bezüge zu den Rahmenplänen

Fach	**Kernkompetenz**	**Bezug zu den Kompetenzerwartungen** **Die Schüler…**
Naturwissenschaften	Erkenntnisgewinnung Kommunikation Naturwissenschaftliche Sachkompetenz	entwickeln einfache Lebensweltbezogene Fragestellungen, die mithilfe von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen und Untersuchungen, insbesondere Experimenten, zu beantworten sind; benutzen zunehmend naturwissenschaftliche Fachbegriffe in ihren mündlichen und schriftlichen Äußerungen und belegen diese durch Beispiele; erkennen und unterscheiden die Zustände der Materie.

→ Übersicht der Aufgaben

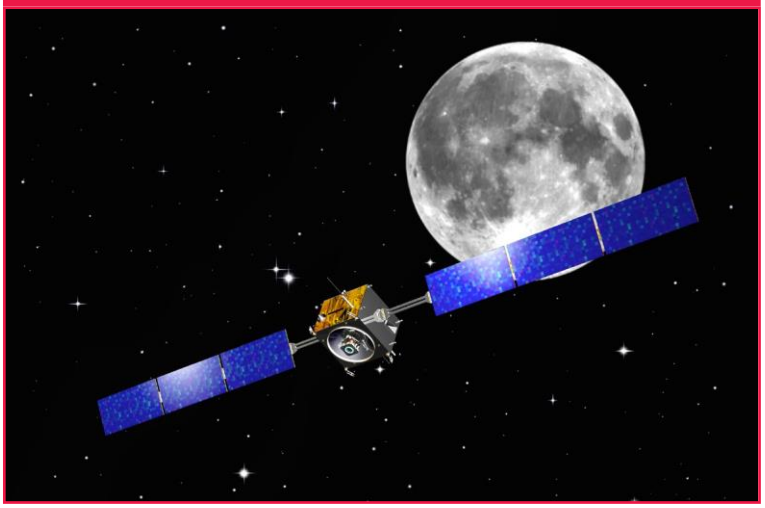
Übung	Titel	Beschreibung	Ziel	Voraussetzungen	Zeit
1	Wieviel Wasser verbrauchst du täglich?	Mit Hilfe einer Tabelle den Wasserverbrauch über 24 Stunden abschätzen.	Die Menge an Wasser, die die SuS täglich verbrauchen, zu ermitteln	Keine	Über den Tag verteilt, insgesamt ca. 10-20 Minuten
2	Schmutziges Eis zu sauberem Wasser.	Filtern von Eis-Sand-Proben um den Wassergehalt zu messen.	Wieviel Eis müssten sie ausbohren, um den Wasser- Tagesbedarf zu decken?	Erfolgreiches Beenden von Übung 1	1 Stunde
3	Wassereinsparung auf der Erde und dem Mond	SuS tauschen Ideen zu Wassereinsparung aus.	Klasse entscheidet über die fünf besten Wege um Wasser einzusparen.	Erfolgreiches Beenden von Übung 1 und 2 oder eine Einführung über den Wasser-Bedarf auf der Erde und im All.	40 Minuten

*Bemerkung: Bei Übung 2 muss das Eis bei Raumtemperatur schmelzen, was ungefähr zwei Stunden dauern kann. Die SuS können in der Zeit, in der sie auf das Schmelzen ihrer Proben warten, Übung drei oder andere Aufgaben absolvieren oder die Proben während der Mittagspause schmelzen lassen.

→ Einführung

Zwischen 1969 und 1972, besuchten zwölf Astronauten den Mond. Diese Mond-Missionen, waren das einzige Mal, dass Menschen eine andere Welt als die Erde betreten haben.

Abb. 1



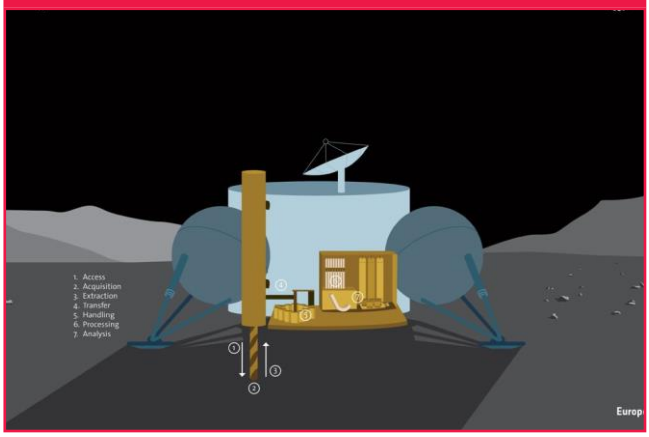
↑ SMART-1 war Europas erste Mondsonde

Seitdem haben mehrere Satelliten und Roboter-Missionen den Mond erforscht. Eine dieser Missionen war SMART-1, die den Mond zwischen November 2004 und September 2006 umkreist hat. SMART-1 nahm detaillierte Bilder der Mondoberfläche auf und untersuchte, aus welchem Material die Steine bestehen. Die Mission endete mit einer vorsätzlichen Kollision mit der Mondoberfläche.

Heutzutage plant die ESA, gemeinsam mit anderen Weltraumorganisationen, Roboter-Missionen und Astronauten auf den Mond zu entsenden, um die Mondoberfläche noch einmal zu untersuchen.

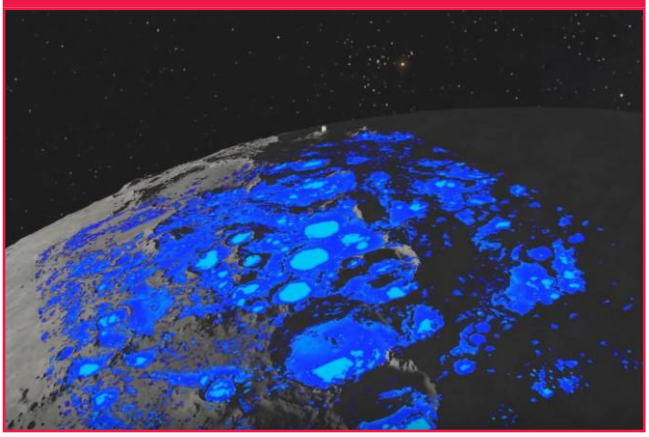
Dieses Mal sollen gleichzeitig Technologien vorbereitet und getestet werden, um zukünftig noch weiter in das Sonnensystem vordringen zu können. Einmal auf der Mondoberfläche angelangt, sollen Proben entnommen werden, um lokale Mond-Ressourcen, wie Regolith (Mondboden) und Eis an den Mondpolen zu erkunden.

Abb. 2



↑ Darstellung einer Mondlandefähre bei der Gewinnung von Mondressourcen.

Abb. 3



↑ Karte des Mond-Südpols, an dem gefrorenes Wasser bis zu einem Meter tief vergraben (dunkelblau) und an der Oberfläche (hellblau) dauerhaft vorliegt.

In dieser Übungsreihe sollen die SuS sich vorstellen, sie wären auf einer Mond-Mission und müssten Wasser aus dem gefrorenen Material an den Mondpolen gewinnen, gleichzeitig sollen sie die Mengen mit ihrem durchschnittlichem täglichen Wasserbedarf vergleichen.

→ Übung 1: Wieviel Wasser verbrauchst du täglich?

In dieser Übung werden die SuS mit Hilfe einer Tabelle die Anzahl von Handlungen in ihrem Zuhause, bei denen sie Wasser verbrauchen, wie auch das Benutzen der Spülmaschine oder Kochen ermitteln. Innerhalb des Klassenverbands werden sie die Gesamtsumme des Wassers, dass sie an einem Tag verbraucht haben ausrechnen.

Materialien

- Gedruckte Arbeitsblätter für alle SuS
- Stifte

Aufgabe

Tabelle A1 auf dem Schülerarbeitsblatt wird den SuS helfen, die gesamte Menge Wasser, die sie während eines normalen Tages verbrauchen, zu ermitteln. Sie benötigen einen Tag, um die Tabelle während der Schule und zuhause auszufüllen. Im Klassenzimmer berechnen sie den Gesamtwert pro Aktivität, indem sie die Anzahl der jeweiligen Aktivität mit dem Wasserverbrauch in Liter multiplizieren. Um den Tagesverbrauch zu ermitteln werden die Werte in der „Gesamt-Spalte“ addiert.

Ergebnis

Die SuS werden verschiedene Ergebnisse bei dieser Übung haben. Ein realistischer Wert liegt bei durchschnittlich 110 Litern.

Diskussion

SuS sollten ihre Gesamtmengen vergleichen. In der Diskussion sollen die SuS überlegen welche Möglichkeiten sie haben Wasser einzusparen und sich darüber austauschen. In der späteren Übung 3 werden sie die fünf besten Wege, um Wasser einzusparen, wählen.

Um die Übung 1 zu beenden, könne die SuS eine Einführung in die Wasserwiederaufbereitung auf der Internationalen Raumstation oder, als Vorbereitung für Übung 2, über Wasser auf dem Mond erhalten. Zahlreiche Links in der “Links-Sektion” führen zu extra Informationen zu diesen Thematiken.

→ Übung 2: Schmutziges Eis zu sauberem Wasser

Die SuS führen ein Experiment durch, bei dem sie Wasser aus gefrorenen Mondboden-Proben gewinnen und mit der Wassermenge, die sie auf dem Mond benötigen würden, vergleichen.

Materialien

- Sand
- Arbeitsblätter für jede Gruppe.
- Stifte
- Eiswürfelformen
- Plastik-Wasserflaschen / Becher / Marmeladengläser
- Wagen
- Filterpapier (z.B. Kaffeefilter)
- Messbecher oder -zylinder
- Taschenrechner
- Trichter (optional)

Vorbereitung

Die “Mond-Eisbohrkerne”, müssen einige Zeit vor der Durchführung der Übung hergestellt werden. Um die Eisbohrkerne herzustellen, werden Eiswürfelformen bis zur Hälfte mit Sand und dann mit Wasser aufgefüllt und eingefroren (vorzugsweise über Nacht, oder zumindest mehrere Stunden vor der Durchführung). Die SuS arbeiten am besten in Dreiergruppen, sodass jede Gruppe ca. 5 Eiswürfel erhält.

Gesundheit und Sicherheit

Bei der Handhabung von Glaswaren durch die SuS ist besondere Vorsicht geboten.
Die SuS sollten darauf hingewiesen werden, dass die Eiswürfel nicht zum Verzehr geeignet sind.

Aufgabe

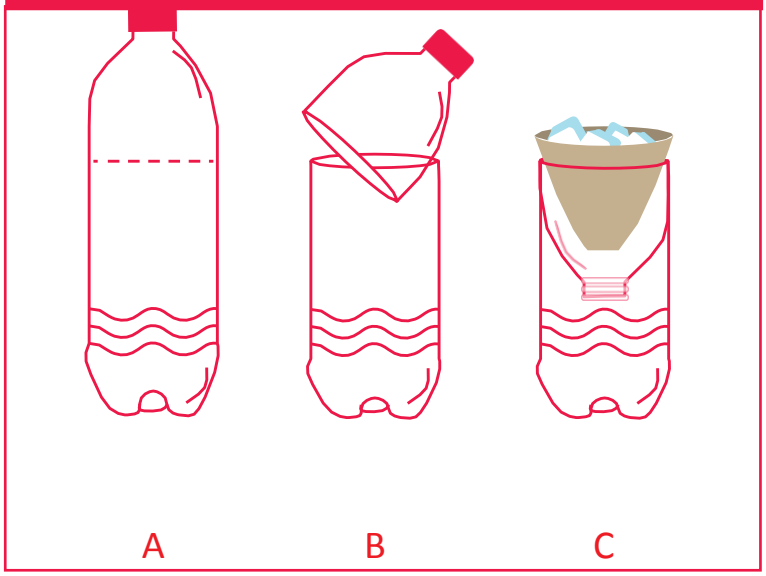
Um das Thema „Wasser auf dem Mond“ einzuführen, könnten Sie ein Video zu den lokalen Mond-Ressourcen zeigen und weiterführend erklären, wie Astronauten Wasser in Form von Eis an den Mond-Polen finden könnten. Das folgende Video oder ähnliche Videos wären ein guter Einstieg in die Thematik: lunarexploration.esa.int/#/explore/science/224?oa=250

Wasser kann nur als Eis auf der Mondoberfläche vorliegen. Der Druck an der Mondoberfläche ist sehr gering, da der Mond keine Atmosphäre hat. Der geringe Druck bedeutet auch, dass Eis, das aus Kratern an die Mondoberfläche gebracht wird, sich in Gas verwandeln würde. Diesen Vorgang, bei dem ein direkter Phasenübergang von fest zu gasförmig eintritt, nennt man Sublimation. Um die Existenz von flüssigem Wasser an der Mondoberfläche zu ermöglichen, müsste es in einem Druck-Tank gefüllt werden. Abhängig von dem Alter und den Fähigkeiten der SuS können sie dieses Thema eingehender diskutieren oder lediglich die Übungen durchführen.

Das Eis in den Mondkratern ist mit dem sandig-steinigem Material der Mondoberfläche vermischt. Das bedeutet, dass das Wasser zunächst von dem anderen Material getrennt werden muss, bevor es benutzt werden kann. Bevor die praktische Übung durchgeführt wird, könnten die SuS diskutieren, wie steiniges Material aus den Eisbohrkernen entfernt werden könnten. Sie müssen ggf. Darauf gebracht werden, das Eis zunächst zu schmelzen und die Mixtur dann zu filtern.

Der erste Schritt ist der Aufbau des Filtersystems. Jede Gruppe sollte ihren Filter in einen Container, z.B. eine abgeschnittene Plastikflasche legen. Es ist am besten, wenn der Filter mit z.B. Klebeband oder dem Deckle fixiert ist, sodass er sich ein paar cm über dem Boden des Gefäßes befindet – alternativ kann ein Plastiktrichter dafür verwendet werden, oder der obere Teil der Flasche kann umgedreht und in den unteren Teil der Flasche gestellt werden (sieh Abb. 4).

Abb. 4



↑ Anleitung für den Bau eines Filtersystems

Der zweite Schritt besteht darin, dass die SuS ihre Eisbohrkerne wiegen und das Gewicht auf ihren Arbeitsblättern festhalten. Dieser Schritt ermöglicht die spätere Berechnung des für die Gewinnung benötigten Mondmaterials.
Dieser Schritt kann entweder von jeder Gruppe einzeln oder im Plenum für die gesamte Probe durchgeführt werden. Wenn die gesamte Probe gewogen wird, muss das ermittelte Gewicht lediglich noch durch die Gruppenanzahl geteilt werden. Falls nur eine Waage zur Verfügung steht, ist es Sinnvoll, die gesamte Probe zu wiegen, damit das Eis nicht schon beim Warten auf die Waage schmilzt.

In dem dritten Schritt platzieren die SuS ihre Eisbohrkerne in das Filterequipment. Diese sollen dort zum Schmelzen, dass abhängig von der Temperatur im Klassenzimmer mehrere Stunden dauern kann, verweilen. Idealerwiese sollten die Eisbohrkerne nicht in direktem Sonnenlicht schmelzen, damit der Verlust durch Evaporation möglichst gering bleibt.

Nach dem Schmelzen und dem Filtern, sollen die SuS das Filterpapier mit dem Sand entfernen. Im letzten Arbeitsschritt sollen die SuS die Wassermenge in Milliliter messen. Dies können sie am besten mit einem Messzylinder tun.

Beispielhafte Resultate, die von Paxi stammen, sind in Tabelle 2 aufgeführt.

Tab. 2

Bei dem Start des Experiments	Am Ende des Experiments	Gesamtvolumen aus Übung 1
Masse Mondprobe (g) (Masse der Eiswürfel)	Gefiltertes Volumen (ml)	Wassermenge die täglich von dir benutzt wird (Liter)
60	30	120

↑ Beispiele von Ergebnissen der Übung 2.

Während die SuS auf das Schmelzen der Proben warten, können sie Paxis Ergebnisse benutzen, um zu berechnen, wie viel Mondboden er ausbuddeln müsste, um genug Wasser für einen Tag zu erhalten. Dieses Beispiel ist auch im Schülerarbeitsblatt enthalten.

Die Analyse der Ergebnisse wurde nach Altersklassen/Können differenziert.

7 - bis 9-Jährige

Für diese Altersgruppe empfehlen wir, dass sie ihre gemessene Wassergesamtmenge mit einer 1 l Wasserflasche vergleichen. Es ist hilfreich, mehrere gefüllte Wasserflaschen als Anschauung für die SuS bereitzustellen. Sie könnten dann schätzen, wie viele Proben sie bräuchten, um einen Liter Wasser zu erhalten. Sie könnten ihre Proben in einen Container zusammenfüllen und vergleichen. Für fortgeschrittene SuS kann die Messmethode, die in dem Schülerleitfaden und in der nächsten Sektion für die 10- bis 12-Jährigen enthalten ist, verwendet werden.

10 - bis 12-Jährige

Für diese Altersklasse empfehlen wir, ein paar Beispiel-Rechnungen für die Berechnung der Wassermenge durchzuführen. Diese sind sowohl in dem Schülerarbeitsblatt als auch unten eingeführt. Die dargestellte Methode kann dann für die Berechnung der eigenen Wassermenge verwendet werden.

Lasst uns ein Beispiel machen:
Paxi hat berechnet, dass er **102 l** Wasser pro Tag verwendet hat, als er auf der Erde war. Als Paxi dieses Experiment durchgeführt hat, hat seine Mondprobe **93 g** gewogen. Daraus hat er **48 ml** Wasser erhalten, nachdem er die Probe geschmolzen und gereinigt hat.

Paxi hat sich dazu entschlossen, diese Zahlen zu runden, damit Schätzen leichter wird.

- Er hat 102 l auf 100 l abgerundet.
- Er hat 93 g auf 100 g aufgerundet.
- Er hat 48 ml auf 50 ml aufgerundet.

Aus Paxis 100 g Mondboden-Probe erhielt er nach Schmelzen und Filtern 50ml Wasser.

Kannst du Paxi helfen auf 1000 ml (was gleichviel wie 1 Liter ist) zu kommen?

100 g → 50 ml

200 g → **100** ml

2000 g → **1000** ml

1000 g ist genauso viel wie 1 kg und 1000 ml wie 1 Liter.

2 kg → **1** Liter

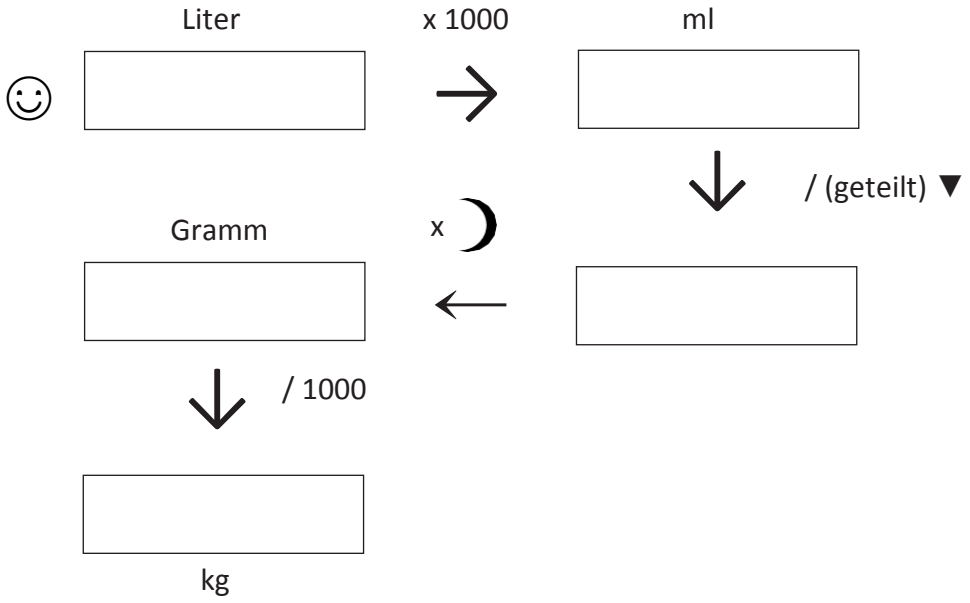
Kannst du jetzt abschätzen wieviel kg Mondboden Paxi bräuchte um 100 Liter Wasser zu erhalten?

200 kg

10- bis 12-Jährige (höherer Schwierigkeitsgrad)

Diese Methode erfordert von den SuS, dass sie Symbole mit Zahlen kombinieren – es wird simple Algebra und ein Fließbild eingeführt, um die Berechnungen durchzuführen. Es ist wahrscheinlich, dass sie einen Taschenrechner für diese Methode benötigen. Außerdem sollten sie während der Berechnungen jeweils auf das nächste Gramm, Kilogramm, Milliliter und Liter runden. Diese Methode ist nicht im regulären Arbeitsblatt enthalten.

☽	▼	☺(aus Übung 1)
Masse Mond-Probe (g)	Volumen gefiltertes Wasser (ml)	Wasservolumen, dass du pro Tag benutzt (Liter)



Es bietet sich an, dies als ein Tabellenblatt, dass die SuS ausfüllen können, zu gestalten. Sie können das Schema unten benutzen, wenn Sie die Kalkulation mit ihren SuS durchführen wollen:

Masse Mond-Probe (g)	Volumen des gefilterten Wassers (ml)	Volumen des Wassers, dass du pro Tag verbrauchst (litres)	Volumen des Wassers, dass du pro Tag verbrauchst (ml)	Multiplikationsfaktor M	Masse des Mondbodens (g)	Masse des Mondbodens (kg)
A2	B2	C2	= C2* 1000	= D2/B2	=E2*A2	= F2/ 1000

Diskussion

Das Gesamtvolumen, dass die SuS berechnen werden, ist wahrscheinlich relativ hoch. Dies kann zu Übung 3 überleiten oder zu einer Diskussion über die Verringerung der benötigten Wassermenge auf dem Mond und der Rolle von Wasserwiederaufbereitung führen.

→ Übung 3: Wassereinsparung auf der Erde und dem Mond

Die SuS führen ein Experiment durch, um Wasser aus gefrorenen Mondbodenproben zu erhalten und vergleichen die erhaltene Menge mit der Wassermenge, die sie auf dem Mond bräuchten.

Materialien

- Stifte
- Papier / Pappe / Post-Its-Zettel
- Gedruckte Arbeitsblätter für alle SuS

Aufgabe

Am besten startet man diese Aufgabe, indem jeder überlegt, wie er seinen eigenen Wasserverbrauch auf der Erde verringern könnte und anschließend noch über den Wasserverbrauch auf dem Mond nachdenkt. Diese Übung ist als Partner- und Gruppenarbeit konzipiert. Die SuS sollten zunächst jeweils fünf Ideen aufschreiben, diese dann mit ihrem Partner teilen und gemeinsam aus den beiden Listen die Top-Fünf Ideen auswählen. Anschließend teilen sie diese Top-Five in einer Gruppe von ungefähr 6 SuS, wählen erneut, bevor die einzelnen Gruppen ihre Favoriten im Klassenverband vorstellen und die gesamte Klasse gemeinsam die finalen Top-Five zur Wassereinsparung auswählt.

Ergebnisse

Beispiele für Vorschläge wie man den Wasserverbrauch auf der Erde verringern und Wasser wiederaufbereiten könnte sind:

- Wasserhahn schließen während man Zähne putzt
- Duschzeit verkürzen
- Regenwasserauffangbehälter installieren, um Regenwasser für die Toilettenspülung zu nutzen
- Regenwasser für die Gartenbewässerung zu nutzen
- Keine Rasensprenger im Garten verwenden
- Undichte Rohre und tropfende Wasserhähne reparieren
- Kleidung, Handtücher und Bettwäsche seltener waschen

Einige Vorschläge für die Verringerung des Wasserverbrauchs auf dem Mond sind:

- Keine Toilettenspülung verwenden
- Nicht zu duschen (wie auf der Internationalen Raumstation)
- Kleidung nicht waschen
- Wegwerfcontainer für Essen und Kochen verwenden (Einmalgeschirr hat zwar einen hohen Wasserverbrauch bei der Produktion, diese findet aber auf der Erde und nicht auf dem Mond statt)
- Abwasser wiederaufbereiten (z.B. auch Urin)
- Wasser recyclen, das die Astronauten ausatmen (Atem enthält immer auch Wasserdampf)

Diskussion

Sobald die SuS entschieden haben, was ihre Top-Fünf zur Wassereinsparung und Wasserrecycling auf der Erde und dem Mond ist, kann im Plenum besprochen werden, wie praktikabel die Lösungsansätze sind. Sind die SuS gewillt Schritte zu unternehmen, weniger Wasser zu verbrauchen? Hätte sie Lust auf dem Mond zu leben und dort Wasser, das aus ihrem eigenen Urin recycelt wurde zu trinken?

→ Abschlussbemerkung

In dieser Übungsreihe haben die SuS mittels wissenschaftlicher Herangehensweisen und der Mathematik eine Methode erarbeitet, mit der sie herausfinden können, wieviel Monderde/Eis sie ausgraben müssten, um auf dem Mond zu überleben. Sie haben Wassergebrauch und -verbrauch und Wege zur Verringerung des Wasserverbrauchs und der Wiederaufbereitung diskutiert.

Es stehen zusätzliche Videos für Lehrende mit tiefergehenden Informationen zur Verfügung (Ausschnitte davon können gegeben falls den SuS gezeigt werden): www.lunarexploration.esa.int

Außerdem zeigen folgende Videos, wie Eisbohrkerne aus der Mondoberfläche ausgebohrt werden könnten:
www.lunarexploration.esa.int/#/explore/technology/231?ia=293
oder
www.youtube.com/watch?v=XgoNj5sMqW4

→ LINKS

ESA Ressourcen

Moon Camp Challenge
esa.int/Education/Moon_Camp

Mond-Animationen über Mondforschung und -erkundung
esa.int/Education/Moon_Camp/Making_a_Home_on_the_Moon

Ein Tag aus dem Leben eines Astronauten auf dem Mond
esa.int/Education/Moon_Camp/Living_on_the_Moon

ESA Unterrichts-Ressourcen
esa.int/Classroom_resources

ESA Kids
esa.int/esaKIDSen

ESA Kids, Zurück auf den Mond
esa.int/esaKIDSen/SEMQBSXJW7J_OurUniverse_0.html

ESA Weltall-Projekte

Der Mond, ESA's Interactiver Guide
www.lunarexploration.esa.int

ESA Smart-1
sci.esa.int/smart-1

ESA's PROSPECT Project untersucht einen Mondbohrer, der Mondeisproben sammelt
www.lunarexploration.esa.int/#/library?a=293

Tests des ESA-Mond-Eisbohrers
www.youtube.com/watch?v=XgoNj5sMqW4

Extra Information

Videos über Wasserrecycling auf der Internationalen Raumstation
www.youtube.com/watch?v=BCjH3k5gODI und www.youtube.com/watch?v=cR_jQ4Is8t0

Infografik über Wasserwiederaufbereitung auf der ISS
www.blogs.esa.int/VITAmission/2017/08/30/testing-the-space-station-water/