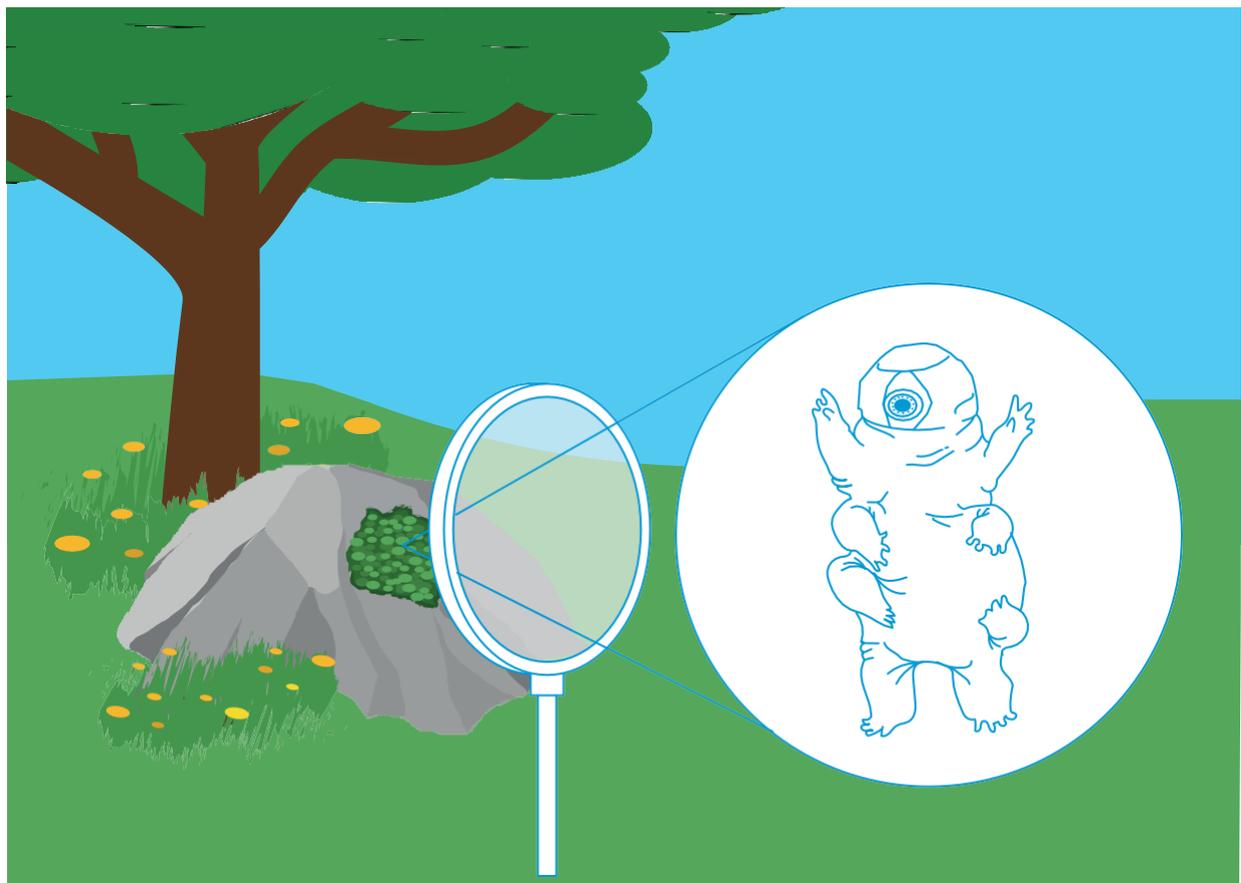
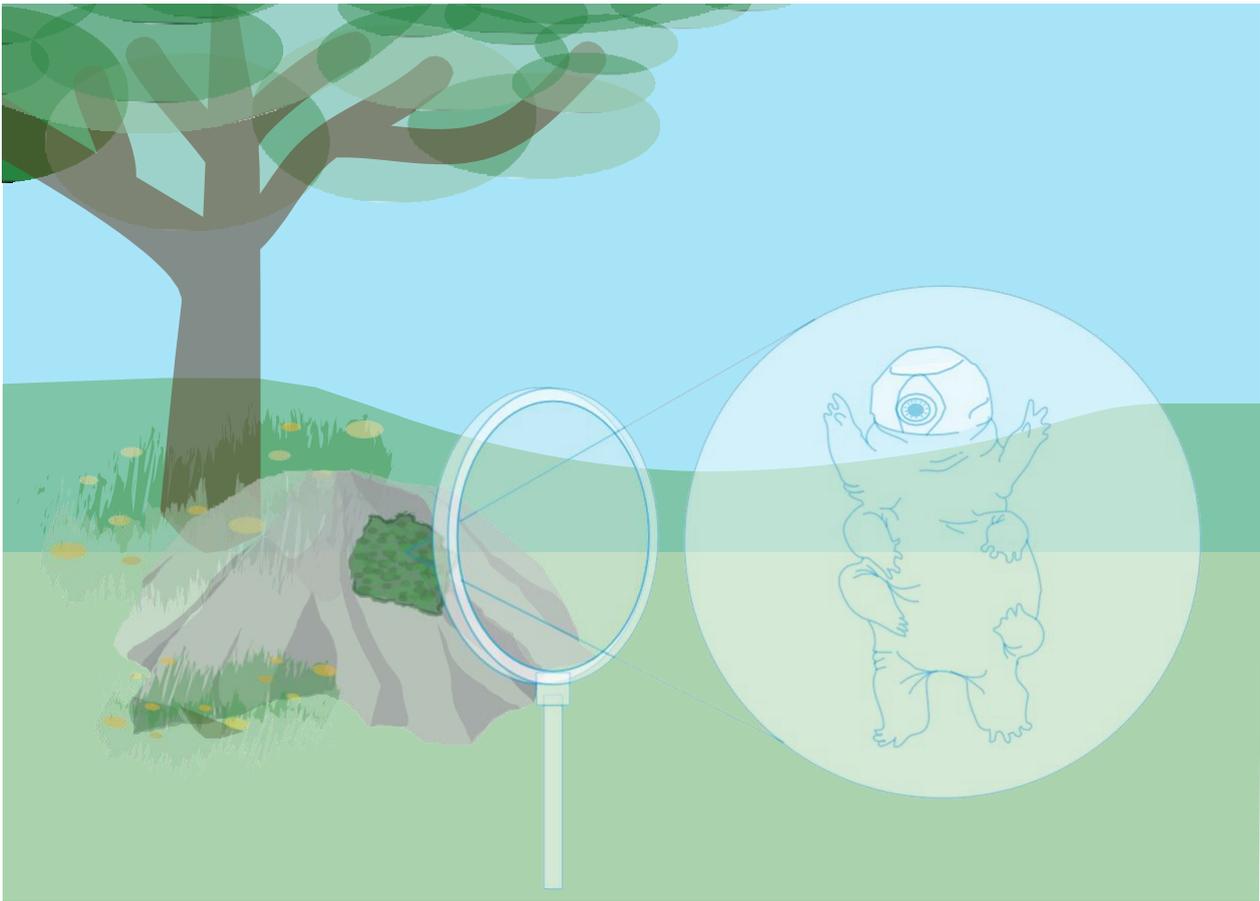


teach with space

→ WELTRAUMBÄREN

Laborversuche mit Bärtierchen





Leitfaden für Lehrer

Die wichtigsten Fakten	Seite 3
Zusammenfassung der Aufgaben	Seite 4
Aufgabe 1: Einsammeln der Bärtierche	Seite 5
Aufgabe 2: Die Bärtierchen einschlafe lassen	Seite 6
Aufgabe 3: Halten sie durch?	Seite 7
Aufgabe 4: Bärtierchen im Weltraum	Seite 9
Arbeitsblatt für Schüler	Seite 11
Link	Seite 18

teach with space –Weltraumbären | B10
www.esa.int/education

Das ESA-Bildungsbüro freut sich über Rückmeldungen und Kommentare
teachers@esa.int

Eine Produktion von ESA Education (ESA-Bildungsbüro) in
Zusammenarbeit mit ESERO Polen
Copyright 2019 © European Space Agency

→ WELTRAUMBÄREN

Laborversuch mit Bärtierchen

Die wichtigsten Fakten

Fach: Biologie

Altersgruppe: 12-16 Jahre

Art: Aufgabe für Schüler, Laboraufgaben

Schwierigkeitsgrad: hoch

Zeitbedarf für den Unterricht: 2 Stunden und 20 Minuten

Kosten: mittel (10 - 30 Euro)

Ort: Schullabor

Einschließlich der Verwendung von: lebenden Organismen, Mikroskopen, Herd, Kühlschrank, Chemikalien, Laborausrüstung

Stichworte: Biologie, Kryptobiose, Anhydrobiose, kosmische Strahlung, Bärtierchen, Tardigrada

Kurzbeschreibung

In dieser Sammlung experimenteller Aufgaben untersuchen die Schüler die Überlebensfähigkeiten von Bärtierchen, auch als Tardigrada bekannt. Sie erkunden, wie sie Bärtierchen einsammeln können und welche Extrembedingungen sie im Labor simulieren können. Sie setzen die eingesammelten Bärtierchen diesen Extrembedingungen aus und schlussfolgern, in welcher Umgebung sie überleben können. Das Ziel dieser Ressource besteht darin, die Widerstandsfähigkeit der Bärtierchen gegenüber extremen Umgebungsbedingungen zu testen und deren Überlebensfähigkeit mit der Weltraumumgebung zu verknüpfen.

Vor dem Beginn dieser Aufgabe schlagen wir vor, die Aufgabe *Könnte das Leben in außerirdischen Umgebungen überleben?* durchzuführen, die eine Einführung in das Leben in extremen Umgebungen bietet.

Lernziele

- Mehr über Bärtierchen und die extremen Bedingungen erfahren, unter denen sie überleben können.
- Mehr über Kryptobiose und deren Beitrag zum Überleben der Bärtierchen erfahren.
- Untersuchung der Auswirkungen der Änderung einer Variablen in einem System.
- Geeignete Durchführung von Versuchen unter Berücksichtigung der richtigen Handhabung von Geräten, der Messgenauigkeit und Überlegungen zur Sicherheit und zum Gesundheitsschutz.
- Beurteilung von Methoden und Vorschläge für etwaige Verbesserungen und weitere Untersuchungen.

→ Zusammenfassung der Aufgaben

Zusammenfassung der Aufgaben					
	Bezeichnung	Beschreibung	Ergebnis	Anforderungen	Zeit
1	Einsammeln der Bärtierchen	Einsammeln von Bärtierchen von Moos oder Flechten.	Haltet beim Einsammeln von Bärtierchen ein experimentelles Verfahren ein. Plant eine experimentelle Untersuchung.	Der Abschluss der Aufgabe <i>Könnte das Leben in außerirdischen Umgebungen überleben?</i> wird empfohlen.	30 Minuten + über Nacht
2	Die Bärtierchen einschlafen lassen	Verlegt die Bärtierchen von den Petrischalen in die kleinen Behälter und lagert sie an einem trockenen Ort. Das Wasser sollte trocknen, und die Anhydrobiose sollte eingeleitet werden.	Stellt Beobachtungen mit dem Mikroskop an. Lernt, wie man die Bärtierchen identifiziert und die Anhydrobiose einleitet.	Abschluss der Aufgabe 1.	30 Minuten + über Nacht
3	Halten sie durch?	Während sich die Bärtierchen in Anhydrobiose befinden, können die Schüler deren Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen Extrembedingungen erproben.	Führt einen Versuch durch, um zu untersuchen, wie sich verschiedene Umgebungsbedingungen auf Bärtierchen auswirken.	Abschluss der Aufgabe 2.	1 Stunde
4	Bärtierchen im Weltraum	Vergleicht die Umwelt auf der Erde mit der auf dem Mars.	Lernt, dass der Weltraum eine sehr feindliche Umgebung ist und dass das Leben unter diesen Extrembedingungen höchstwahrscheinlich nicht überleben würde.	keine	20 Min.

→ Aufgabe 1: Einsammeln der Bärtierchen

Bei dieser Aufgabe lernen die Schüler, wie und wo sie Bärtierchen einsammeln können. Sie führen diese Schritte durch und bereiten Bärtierchen-Proben für die nachstehenden Aufgaben vor.

Versuchsmaterial

- Ausgedrucktes Arbeitsblatt für Schüler für jede Gruppe
- Moos- oder Flechtenprobe für jede Gruppe
- Leitungswasser oder demineralisiertes Wasser
- 1 Petrischale für jede Zweiergruppe

Übung 1 – Die Bärtierchen finden

Geben Sie als Einleitung einen Überblick über die Eigenschaften der Bärtierchen und erörtern Sie, welche Extrembedingungen Organismen auf der Erde und im Weltraum antreffen und überleben können oder bitten Sie die Schüler, unabhängige Untersuchungen anzustellen.

Bärtierchen lassen sich von Moos- oder Flechtenproben einsammeln. Das Einsammeln der Moose kann durch den Lehrer oder die Schüler unter Einhaltung der Anweisungen auf den Arbeitsblättern für Schüler erfolgen. Nach dem Einsammeln sollte das Moos vollständig trocknen, bevor es zum Einsammeln der Bärtierchen vorbereitet wird.

Übung 2 – Vorbereitung der Moosproben

Teilen Sie die Klasse in Zweier- oder Dreiergruppen auf. Die Schüler sollten ein Mooskissen auswählen, das genau in ihre Petrischale passt, und den größten Teil des lockeren Bodens bzw. der Schmutzteilchen entfernen. Anschließend sollten sie das Verfahren in ihrem Arbeitsblatt für Schüler abschließen.

Übung 3 – Planen Sie Ihren Versuch

Die Schüler sollten planen, wie sie die Überlebensfähigkeiten der Bärtierchen erproben wollen. Die Schüler werden gebeten, drei extreme Umweltbedingungen aufzuführen, in denen Bärtierchen überleben können.

Beispiele für vorgeschlagene Antworten sind:

- Extreme Temperaturen
- Keine Luft (unterschiedliche atmosphärische Bedingungen)
- Hohe Strahlungspegel
- Kein Flüssigwasser
- Hoher Salzgehalt
- Extremer pH-Wert

Erörtern Sie die Versuche, die sie durchführen wollen. Überlegen Sie:

- Welche Arten von Versuchen können Sie durchführen?
- Wie lassen sich diese Versuche konzipieren?

Die Schüler sollten die Abschnitte Bezeichnung, Ziel, Hypothese und Methode im *Untersuchungsbericht* in ihrem Arbeitsblatt für Schüler ausfüllen.

→ Aufgabe 2: Die Bärtierchen einschlafen lassen

Bei dieser Aufgabe verlegen die Schüler ihre Bärtierchen in kleine Behälter und leiten die Anhydrobiose ein, indem sie sie trocknen lassen. Die Schüler sollten herausfinden, dass Bärtierchen als Reaktion auf die widrigen Umweltbedingungen in einen neuen Stoffwechsellzustand gelangen. Dabei kommt es darauf an, dass die Bärtierchen in diesen Tönncenzustand gelangen, um diese extremen Umweltbedingungen zu überleben.

Versuchsmaterial für jede Zweiergruppe

- Ausgedrucktes Arbeitsblatt für Schüler für jede Gruppe
- Mikroskop und/oder Lupe
- Kleiner durchsichtiger Behälter (Münzbehälter o.ä.)
- Pipetten
- Petrischale mit durchtränktem Moos (aus Aufgabe 1)
- Schwarzer Karton o.ä., der zur Kontrastverbesserung unter das Mikro-Aquarium gelegt wird
- Taschenlampe

Übung 1 – Einleitung der Anhydrobiose

Bei dieser Übung müssen die Schüler einen kleinen, durchsichtigen Behälter wie einen Münzbehälter o.ä. benutzen. Der Behälter sollte klare, glasähnliche Wände haben.

Es wird empfohlen, dass der Lehrer einige Bärtierchen vor dem Unterricht vorbereitet, falls es einigen Gruppen nicht gelingt, diese aus ihrem Moos zu extrahieren. Falls die Schüler keine Bärtierchen finden konnten, können Sie erörtern, weshalb sie keine gefunden haben. Haben sie vielleicht die falsche Moosart eingesammelt?

In Zweiergruppen sollten sich die Schüler nach den Anweisungen auf dem Arbeitsblatt für Schüler richten, um die Anhydrobiose als Vorbereitung für die Erprobung der Überlebensfähigkeiten der Bärtierchen einzuleiten. Zeigen Sie einige Bilder von Bärtierchen, die mit dem Mikroskop aufgenommen wurden, damit die Schüler wissen, wonach sie suchen. Bitten Sie die Schüler, nach dem Ausdrücken des Mooses ihre Proben unter einem Mikroskop oder einer Lupe zu beobachten. Sie sollten ihre Bärtierchen auf ihrem Arbeitsblatt für Schüler zeichnen.

Danach müssen die Schüler das (die) Bärtierchen in ihre(n) kleinen Behälter verlegen. Das Restwasser sollte langsam – d.h. in 6 bis 7 Stunden – bei fast völlig geschlossenem Behälter verdunsten. Eine schnellere Verdunstung bringt die Bärtierchen um.

Bevor die Schüler zu Aufgabe 3 übergehen, sollten sie ihren Versuchsplan überarbeiten.

→ Aufgabe 3: Halten sie durch? Durchführung der Versuche

Die Schüler setzen die eingetrockneten unterschiedlichen Bedingungen aus, wobei sie extreme Umweltbedingungen simulieren.

Versuchsmaterial

- Kleine(r) durchsichtige(r) Behälter mit Bärtierchen-Probe (aus Aufgabe 2)
- Pipetten
- Laborthermometer
- Kühlschrank / Gefrierschrank
- Mikrowellenherd
- Warmes Wasser oder Wärmequelle (Infrarotlampe o.ä.)
- Salzlösungen in unterschiedlicher Konzentration
- Lösungen mit verschiedenen pH-Werten
- Mikroskope und/oder Lupe

Sicherheit und Gesundheitsschutz

Im Rahmen dieser Versuche kommen Chemikalien und Wasser mit hohen Temperaturen zum Einsatz. Achten Sie bitte darauf, dass diese anhand der Erfahrungen der Schüler, der sicherheitsrelevanten und rechtlichen Leitlinien Ihrer Schule und des verfügbaren Versuchsmaterials sicher verwendet werden.

Für Chemikalien richten Sie sich bitte nach den Sicherheitsdatenblättern.

Übung – Durchführung der Versuche

Jede Zweiergruppe sollte ihre Proben aus Aufgabe 2 nehmen und die Bärtierchen unter dem Mikroskop oder der Lupe beobachten. Ein zehnfacher Vergrößerungsfaktor ist ausreichend. Bei dieser Vergrößerung sollten die Schüler einige der Hauptmerkmale des Bärtierchen-Tönchens ermitteln können. Bitten Sie sie, zu zeichnen, wie die Bärtierchen aussehen.

Dann sollten die Schüler ihre Versuche vorbereiten. Neben den verschiedenen Versuchen sollte jede Gruppe eine Kontrollprobe haben, die am Ende einfach mit Leitungswasser wiederbelebt wird.



↑ Bärtierchen im Tönchenzustand

Durchführung der Versuche

Die Schüler sollten ihre Beobachtungen während des Versuchs aufschreiben. Achten Sie darauf, dass die Expositionszeit während jedes Versuchs konstant bleibt.

Helfen Sie den Schülern die Versuchsbedingungen zu realen Beispielen in Bezug zu setzen; beispielsweise können die Extremtemperaturen auf dem Mond von 123 °C am Tag bis zu -233 °C bei Nacht reichen.

1. Wärme

Die Schüler sollten einen Tropfen warmes Wasser auf die eingetrocknete Probe träufeln. Das Wasser dürfte die Bärtierchen aus ihrem Tönchenzustand herausholen, doch wegen der hohen Wassertemperatur geraten sie auch unter enormen Stress. Wenn das Wasser abgekühlt ist, sollten die Schüler die Proben beobachten und das Verhalten der Bärtierchen registrieren. Anstelle von warmem Wasser könnten die Schüler auch eine Infrarotlampe oder einen Brutzyklus für diesen Versuch verwenden.

Beispiel von zu erprobenden Temperaturbedingungen: 40 °C, 60 °C, 80 °C, 90 °C.

2. Kälte

Legen Sie Ihre Probe für einige Stunden oder über Nacht in den Gefrierapparat und/oder Kühlschrank, wenn möglich bei unterschiedlichen Temperaturen, beispielsweise unter Einsatz verschiedener Kühlschränke, Gefrierapparate oder von Trockeneis. Nachdem die Proben der Kälte ausgesetzt wurden, sollten die Schüler sie aus ihrem Tönchenzustand herausholen.

Beispiel von zu erprobenden Bedingungen bei niedriger Temperatur:

- < -79 °C Trockeneis
- 18 °C Gefrierapparat
- 0 °C Wassereis
- 5 °C Kühlschrank

Diese Erörterung sollte dahingehend weitergeführt werden, dass die Schüler gebeten werden, sich zu überlegen und aufzuschreiben, welche Parameter gegeben sein müssen, damit etwas als lebend gilt (aus Zellen bestehen, Energie aufnehmen und verbrauchen, wachsen und sich entwickeln, sich fortpflanzen, auf seine Umgebung reagieren, sich seiner Umgebung anpassen).

3. Salzgehalt

Bereiten Sie Lösungen mit unterschiedlichem Salzgehalt vor. Die Schüler sollten einen Tropfen der Lösung auf ihre Proben träufeln und deren Verhalten beobachten. Das Wasser in der Lösung dürfte die Bärtierchen aus dem Tönchenzustand herausholen, doch wegen des Salzgehalts des Wassers geraten sie unter enormen Stress. Nach Abschluss des Versuchs sollten die Schüler durch Zugabe eines Tropfens Leitungswasser die Wiederbelebung der Bärtierchen vornehmen.

Von einigen der Jupiter- und Saturn-Monde wird angenommen, dass sie unterirdische Salzwasser-Meere aufweisen.

Beispiel von zu erprobenden Salzgehalt-Bedingungen:

- 0,9 % isotonische Kochsalzlösung
- ~3,5 % Atlantischer Ozean
- ~34 % Totes Meer
- ~43 % Gaet'ale-Teich – salzigstes Gewässer der Erde

4. Azidität

Sicherheit und Gesundheitsschutz

Der Lehrer sollte diesen Versuch überwachen. Er beinhaltet den Umgang mit Lösungen mit einem extremen pH-Wert.

Bereiten Sie Lösungen mit einem unterschiedlichen pH-Wert vor; die Schüler sollten einen Tropfen davon zu ihren Proben geben und deren Verhalten beobachten. Der Tropfen dürfte den Wiederbelebungsmechanismus einleiten, doch wegen des pH-Wertes des Wassers geraten die Bärtierchen unter enormen Stress.

Nachdem die Proben unterschiedlichen pH-Werten ausgesetzt wurden, sollten die Schüler die Bärtierchen durch Zugabe eines Tropfens Leitungswasser wiederbeleben.

In unserem Sonnensystem findet sich eine Vielzahl von pH-Bedingungen – von den Säurewolken der Venus und den sauren Seen des Jupitermondes Europa bis zu dem basischen Gestein unseres Nachbarplaneten Mars.

pH 3 bis 5 – saures Milieu

pH 9 bis 11 – basisches Milieu

pH 7 – Kontrollprobe

5. Strahlung

Zur Simulierung der Auswirkung hoher Strahlung auf die Proben sollten die Schüler ihre Proben in einen Mikrowellenherd stellen. Zwar emittieren Mikrowellen sehr viel geringere Strahlungsniveaus als im Weltraum, sind jedoch als Beispiel für diesen Versuch geeignet. Um zu vermeiden, dass die Bärtierchen durch die Mikrowellen erwärmt werden, kann gleichzeitig ein Becherglas mit Wasser in die Mikrowelle gestellt werden, um die Wärme zu absorbieren. Vorsicht beim Herausnehmen des Wassers – es erwärmt sich.

Die Schüler sollten die Intensität der Strahlung variieren, doch die Expositionszeit sollte in allen Fällen dieselbe sein. Wir schlagen vor, bei dem Versuch mit einer Expositionszeit der Probe von 30 Sekunden zu beginnen.

Nachdem die Proben der Strahlung ausgesetzt wurden, sollten die Schüler die Bärtierchen durch Zugabe eines Tropfens Leitungswasser wiederbeleben.

Die Erdatmosphäre schützt uns vor dem größten Teil der gefährlichen kosmischen Strahlung. Viele Himmelskörper des Sonnensystems, wie unser Mond, bieten keinen Schutz vor dieser gefährlichen Strahlung. Dies wird auf der Internationalen Raumstation (ISS) sehr genau überwacht, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der dort lebenden Astronauten zu gewährleisten.

Beispiel zu erprobender Strahlungsbedingungen: niedrig (~100 W), mittel (~400 W), hoch (~800 W).

Nach dem Abschluss ihrer Versuche sollten die Schüler ihre Proben beobachten, notieren, ob die Bärtierchen noch leben und sich bewegen oder sich noch in ihrem Tönnchenzustand befinden. Einige Bärtierchen haben sich möglicherweise je nach dem durchgeführten Versuch schon wiederbelebt. Die Schüler sollten ihre Ergebnisse notieren und einen Untersuchungsbericht für ihren Versuch ausfüllen. Eine Berichtsvorlage findet sich in ihren Arbeitsblättern für Schüler.

→ Aufgabe 4: Bärtierchen im Weltraum

Die Schüler verknüpfen die von ihnen durchgeführten Versuche mit der Suche nach Leben anderswo im Universum

Versuchsmaterial für jede Zweiergruppe

- Arbeitsblatt für Schüler

Ergebnisse

Im Vergleich zur Erde weist der Mars sehr extreme Umweltbedingungen auf. Er hat eine sehr dünne, kohlendioxidreiche Atmosphäre, die keinen Schutz vor Strahlung bietet. Der atmosphärische Druck ist sehr niedrig. Flüssiges Wasser auf der Oberfläche ist instabil. Trotz dieser widrigen Bedingungen gibt es einige terrestrische Mikro-Organismen, die auf dem Mars überleben könnten. Die Bärtierchen wären höchstwahrscheinlich in der Lage, die Umweltbedingungen auf dem Mars für eine kurze Zeit zu überleben, sie wären jedoch nicht in der Lage, unter diesen Bedingungen zu gedeihen. Bärtierchen können nicht gut überleben, wenn sie einer hohen UV-Strahlung ausgesetzt sind, weshalb sie zum langfristigen Überleben auf dem Mars irgendeinen Schutz benötigen.

Erstmalig wird der ExoMars-Rover in der Lage sein, bis in eine maximale Tiefe von 2 m unter der Marsoberfläche zu bohren. Falls in der Vergangenheit Leben auf dem Mars existierte, als es möglicherweise wärmer und feuchter war, wäre hier der ideale Ort, um Nachweise dafür zu finden, da er vor der widrigen Oberflächenumgebung geschützt wäre.

Die Weltraumorganisationen müssen gewährleisten, dass sie von anderen Welten kein gefährliches Material zurück zur Erde bringen. Gleichzeitig müssen sie gewährleisten, dass sie auf anderen Planeten und Monden keine terrestrische biologische Kontamination einführen, die Potential für vergangenes oder künftiges Leben hätte. Bei Weltraummissionen werden mehrere Vorsichtsmaßnahmen getroffen, um eine Kreuzkontamination zu vermeiden. Weltraummissionen werden in extrem reinen Labors vorbereitet, und sie sind gesetzlich verpflichtet, die Einschränkungen zum Schutz der Planeten einzuhalten.

Diskussion

Erörtern Sie die Notwendigkeit zur Verwendung einer Kontrollprobe die Überlegung eines angemessenen Tests. Davon ausgehend sollten Sie die Diskussion weiterführen und darauf hinweisen, dass es darauf ankommt, immer nur eine Variable zu verändern, um die Auswirkung nur dieser Variable einzugrenzen. Erörtern Sie, weshalb das ein wichtiger und interessanter Versuch ist. Was können wir daraus lernen? Weisen Sie die Schüler auf die Möglichkeit des Überlebens unter Extrembedingungen hin, insbesondere im Weltraum. Machen Sie den Schülern klar, dass nirgendwo anders als auf der Erde Leben angetroffen wurde und dass dieser Versuch lediglich einige Überlegungen zu den Bedingungen liefert, die Bärtierchen aushalten können.

Wenn der Versuch gut funktionierte und die Schüler ihre Bärtierchen wiederbeleben konnten, können Sie die Auswirkungen dieser Ergebnisse erörtern. Welche Bedingungen erfordert unserer Überzeugung nach Leben normalerweise? Glauben wir noch, dass es diesen Bedingungen bedarf? Sie können auch andere Bedingungen erörtern, unter denen Ihrer Meinung nach Bärtierchen überleben könnten und wie Sie diesen Versuch erweitern bzw. verbessern könnten.

Falls die Schüler ihre Bärtierchen nicht wiederbeleben konnten, erörtern Sie, woran das möglicherweise liegt. Erörtern Sie die möglichen Grenzen der Fähigkeit von Bärtierchen zum Aushalten von Extrembedingungen. Sie verfügen über eine unglaubliche Ausdauer, können jedoch nicht alles überleben. Was bedeutet die Entdeckung der Bärtierchen für die Suche nach Leben anderswo im Sonnensystem?

Sie können auch erörtern, ob es möglicherweise andere Lebensformen gibt, die genauso widerstandsfähig wie Bärtierchen sind. Auf ESA-Missionen haben auch Salatsamen und Flechten die Exposition von Weltraumbedingungen überlebt – was könnte sonst noch im Weltraum überleben?

Falls die Schüler vor dieser Aufgabe die Aufgabe *Könnte das Leben in außerirdischen Umgebungen überleben?* durchgeführt haben, fragen Sie sie, ob sich ihre Einstellung dazu, wo Leben im Sonnensystem überleben könnte, geändert hat. Sie können die Faktenblätter zum Sonnensystem überarbeiten und eine besser begründete Entscheidung treffen und dies zu der wissenschaftlichen Methode in Beziehung setzen.

→ Schlussfolgerung

Die Schüler sollten ein Verständnis dafür entwickelt haben, was Bärtierchen sind und welche Bedingungen sie überleben können. Sie sollten wissen, wo man Bärtierchen findet, wie man sie einsammelt und wie man ihre Überlebensfähigkeit auf sichere und wissenschaftlich geeignete Weise untersucht. Die Schüler sollten sich bewusst machen, dass Bärtierchen diese widrigen Umweltbedingungen überleben, doch darin nicht funktionieren oder gedeihen können.

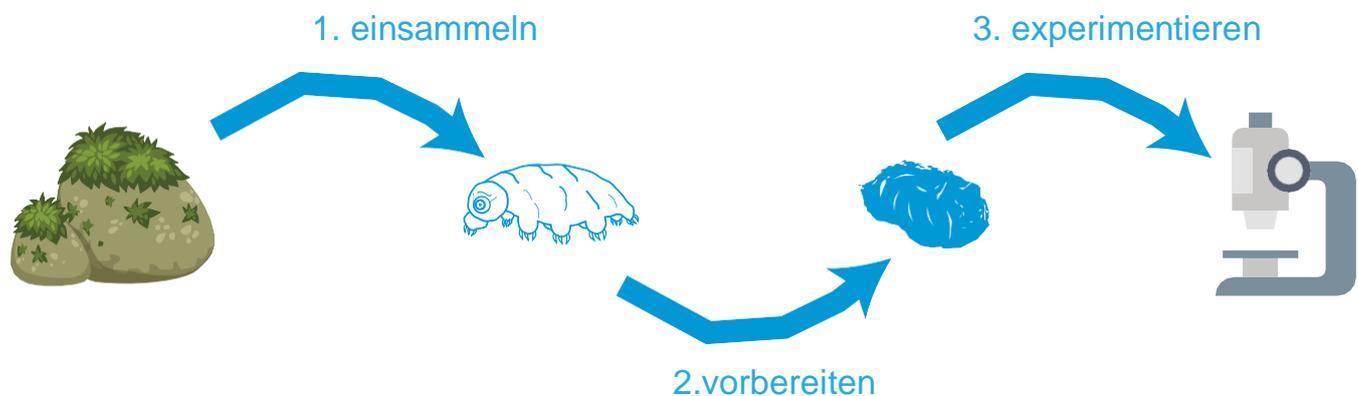
Darüber hinaus sollten sich Schüler bewusst machen, dass es darauf ankommt, ein umfassendes Verständnis von den Bedingungen zu haben, unter denen das Leben überleben kann, um das Leben und dessen Ursprünge auf unserem eigenen Planeten besser zu verstehen sowie um zur Suche nach Leben in anderen Welten beizutragen.

Laborversuche mit Bärtierchen

→ Einleitung

Die Entdeckung von Organismen, die Extrembedingungen auf der Erde aushalten können, die denen im Weltraum gleichen, hat die Suche nach Leben außerhalb unseres Planeten plausibler gemacht. Die Astrobiologie bemüht sich darum, den Ursprung des Lebens auf der Erde zu ermitteln und um herauszufinden, ob anderswo im Universum Leben existieren könnte.

Bei dieser Aufgabe erprobt ihr die Widerstandsfähigkeit von Bärtierchen gegenüber Extrembedingungen, um zu untersuchen, ob irdisches Leben bei den widrigen Bedingungen des Weltraums überleben könnte.



Bärtierchen, oder „Tardigrada“, sind nahe Verwandte der Arthropoden (Insekten und Krebstiere), die oft in feuchten Moosen und Flechten auftreten, wo es viel Wasser gibt. Es sind außerordentlich kleine, achtbeinige Tiere, die nicht mehr als 1,5 mm lang sind, was es praktisch unmöglich macht, sie mit bloßem Auge zu sehen. Bestimmte Arten von Bärtierchen sind für ihre einzigartigen Überlebensfähigkeiten berühmt. Es wurde festgestellt, dass sie Temperaturen von 150 °C und -272 °C, hohe Strahlungsniveaus, extreme pH-Werte, Austrocknung, Vakuum im Weltraum und hohe Sauerstoffniveaus überleben können.

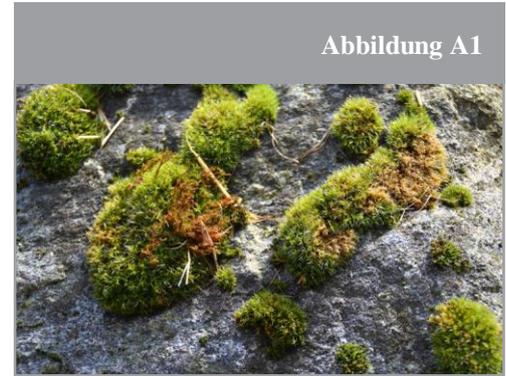
Wenn Bärtierchen extrem Wasser entzogen wird (Trockenzustand), geraten sie in den Zustand der Anhydrobiose. In diesem Zustand, der als Tönnchenzustand bekannt ist, ist die Stoffwechsellätigkeit minimal. In diesem Zustand können die Bärtierchen Jahre oder gar Jahrzehnte überleben, während sie Extrembedingungen ausgesetzt sind. Aus diesem Zustand können sie durch den Kontakt mit Wasser wiederbelebt werden und leben normal weiter.

→ Aufgabe 1: Einsammeln der Bärtierchen

Bei dieser Aufgabe sammelt ihr Bärtierchen von Moos oder Flechten in eurer Umgebung und erstellt euren Versuchsplan.

Übung 1 – Die Bärtierchen finden

Bärtierchen finden sich in Moos- oder Flechtenproben. Zum Einsammeln sucht einige sonnengetrocknete Mooskissen in weißem Gestein, von Natursteinmauern oder von Terracotta-Dachziegeln. Viele Bärtierchen bevorzugen kalzitisches Gestein, da sie zum Aufbau ihrer Stilett-Zähne etwas Kalzit benötigen. Moos aus Wäldern ist weniger geeignet, da viele Bärtierchen Moos bevorzugen, das alle paar Tage vollständig trocken wird. Vermeidet stinkendes und andauernd feuchtes Moos. Bärtierchen mögen Moos, das frei von Bakterien und Pilzen ist.



↑ Auf Steinen wachsendes Moos ist zum Suchen von Bärtierchen ideal.

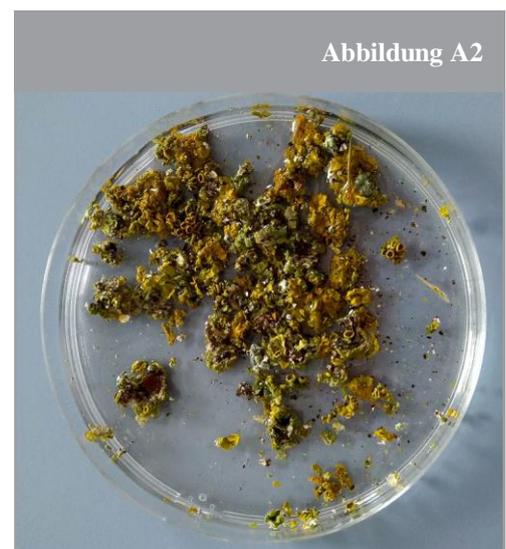
1. Bärtierchen finden sich oft auf feuchtem Moos und Flechten. Wo könntet ihr in eurer Umgebung Bärtierchen finden?

2. Sammelt eine Probe von Moos (oder Flechten), die eurer Meinung nach möglicherweise Bärtierchen enthält. Lagert das eingesammelte Moos so, dass es vollständig trocknen kann. So könntet ihr beispielsweise eure Proben dem direkten Sonnenlicht aussetzen oder es in Papiertüten an einem trockenen Ort aufbewahren.

Übung 2 – Vorbereitung der Moosproben

In eurer Gruppe müsst ihr Bärtierchen von eurer Moos- (oder Flechten-)probe einsammeln. Richtet euch nach den nachstehenden Anweisungen:

- I. Legt das Mooskissen umgekehrt in die Petrischale und füllt sie mit Leitungs- oder destilliertem Wasser. Das Moos sollte mit der Aufnahme des Wassers beginnen.
- II. Fügt weiter Wasser hinzu, bis das Moos gesättigt ist (d.h. kein Wasser mehr aufnimmt) und achtet darauf, dass noch einige Millimeter Wasser in der Petrischale zurückbleiben. Falls notwendig, fügt etwa Wasser hinzu.
- III. Kennzeichnet die Petrischale mit euren Namen und lasst sie über Nacht stehen.



↑ Flechtenprobe in der Petrischale.

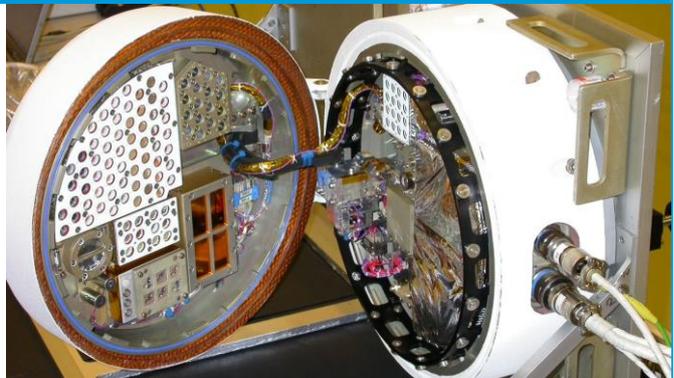
Übung 3 – Plant euren Versuch

1. Schreibt drei extreme Umweltbedingungen auf, unter denen Bärtierchen überleben können.

2. Plant einen Versuch zur Erprobung der Widerstandsfähigkeit von Bärtierchen gegenüber einer der Umweltbedingungen, die ihr in Frage 1 aufgeschrieben habt. Füllt die Abschnitte Bezeichnung, Ziel, Hypothese und Methode der Berichtsvorlage aus.

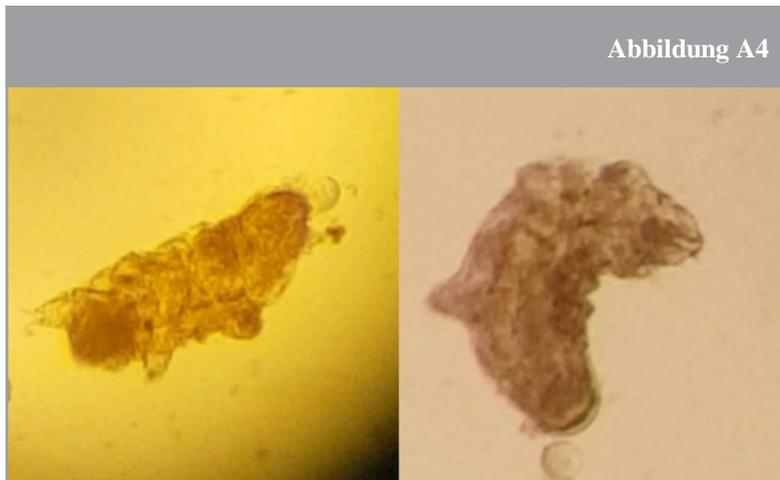
Schon gewusst?

2007 wurden als Teil des ESA-Versuchs Tardigrada in Space (TARDIS – Bärtierchen im Weltraum) 3.000 Bärtierchen in den Weltraum geflogen. Sie wurden 12 Tage lang einem Vakuum ausgesetzt, wobei sie eine extreme Austrocknung zusammen mit einer hohen kosmischen Strahlung erfuhren und überlebten!



→ Aufgabe 2: Die Bärtierchen einschlafen lassen

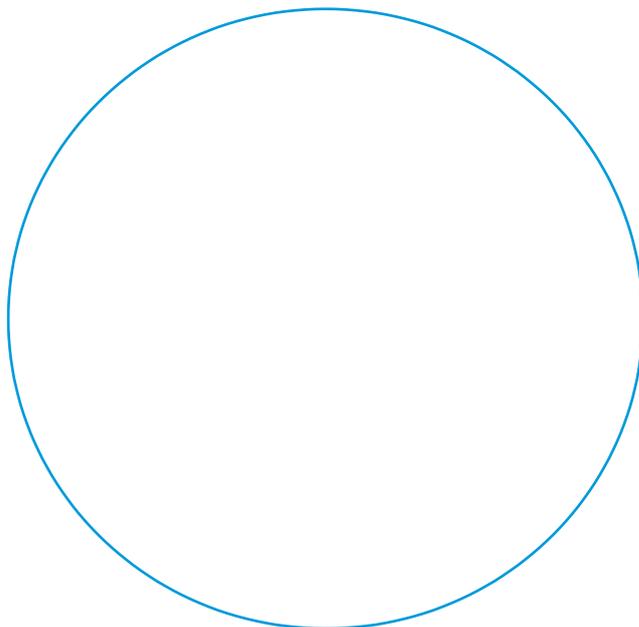
Bevor ihr mit eurem Versuch fortfahrt, müsst ihr den Tönnchenzustand bei den Bärtierchen einleiten. Bei dieser Aufgabe verlegt ihr eure Bärtierchen in kleine Behälter und leitet dadurch die Anhydrobiose ein, indem ihr sie austrocknen lasst.



↑ Bärtierchen unter dem Mikroskop.

Übung – Einleitung der Anhydrobiose

- I. Entfernt das Mooskissen von der Petrischale. Drückt und schüttelt das Moos vorsichtig über eurer Petrischale, um überschüssiges Wasser zu entfernen, und schüttelt alle Bärtierchen ab, die noch am Moos festsitzen.
- II. Benutzt euer Mikroskop bei 20-facher Vergrößerung oder eine Mineralogenlupe bei 10-facher Vergrößerung zur Suche nach Bärtierchen. Beleuchtet die Probe seitlich und setzt die Petrischale auf schwarzen Karton, um den Kontrast zu erhöhen.
- III. Zeichnet im Feld unten, wie die Bärtierchen unter eurem Mikroskop aussehen.



- IV. Extrahiert ein Bärtierchen mit einer Pipette von der Petrischale und verlegt es in einen kleinen durchsichtigen Behälter. Wiederholt den Vorgang mindestens 4mal.
- V. Prüft unter dem Mikroskop, ob die Bärtierchen erfolgreich verlegt wurden.
- VI. Lagert eure kleinen Behälter über Nacht an einem warmen, trockenen Ort, damit die Austrocknung langsam vor sich geht.
- VII. Schließt euren Plan mit der Frage ab, wie ihr die Überlebensfähigkeiten eurer Bärtierchen untersuchen wollt, und lasst ihn von eurem Lehrer genehmigen.

→ Aufgabe 3: Halten sie durch?

Bei dieser Aufgabe setzt ihr eure Bärtierchen-Proben extremen Umweltbedingungen aus, wie auf eurem Versuchsplan vorgeschlagen.

Sicherheit und Gesundheitsschutz

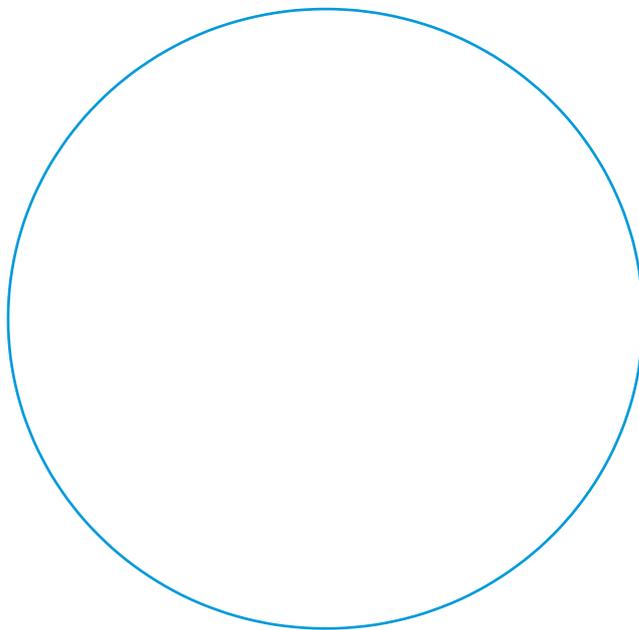
Im Rahmen dieser Versuche kommen Chemikalien und Wasser mit hoher Temperatur zum Einsatz. Haltet alle Sicherheitsleitlinien an eurer Schule ein.

Für Chemikalien richtet euch nach den Sicherheitsdatenblättern.

Übung – Durchführung der Versuche

Vor dem Beginn dieser Übung müsst ihr entschieden haben, welche Umweltbedingung(en) ihr simulieren wollt, und über einen Plan für die Schaffung dieser Bedingungen in eurem Labor verfügen.

- I. Beobachtet eure Proben unter dem Mikroskop und achtet darauf, dass sich die Bärtierchen im Tönnchenzustand befinden.
- II. Zeichnet im Feld rechts, wie die Bärtierchen (in ihrem Tönnchenzustand) unter dem Mikroskop aussehen.
- III. Bereitet das Versuchsmaterial und/oder die chemischen Lösungen vor, die ihr zum Simulieren eurer gewählten extremen Umweltbedingung(en) benötigt (Beispiele: Wärme, Kälte, saures Milieu, basisches Milieu, Strahlung, Salzgehalt, Vakuum).
- IV. Ihr solltet verschiedene Extrembereiche einer einzigen Bedingung untersuchen, d.h. wenn ihr Wärme untersucht, dann versucht jedes Bärtierchen einer unterschiedlichen Temperatur, beispielsweise 40 °C, 60 °C oder 80 °C auszusetzen. Dadurch findet ihr mögliche Grenzen der Überlebensfähigkeiten der Bärtierchen.
- V. Exponiert die Bärtierchen für eine festgesetzte Zeitdauer (achtet darauf, dass sie für alle Versuche gleichbleibend ist).
- VI. Schreibt alle Beobachtungen während dieses Prozesses auf.
- VII. Schaut unter dem Mikroskop, ob euer Bärtierchen noch lebt und sich bewegt oder sich noch im Tönnchenzustand befindet. Wenn es lebt und keine Not leidet, könnt ihr zu Schritt X übergehen. Befindet sich das Bärtierchen noch seinem Tönnchenzustand oder in einer extremen Umweltbedingung und Not leidet, fahrt mit Schritt VIII fort.
- VIII. Öffnet den Behälter und träufelt mit einer Pipette **behutsam** einen Tropfen Wasser auf jede eurer Proben.
- IX. Schließt den Behälter und achtet darauf, dass sich der Wassertropfen in der Mitte befindet.
- X. Beobachtet das weitere Geschehen unter dem Mikroskop. Versucht nach Möglichkeit eine Kaltlichtlampe einzusetzen, da die Exposition gegenüber übermäßiger Wärme in diesem Stadium eure Ergebnisse zunichtemachen könnte.
- XI. Schreibt eure Ergebnisse auf und füllt euren Laborbericht für diese Untersuchung aus.



Setzt die Bärtierchen zu Ende eures Versuchs zurück in eine feuchte Moosprobe und bringt sie in deren natürliche Umgebung zurück.

→ Untersuchungsbericht

Bezeichnung: _____

Ziel: _____

Hypothese: _____

Methode:

Ergebnisse:

Probe	Umwelt- bedingung(en)		Lebende Bärtierchen		Beobachtungen*
	Zu Beginn	Zu Ende	Zu Beginn	Zu Ende	
Kontrolle					

* Zu prüfende Umweltbedingungen: Temperatur, Salzgehalt, pH-Wert, Strahlung oder Druck

Diskussion:

Schlussfolgerung:

→ **Aufgabe 4: Bärtierchen im Weltraum**

Schon gewusst?

2020 wird die ESA in Zusammenarbeit mit der russischen Weltraumorganisation (Roskosmos) den ExoMars-Rover „Rosalind Franklin“ starten. Das Hauptziel des ExoMars-Programms besteht darin, der Frage nachzugehen, ob jemals Leben auf dem Mars existiert hat. Dies soll durch die Landung an einem Ort geschehen, an dem die hohe Wahrscheinlichkeit besteht, gut erhaltenes organisches Material zu finden, insbesondere aus der Frühgeschichte des Planeten. Er führt ein Bohrgerät zum Einsammeln von Proben bis in einer Tiefe von 2 m und zu deren Analyse mit Instrumenten der neuen Generation in einem Bordlabor mit sich.



1. Der Mars weist eine dünne, hauptsächlich aus CO₂ bestehende Atmosphäre auf. Es gibt Hinweise dafür, dass es in der Vergangenheit auf dem Mars ein Wassermeer gab, das mit der Entwicklung des Planeten verschwunden ist. Derzeit gibt es keine Hinweise darauf, dass an der Oberfläche Wasser fließt. Die Temperaturen variieren zwischen -153 °C und 20 °C.

a. Könnten Bärtierchen eurer Meinung nach auf dem Mars überleben? Warum?

b. Auf der Marsoberfläche herrschten über zehntausende von Jahren sehr trockene Bedingungen. Ferner ist der Mars einer viel höheren Strahlung ausgesetzt als auf der Erde. Stellt dies ein Problem für das mögliche Überleben von Bärtierchen dort dar? Warum?

c. Welche Vorsichtsmaßnahmen sollten getroffen werden, um eine Kreuzkontamination von Proben zu vermeiden?

d. Kann der ExoMars-Rover eurer Meinung nach die Frage beantworten, ob jemals Leben auf dem Mars existiert hat?

→ Links

ESA-Ressourcen

Könnte das Leben unter extremen Umweltbedingungen überleben?

esa.int/Education/Teachers_Corner/Could_life_survive_in_alien_environments_-_Defining_environments_suitable_for_life_Teach_with_space_B09

ESA-Ressourcen für die Schulklasse

esa.int/Education/Classroom_resources

ESA-Missionen

Tardigrada in space (TARDIS – Tardigrada (Bärtierchen) im Weltraum) auf der ESA-Orbitalmission Foton-M3:

esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/Research/Tiny_animals_survive_exposure_to_space

Erkundung des Mars durch Roboter:

exploration.esa.int/mars

Schutz der Planeten: Verhindern, dass Mikroben als Anhalter in den Weltraum fliegen

esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Planetary_protection_preventing_microbes_hitchhiking_to_space

Zusatzinformationen

Suche nach Anzeichen für Leben auf dem Mars

exploration.esa.int/mars/43608-life-on-mars

Zehn Dinge, die Sie noch nicht vom Mars wussten

esa.int/Our_Activities/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/Highlights/Ten_things_about_Mars

ESA-Euronews: Mars auf der Erde

esa.int/spaceinvideos/Videos/2018/02/ESA_Euronews_Mars_on_Earth

Ted-Ed: Bärtierchen kennenlernen

<https://www.youtube.com/watch?v=lxndOd3kmSs>

Leben unter extremen Umweltbedingungen

<https://www.nature.com/articles/35059215>