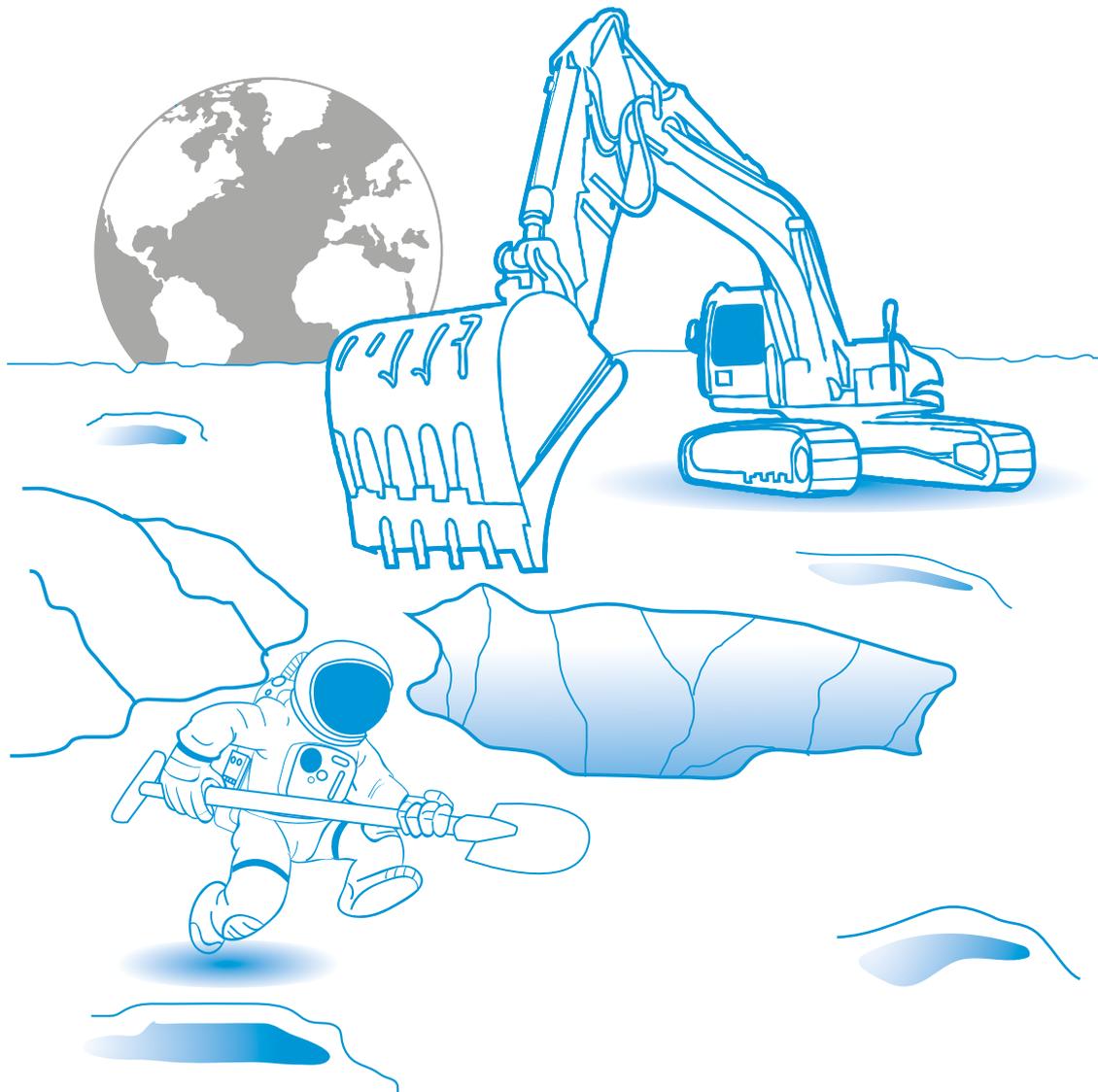


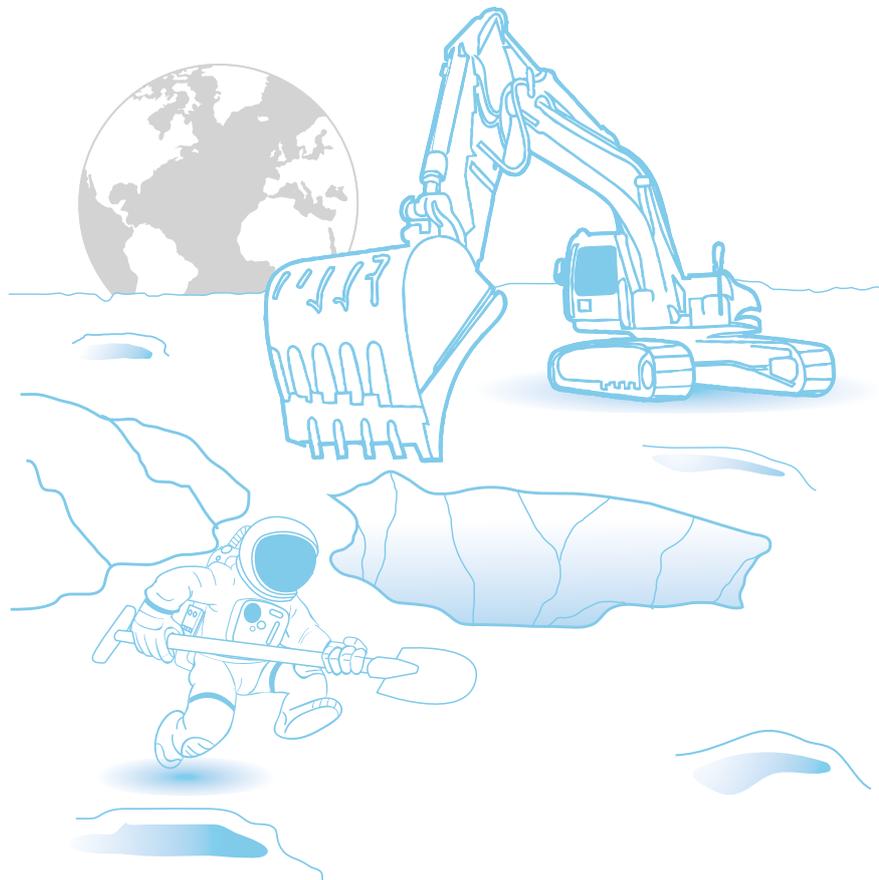
Chemie | C10

teach with space

→ EXTRAKTION VON WASSER AUS DEM MONDBODEN

Einführung in das Filtrieren und Destillieren





Lehrer*innenteil

Eckdaten, Kurzbeschreibung, Lernziele	Seite 3
Übersicht	Seite 4
Einleitung	Seite 5
Aufgabe 1: Ist das Wasser auf dem Mond anders?	Seite 6
Aufgabe 2: Filtrieren oder Destillieren?	Seite 9
Links	Seite 13
Anhang	Seite 14

teach with space – Extraktion von Wasser aus dem Mondboden | C10
www.esa.int/education

Das ESA Education Office (ESA-Bildungsbüro) freut sich über Rückmeldungen und
Kommentare
teachers@esa.int

Eine Produktion von ESA Education (ESA-Bildungsbüro) in Zusammenarbeit mit
ESERO UK
Copyright 2018 © European Space Agency

→ EXTRAKTION VON WASSER AUS DEM MONDBODEN

Einführung in das Filtrieren und Destillieren

Eckdaten

Fach: Chemie, Physik

Altersgruppe: 12-16 Jahre

Art: Laboraufgabe

Schwierigkeitsgrad: mittel

Vorbereitungszeit für den Lehrer:
30 Minuten

Zeitbedarf für den Unterricht: 1 Stunde und
20 Minuten

Kosten: niedrig – das gesamte
Versuchsmaterial dürfte in einem
wissenschaftlichen Schullabor vorhanden
sein

Ort: Labor

Einschließlich der Verwendung von:
vorbereiteter Blöcke aus Eis-Sand-Gemisch

Stichworte: Monderkundung, Filtrieren,
Destillieren, Aggregatzustände,
Phasenübergänge

Kurzbeschreibung

Bei dieser Ressource erfahren die Schüler etwas über die Veränderungen des Aggregatzustandes am Beispiel von Wasser auf dem Mond. Sie interpretieren Daten aus einem Druck-Temperatur-Diagramm für Wasser, um erörtern zu können, wie sich Änderungen des Aggregatzustandes auf dem Mond von denen auf der Erde unterscheiden. Danach vergleichen sie zwei Methoden zum Trennen von Gemischen im Zusammenhang mit dem Extrahieren von Wasser aus dem Mondboden. Sie erhalten vorbereitete, Mondboden-ähnliche Blöcke und vergleichen das einfache Destillieren mit dem Filtrieren und entscheiden, welche Methode auf der Erde und auf dem Mond die wirksamste ist.

Lernziele

- Lernen, wie sich Änderungen des Aggregatzustandes je nach Druck und Temperatur unterscheiden.
- Anhand des Teilchenmodells die Veränderungen des Aggregatzustandes verstehen.
- Die Verwendung des Destilliermaterials zur Trennung von Gemischen erlernen.
- Das Filtrieren zum Trennen von Gemischen verwenden.
- Versuche korrekt durchführen und dabei die richtige Handhabung der Geräte, der Messgenauigkeit und Maßnahmen zum Gesundheitsschutz und zur Sicherheit gebührend berücksichtigen.
- Bewertung von Methoden und Vorschläge für etwaige Verbesserungen und weitere Untersuchungen.
- Prozentsätze und prozentuale Veränderungen als einen Bruch oder eine Dezimale interpretieren.

→ Übersicht

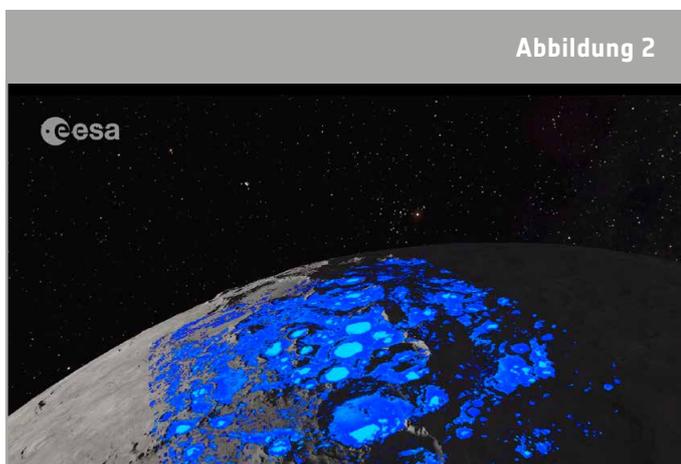
Zusammenfassung der Aufgaben					
	Bezeichnung	Beschreibung	Ergebnis	Anforderungen	Zeit
1	Ist das Wasser auf dem Mond anders?	Ermittlung der Wasserphasen. Analyse eines Druck-Temperatur-Diagramms für Wasser im Zusammenhang mit dem Mond.	Lernen, wie die Wasserextraktion auf dem Mond erfolgen könnte.	Keine	20 Minuten
2	Filtrieren oder Destillieren?	Vergleich der Filtrier- und Destillierprozesse für „Mond“-Eiskerne“.	Einen Versuch zum Filtrieren und Destillieren planen und durchführen.	Abschluss der Aufgabe 1 wird empfohlen	1 Stunde

→ EINLEITUNG

Zwischen 1969 und 1972 besuchten 12 Astronauten den Mond. Diese Mondmissionen waren die einzigen Zeitpunkte, wo sich Menschen auf einer anderen Welt als der Erde bewegten. Seitdem haben mehrere Satelliten und Robotermissionen den Mond untersucht. Eine dieser Missionen war SMART-1, die den Mond zwischen November 2004 und September 2006 umkreiste. SMART-1 nahm detaillierte Bilder der Oberfläche auf und untersuchte die Zusammensetzung des Gesteins. Die Mission endete mit einem absichtlichen Absturz auf die Mondoberfläche.



↑ SMART-1 der ESA war der erste europäische Mond-Orbiter



↑ Karte des Mond-Südpols, wo Wassereis in dem oberen Meter (dunkelblau) und auf der Oberfläche (hellblau) vergraben würde.

2009 wurde das Vorhandensein von Wasser auf den Mondpolen entdeckt. Allerdings existiert Wasser auf dem Mond nur in Eisform. Der Mond hat keine Atmosphäre, so dass der Druck auf der Oberfläche extrem niedrig ist. Bei niedrigen Drücken kann Wasser nur in der Form eines Festkörpers (Eis) oder eines Gases existieren. In einem ständig beschatteten Krater, wo die Temperatur bis auf -248°C fallen kann, existiert Wasser als Eis. Wird die Mondoberfläche von der Sonne erwärmt, kann sie Temperaturen von bis zu 123°C erreichen. Wegen des niedrigen Drucks auf dem Mond ändert Wassereis beim Erreichen von -40°C seinen Aggregatzustand direkt von Eis (Festkörper) zu Wasserdampf (Gas). Derzeit plant die ESA in Zusammenarbeit mit anderen Weltraumorganisationen die Entsendung von Robotermissionen und Astronauten zur erneuten Erkundung der Mondoberfläche.

Wenn wir künftig eine Siedlung auf dem Mond errichten wollen, müssen wir überlegen, wie wir das Eis aus dem Mondregolith (Boden) extrahieren wollen.

Bei dieser Aufgabensammlung sollen sich die Schüler vorstellen, sie seien auf einer Mondmission und müssten Wasser aus „Mond“-Eiskernen extrahieren.

→ Aufgabe 1: Ist das Wasser auf dem Mond anders?

Bei dieser Aufgabe untersuchen die Schüler die Aggregatzustände und die Phasenübergänge von Wasser. Sie analysieren das Phasendiagramm für Wasser und führen einen einfachen Versuch durch, um zu lernen, dass Druck und Temperatur den Aggregatzustand von Wasser beeinflussen. Zum Schluss übertragen die Schüler das Gelernte auf die Monderkundung und beantworten die Frage, wie Wasser aus dem Regolith auf dem Mond extrahiert werden könnte.

Versuchsmaterial

- Spritze
- Warmes Wasser
- Gedruckte Arbeitsblätter für jeden Schüler

Übung

Verteilen Sie die Arbeitsblätter an jeden Schüler. Die Schüler werden zunächst gebeten, die Veränderungen des Aggregatzustandes zu benennen (zu ermitteln):

- Bei der Sublimation ändert sich ein Festkörper zu einem Gas (keine Flüssigphase).
- Bei einer Deposition ändert sich ein Gas zu einem Festkörper (keine Flüssigphase).
- Beim Gefrieren ändert sich eine Flüssigkeit zu einem Festkörper.
- Beim Schmelzen ändert sich ein Festkörper zu einer Flüssigkeit.
- Bei der Verdunstung ändert sich eine Flüssigkeit zu einem Gas.
- Bei einer Kondensation ändert sich ein Gas zu einer Flüssigkeit.

Die Schüler müssen auch das Teilchenmodell für die drei Aggregatzustände zeichnen.

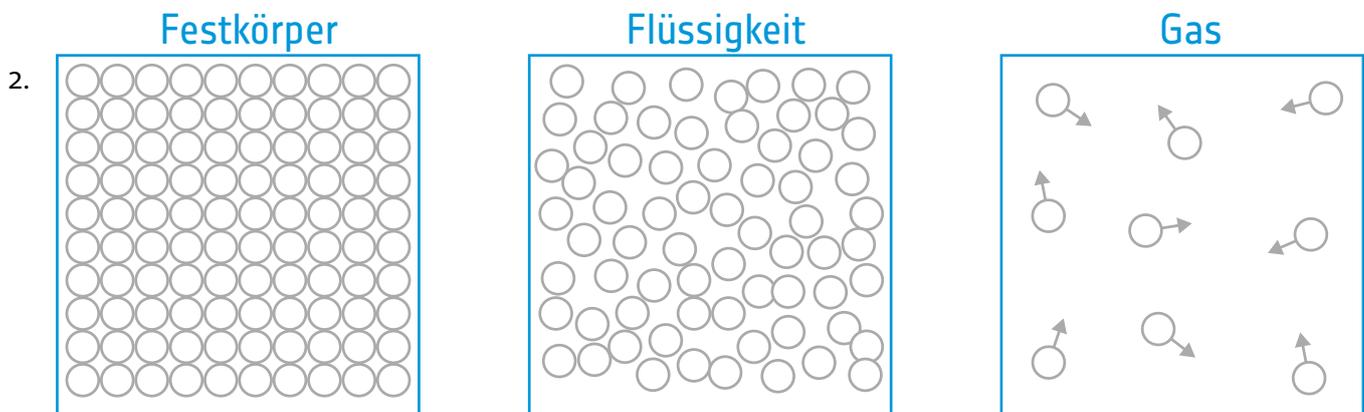
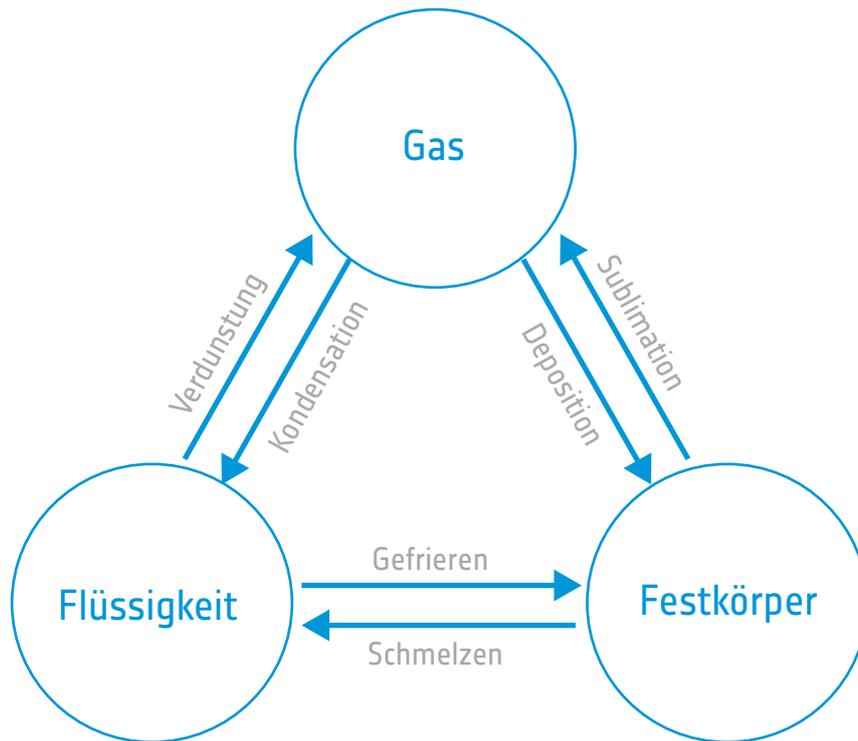
In Frage 3 müssen die Schüler einen Zusammenhang zwischen den Veränderungen des Aggregatzustandes von Wasser und Temperatur bzw. Druck herstellen. Sie können vertraute Beispiele wie einen Tauchgang (steigender Druck) und das Besteigen eines Berggipfels (abnehmender Druck) anführen.

Bei steigendem Druck siedet Wasser bei einer niedrigeren Temperatur. In Frage 4 b) können die Schüler die von ihnen in Frage 4 a) vorgestellte Hypothese anhand einer Spritze testen, um einen Bereich mit niedrigerem Druck zu erzeugen.

In Frage 5 bitten wir die Schüler, die gelernten Begriffe auf die Mondumgebung anzuwenden. Sie zunächst einige der vorherigen Beispiele auf den Mond zu übertragen: Auf einem Berggipfel auf der Erde ist der Luftdruck niedriger, weil dort weniger Atmosphäre existiert. Da es auf dem Mond keine Atmosphäre gibt, ist der Druck sehr niedrig.

Im Abschnitt Ergebnisse finden Sie die vollständigen Antworten zu den Fragen auf dem Arbeitsblatt für Schüler.

Ergebnisse



3.

Aggregatzustand des Wassers	Temperaturbereich (K)	Druck (atm)
Festkörper	<273	1
Flüssigkeit	273-373	1
Gas	>373	1

4. a. Der Siedepunkt von Wasser sinkt mit nachlassendem Druck ab. Bei sehr niedrigem Druck ($\sim 0,01$ atm) kann Wasser nicht in einem flüssigen Aggregatzustand existieren.

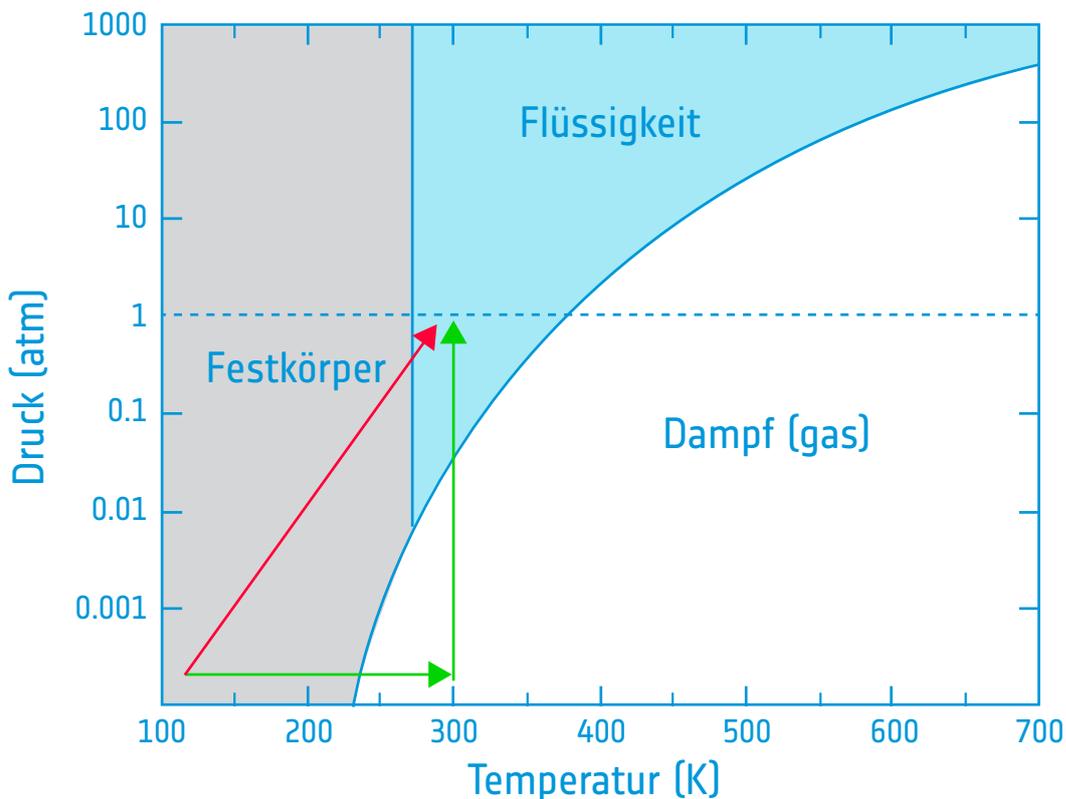
b. Der Druck in der Spritze nimmt ab. Auch wenn die Wassertemperatur unter 100°C liegt, erreicht Wasser den Siedepunkt und dürfte allmählich verdunsten.
5. a. Abbildung A2 zeigt, dass Wasser bei sehr niedrigen Drücken (nahe bei 0 atm) ungeachtet der Temperatur keine Flüssigphase hat. Da der Mond keine Atmosphäre hat, beträgt der Druck auf seiner Oberfläche ungefähr 0 atm, so dass das Wassereis sublimiert und dabei direkt von einem Festkörper zu einem Gas übergeht.

b. Festkörper (Eis)

c. Entfernt man das Eis von dem Krater, steigt die Temperatur. Wenn sich das Wassereis erwärmt, beginnt es zu sublimieren. Wird das Eis nicht in einem verschlossenen Behälter aufbewahrt, dissipiert es zu einem Gas, und das gesamte aufgefangene Wasser geht verloren. Dies lässt sich dadurch vermeiden, dass das Eis in einem verschlossenen Behälter aufbewahrt wird.

d. Um flüssiges Wasser zu erhalten, müssen die Temperatur und der Druck erhöht werden

e. Nachstehend sind einige Beispiele für richtige Antworten aufgeführt.



Beispiel 1 (grün): Erwärmung durch Sonnenlicht auf der Mondoberfläche, danach Druckanstieg in der Mondbasis.

Beispiel 2 (rot): Druckanstieg und Erwärmung gleichzeitig. Dies würde passieren, wenn die Proben direkt in eine unter Druck stehende Umgebung gelangten.

→ Aufgabe 2: Filtrieren oder Destillieren?

Bei dieser Aufgabe vergleichen die Schüler zwei Methoden der Trennung von Wasser und Sand: Filtrieren und Destillieren. Sie erhalten simulierte Kerne aus Mondeis und Sand, die sie bei ihrem Versuch verwenden, und berechnen die bei jedem Vorgang extrahierte Wassermasse in Prozent.

Versuchsmaterial

- Gedruckte Arbeitsblätter für Schüler für jede Gruppe
- Vorbereitete Eiskerne (siehe Anhang)
 - Waagschalen
 - Sand und Wasser
 - Reagenzglasverpackung o.ä.

Filtriermaterial

- Erlenmeyerkolben
- Messzylinder
- Filterpapier
- Trichter
- Bunsenbrenner (wahlweise, zum Schmelzen der Eiskerne)

Destilliermaterial

- Bunsenbrenner oder Kochplatte bzw. Kochring
- Erlenmeyerkolben
- Dreifuß
- Spund mit Loch für Kunststoff- bzw. Gummileitung
- Große Dose mit seitlichem Loch
- Eiswürfel (zum Kühlen der Leitungen)
- Kleines Stück Kupferleitung (wahlweise – verbessert die Kühlung)
- Messzylinder

Vorbereitung des Destilliermaterials

Die Kupferleitung (falls vorhanden) und der größte Teil der Kunststoff- bzw. Gummileitung sollten in die Dose eingelegt und mit Eis bedeckt werden. Alle Teile der Leitungen sollten luftdicht abgeschlossen sein.

Sicherheit und Gesundheitsschutz

Beim Erwärmen des Eis-Sand-Gemischs müssen die Schüler eine Schutzbrille tragen.

Bei Verwendung des Bunsenbrenners: Der zum Filtrieren verwendete Erlenmeyerkolben sollte nach Entfernung der Wärmequelle und vor der Handhabung mindestens fünf Minuten lang abkühlen. Der Kolben darf dann nur am oberen Teil am Kolbenhals gehalten werden.

Alle Teile des Destilliermaterials, einschließlich des Messzylinders, werden heiß und könnten bei der Handhabung Verbrennungen verursachen.

Der zum Destillieren verwendete Messzylinder sollte nach Entfernung der Wärmequelle und vor der Handhabung mindestens fünf Minuten lang abkühlen.

Wenn aus dem Ende der Leitung Dampf oder übermäßiger Wasserdampf austritt, ist der Bunsenbrenner vorübergehend vom Erlenmeyerkolben wegzustellen.

Beim Verschieben des Bunsenbrenners während des Destillierversuchs ist er nur an der Grundfläche zu halten und ist die Flamme zu reduzieren.

Sobald das Gemisch im Erlenmeyerkolben Blasen schlägt, muss die Wärmequelle entfernt werden, um ein Überhitzen des Glasmaterials zu vermeiden.

Übung

Teilen Sie die Schüler in Vierergruppen auf. Jede Gruppe erprobt beide Methoden: Filtrieren und Destillieren. Vor der Durchführung haben die Schüler jede Untersuchung zu planen. Ihr Plan ist zu überprüfen und das Versuchsmaterial anzuordnen, bevor sie die Eiskerne erhalten.

Nachstehende Schlüsselemente müssen die Schüler berücksichtigen:

Filtrieren

1. Die Sicherheitsbestimmungen lesen und dementsprechend planen.
2. Das Filtriermaterial wie in dem Diagramm anordnen.
3. Die Masse der Eiskerne in der Schale messen und den Wert aufzeichnen.
4. Die Eiskerne aus der Schale nehmen und in den Erlenmeyerkolben legen.
5. Die Masse der leeren Schale messen (von der Gesamtmasse in Schritt 3 abziehen).
6. Die Eiskerne schmelzen lassen.
7. Das Gemisch filtern.
8. Das Volumen des aufgefangenen Wassers messen.
9. Den Prozentsatz der Masse des aufgefangenen Wassers berechnen.

Destillieren

1. Die Sicherheitsbestimmungen lesen und dementsprechend planen.
2. Das Destilliermaterial wie in dem Diagramm anordnen.
3. Die Masse der Eiskerne in der Schale messen und den Wert aufzeichnen.
4. Die Eiskerne aus der Schale nehmen und in den Erlenmeyerkolben legen.
5. Die Masse der leeren Schale messen (von der Gesamtmasse in Schritt 3 abziehen).
6. Das Gemisch kochen, bis es trocken ist.
7. Das Volumen des aufgefangenen Wassers messen.
8. Den Prozentsatz der Masse des aufgefangenen Wassers berechnen.

Die Schüler sollten ihre Ergebnisse vergleichen und erörtern, mit welchen Methoden sich am meisten Wasser auffangen lässt und was ihrer Meinung nach der Grund dafür ist. Sie sollten darüber sprechen, wie Wasser bei beiden Methoden verloren gehen könnte. Sie sollten zu dem Schluss kommen, dass

- bei der Filtriermethode Wasser noch im Sand und im Filterpapier verbleibt;
- beim Destillieren Wasser durch Wasserdampf verlorengehen kann und etwas davon in den Leitungen verbleibt.

Der Destillierprozess ist am energieintensivsten, wenn er im Labor durchgeführt wird. Dies wäre auf dem Mond nicht notwendigerweise der Fall, da die Destillation (bzw. genauer die Sublimation) bei niedrigen Temperaturen in einer Umgebung mit sehr niedrigem Druck (siehe Abbildung A2 der Aufgabe 1) stattfinden könnte; der Wasserdampf kondensiert dann als eine Flüssigkeit in einer unter Druck stehenden Umgebung.

Ergebnisse

2. Erörtern Sie die Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen für die Aufgabe und achten Sie darauf, dass alle Maßnahmen im Abschnitt Sicherheit und Gesundheitsschutz eingehalten werden. Nachstehend sind einige Beispiele für Vor- und Nachteile des Filtrierens und Destillierens angegeben.

3. Nachstehend sind einige Beispiele für Vor- und Nachteile des Filtrierens und Destillierens angegeben.

Erörtern Sie mit den Schülern, wie bei jeder Methode die Energie zum Einsatz kommt und welche mehr davon erfordert. Dies ist ein kleines Beispiel des Versuchs; somit können Sie auch erörtern lassen, wie einfach es wäre, die Versuche auf ein praktisches Niveau zu skalieren.

	Vorteile	Nachteile
Filtrieren	<ul style="list-style-type: none"> • Energieeffizient • Kostengünstig • Einfache Vorrichtung • Skalierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Langsam • Versuchsmaterial hängt von dem Gemisch ab • Ein Teil der Flüssigkeit verbleibt im Rückstand
Destillieren	<ul style="list-style-type: none"> • Tötet schädliche Bakterien ab • Durch Temperaturänderung an verschiedene Gemische anpassbar • Skalierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Erfordert mehr Energie für die Erwärmung • Kompliziertere Anordnung

4. Vor der Durchführung des Verfahrens müssen die Schüler die Masse der Eiskerne berechnen.

5. Die Schüler müssen die Masse des aus den Eiskernen extrahierten Wassers messen.

6. Ein Beispiel dafür, wieviel Wasser bei den verschiedenen Methoden aufgefangen wird:

$$\frac{\text{Wassermasse}}{\text{Masse der Eiskerne}} \times 100$$

Masse der Eiskerne (g)	Filtrieren		Destillieren	
	Wassermasse (g)	% gewonnen	Wassermasse (g)	% gewonnen
100	19	19%	36	36%

7. Regen Sie Erörterungen dazu an, wo Wasser bei dem Versuch verlorengegangen sein könnte, und welche Unterschiede zwischen den beiden Verfahren bestehen. Dies bietet eine gute Gelegenheit, um zu fragen, wie sich die Versuche in Zukunft verbessern ließen.

8. Erörtern Sie Möglichkeiten, um die Reinheit des Wassers zu prüfen (Prüfung durch Augenschein ist wahrscheinlich am einfachsten), und wo Unreinheiten bzw. Bakterien oder Schadstoffe vorhanden sein könnten.

9. a. Auf der Erde erfordert das Destillieren mehr Wärmeenergie zum Erhitzen der Kerne im Vergleich zum Schmelzen der Kerne beim Filtrieren. Destillieren erfordert zwei Zustandsänderungen im Vergleich zu einer einzigen beim Filtrieren.
- b. Auf dem Mond würden die Methoden ungefähr einen gleich hohen Betrag an Energie erfordern, da beide einen Anstieg von Wärme und Druck erfordern würden, um flüssiges Wasser zu erhalten.
10. Auf dem Mond ist der Druck zu niedrig, als dass flüssiges Wasser existieren könnte. Würde man diese Untersuchung auf dem Mond in einer Umgebung durchführen, die nicht unter Druck steht, würde man kein flüssiges Wasser gewinnen. Beim Erwärmen der Eiskerne würde das Eis sublimieren, und das Gas würde entweichen, ohne dass Wasser zurückbleibt. In diesem Fall müsste man einen verschlossenen Druckbehälter verwenden.
11. Relevante Vorschläge der Schüler.
12. Beispiel aus den oben stehenden Ergebnissen:

Destillieren ist am effizientesten, da dadurch 36% Wasser aufgefangen werden gegenüber 19% beim Filtrieren.

$$\frac{36}{100} * 1 \text{ kg} = 0,36 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} = 1 \text{ l} \text{ so } 0.36 \text{ kg} = 0,36 \text{ l} = 360 \text{ ml}$$

13. Berechnen Sie zuerst die Wassermasse pro Tag für einen Astronauten:

$$\frac{6}{0,36} = 16,7 \text{ kg}$$

Für 6 Astronauten: $16,7 * 6 = 100,2 \text{ kg}$

Schlussfolgerung

Die Schüler sollten zu der Schlussfolgerung gelangen, dass Destillieren auf der Erde viel mehr Energie verbraucht als Filtrieren. Allerdings bedeutet auf dem Mond der niedrige Druck aufgrund der fehlenden Atmosphäre, dass beide Methoden einen Druckaufbau und Erwärmung benötigen, um flüssiges Wasser zu extrahieren. Sie sollten auch schlussfolgern, welche der von ihnen verwendeten Methoden am effizientesten war. Die Schüler sollten sich bewusst werden, dass wir viel Wasser benötigen, um auf dem Mond zu überleben, und dass dies eine große Herausforderung darstellt, der sich die Weltraumorganisationen stellen.

→ LINKS

ESA-Ressourcen

Moon Camp Challenge:

esa.int/mooncamp

Mondanimationen zu den Grundlagen des Lebens auf dem Mond:

esa.int/Education/Moon_Camp/The_basics_of_living

ESA-Ressourcen für die Schulklasse:

esa.int/Education/Classroom_resources

ESA-Missionen

Das ESA-Projekt PROSPECT untersucht Bohrungen auf dem Mond zur Probenahme von Mondeis:

exploration.esa.int/moon/59102-about-prospect

ESA Smart-1, der erste europäische Mondorbiter:

sci.esa.int/smart-1

Zusatzinformationen

Der Mond, interaktiver Leitfaden der ESA:

lunarexploration.esa.int

Airbus Foundation Discovery Space, Wasser auf dem Mond:

youtube.com/watch?v=wHJ3F7eIxEM

Probenahme von Wassereis und anderen flüchtigen Stoffen aus Eis:

lunarexploration.esa.int/#/library?a=293

Wasser und flüchtige Stoffe auf dem Mond:

lunarexploration.esa.int/#/library?a=252

→ Anhang: Vorbereitung der Eiskerne



Die Eiskerne sollten am Tag vor der praktischen Aufgabe vorbereitet werden. In diesem Beispiel wurde Verpackungsmaterial für Reagenzgläser verwendet, aber jeder Behälter, mit dem sich Eisstückchen herstellen lassen, die klein genug für den Erlenmeyerkolben sind, erfüllt auch seinen Zweck. Das Gesamtvolumen des Behälters sollte dadurch gemessen werden, dass der Behälter mit Wasser aufgefüllt wird, das anschließend in einen Messzylinder gegossen wird. Danach sollte der Behälter zur Hälfte seines Volumens mit Sand und zur Hälfte mit Wasser gefüllt werden. Anschließend sollte er auf eine ebene Fläche im Gefrierfach gestellt werden.

Die Eiskerne sollten erst unmittelbar vor ihrer Verwendung aus dem Gefrierfach genommen werden, weil der sandige Teil des Gemischs rasch schmelzen kann und dann im Behälter verbleibt.