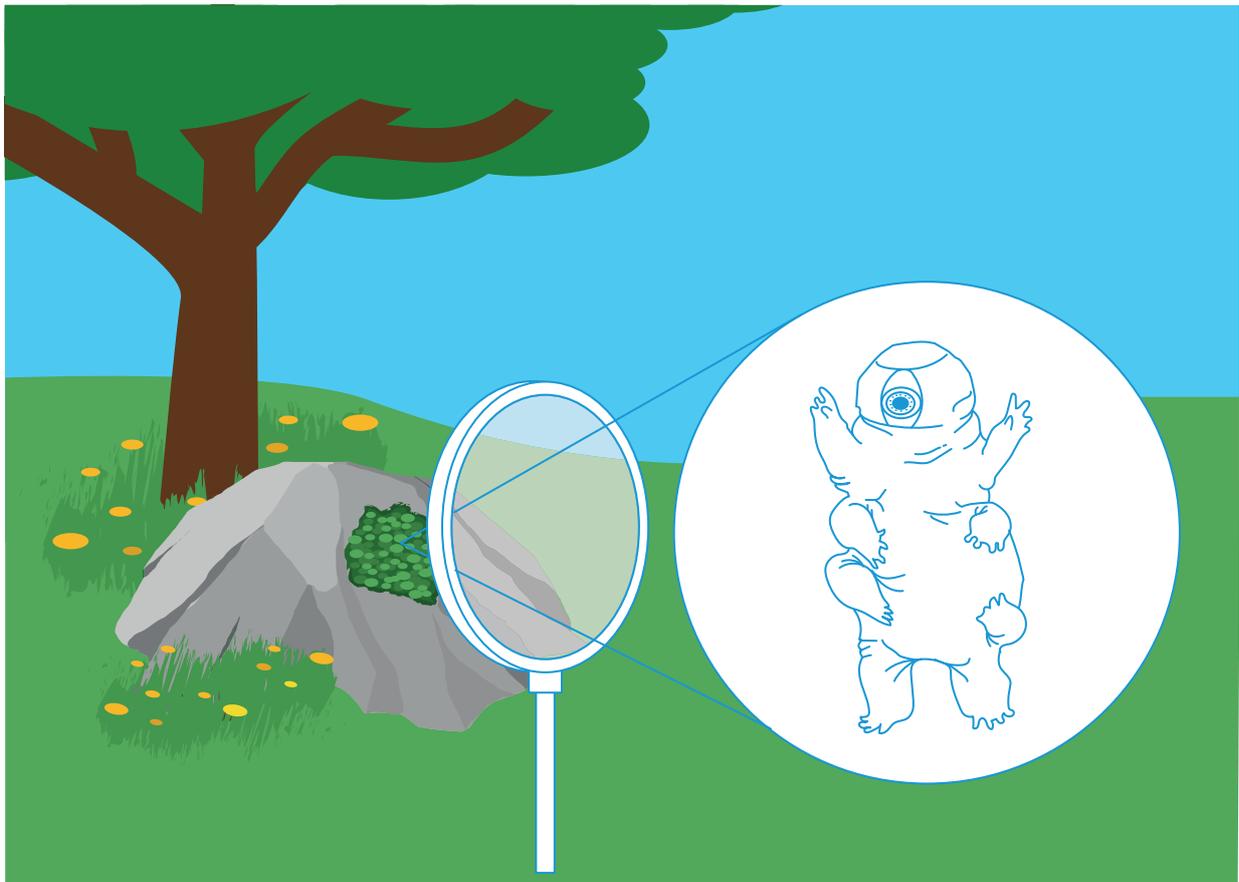
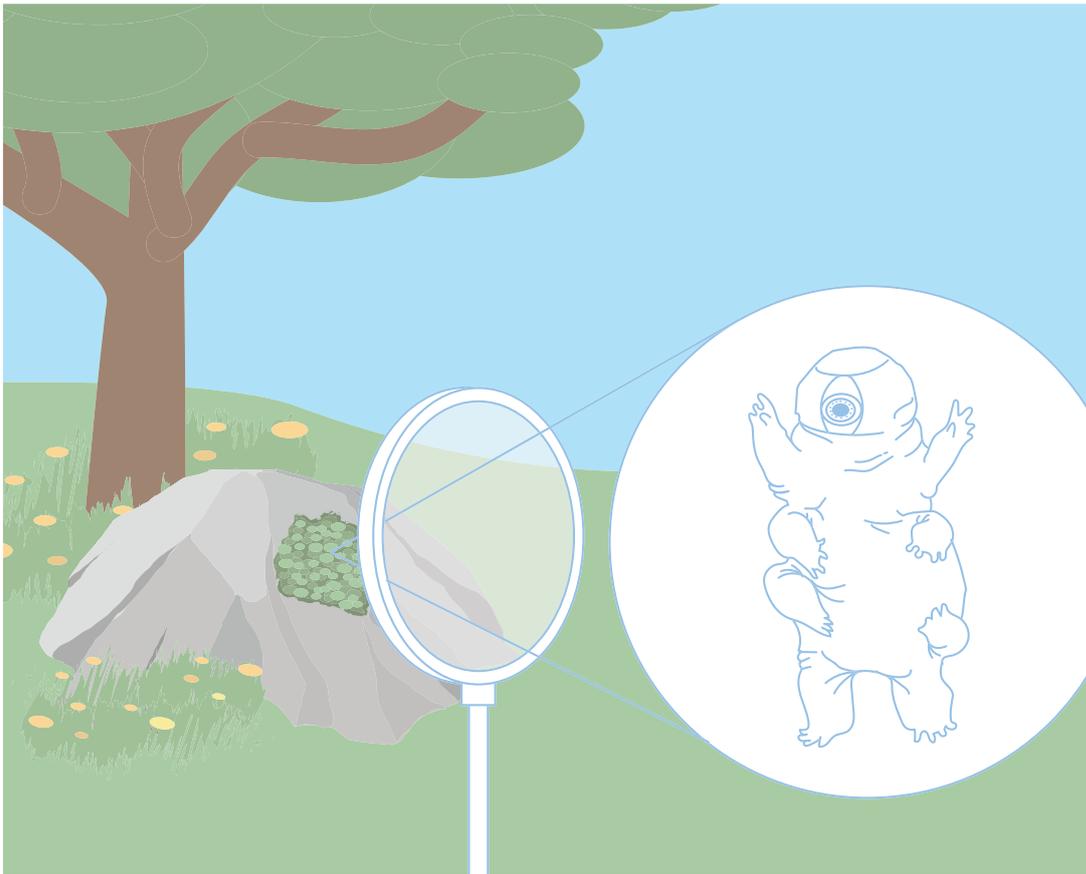


teach with space

→ WELTRAUM-BÄRCHEN

Labor-Erfahrung mit Bärtierchen





Lehrer*innenteil

| | |
|---|----------|
| Eckdaten, Kurzbeschreibung, Lernziele | Seite 3 |
| Übersicht | Seite 4 |
| Aktivität 1: Sammeln der Bärtierchen | Seite 5 |
| Aktivität 2: Bärtierchen in den „Schlaf“ schicken | Seite 6 |
| Aktivität 3: Durchführung der Experimente – Können sie überleben? | Seite 7 |
| Aktivität 4: Bärtierchen im Weltall | Seite 9 |
| Links | Seite 11 |

teach with space – Weltraum-Bärchen | B10
www.esa.int/education

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

Eine Produktion der ESA Education in Zusammenarbeit mit ESERO Polen
Copyright 2019 © European Space Agency

Ins Deutsche übersetzt und für Österreich adaptiert von ESERO Austria

→ WELTRAUM-BÄRCHEN

Labor-Erfahrung mit Bärtierchen

Eckdaten

Thema: Biologie

Altersspanne: Schüler*innen im Alter zwischen 12-16 Jahren

Typ: Schüler*innenaktivität, Laboraktivitäten

Komplexität: hoch

Erforderliche Unterrichtszeit: 2 Stunden und 20 Minuten

Kosten: mittel (10-30 Euro)

Ort: Schullabor

Beinhaltet die Verwendung von: lebenden Organismen, Mikroskope, Herd, Gefrierschrank, Chemikalien, Laborausrüstung

Schlagwörter: Biologie, Kryptobiose, Anhydrobiose, Kosmische Strahlung, Bärtierchen, Wasserwesen

Kurzbeschreibung

In dieser Reihe von experimentellen Aktivitäten untersuchen Schüler*innen die Überlebensfähigkeiten von Bärtierchen (Tardigrada), auch bekannt als Wasserbären. Die Schüler*innen erforschen, wie sie Wasserbären sammeln können und welche extremen Bedingungen sie im Labor simulieren können. Sie setzen die gesammelten Tardigraden diesen extremen Bedingungen aus und finden somit heraus, in welchen Umgebungen diese überleben können. Das Ziel dieses Experiments ist die Untersuchung der Widerstandsfähigkeit der Bärtierchen in extremen Umweltbedingungen. Daraus lassen sich Rückschlüsse über ihre Überlebensfähigkeit im Weltraum ziehen. Bevor Sie mit dieser Aktivitätenreihe beginnen, empfehlen wir zur Vorbereitung folgendes Lernmodul: "Kann Leben in außerirdischen Umgebungen bestehen?" – eine Einführung zum Thema „Leben in extremen Umgebungen“.

Lernziele

- Erwerben von Wissen über Bärtierchen und die extremen Bedingungen, unter denen diese überleben können.
- Erforschen der Kryptobiose und wie diese den Bärtierchen beim Überleben hilft.
- Untersuchung der Auswirkungen, wenn eine Variable in einem System verändert wird.
- Angemessene Durchführung von Experimenten unter Berücksichtigung der korrekten Handhabung von Geräten, der Genauigkeit der Messungen und von Gesundheits- und Sicherheitsaspekten.
- Bewertung von Methoden, sowie Vorschläge für mögliche Verbesserungen und weitere Untersuchungen.

→ Übersicht

| Übersicht | | | | | |
|-----------|--------------------------------------|---|--|--|-------------------------|
| | Titel | Beschreibung | Ergebnis | Voraussetzungen | Dauer |
| 1 | Sammeln der Bärtierchen | Sammeln der Bärtierchen von Moos oder Flechten. | Befolgen eines experimentellen Verfahrens zum Sammeln der Bärtierchen. Planung einer experimentellen Untersuchung. | Die vorherige Bearbeitung des Lernmoduls „Kann Leben in außerirdischen Umgebungen bestehen?“ wird empfohlen. | 30 Minuten + nachtsüber |
| 2 | Bärtierchen in den „Schlaf“ schicken | Transfer der Bärtierchen aus den Petrischalen in die kleinen Behälter und Lagerung an einem trockenen Ort. Das Wasser sollte austrocknen und eine Anhydrobiose sollte eingeleitet werden. | Eigene Beobachtungen durch Mikroskopie. Wissen, wie man Bärtierchen identifiziert und bei diesen die Anhydrobiose einleitet. | Fertigstellung der Aktivität 1. | 30 Minuten + nachtsüber |
| 3 | Können sie überleben? | Bei den Tardigraden in Anhydrobiose wird deren Widerstandsfähigkeit gegenüber verschiedenen extremen Bedingungen getestet. | Experiment zur Erforschung der Auswirkungen von verschiedenen Umweltbedingungen auf Bärtierchen. | Fertigstellung der Aktivität 2. | 1 Stunde |
| 4 | Bärtierchen im Weltraum | Vergleiche die Umwelt auf Erde und Mars. | Extreme Überlebensbedingungen im Weltraum verstehen | keine | 20 Minuten |

→ Aktivität 1: Sammeln der Bärtierchen

In diesem Teil lernen die Schüler*innen, wie und wo sie Bärtierchen sammeln können. Sie führen diese Schritte aus und bereiten Bärtierchen-Proben für die folgenden Aktivitäten vor.

Ausstattung

- Arbeitsblatt für jede Arbeitsgruppe (pro Gruppe 2-3 Schüler*innen)
- Moos- oder Flechtenprobe für jede Arbeitsgruppe
- Leitungswasser, destilliertes oder deionisiertes Wasser
- 1 Petrischale für jede Arbeitsgruppe

Übung 1 – Bärtierchen finden

Geben Sie einleitend einen Überblick über die Eigenschaften von Bärtierchen und diskutieren Sie, welche extremen Bedingungen die Organismen auf der Erde und im Weltraum überleben können oder lassen Sie die Schüler*innen selbstständig recherchieren.

Bärtierchen leben im Moos oder auf Flechten. Die Moos- oder Flechtenproben können von der Lehrkraft oder von den Schüler*innen gesammelt werden, indem sie die Anweisungen auf den Arbeitsblättern befolgen. Nach dem Sammeln sollte das Moos vollständig getrocknet werden, bevor daraus die Bärtierchen extrahiert werden.

Übung 2 – Proben vorbereiten

Teilen Sie die Klasse in Paare oder 3er-Gruppen auf und wählen Sie eine Moos- oder Flechtenprobe, die gerade noch in die Petrischale passt. Entfernen Sie die meisten losen Erd- und Schmutzpartikel. Alle weiteren Anweisungen sind auf dem ersten Arbeitsblatt beschrieben.

Übung 3 – Planung des Experiments

Die Schüler*innen planen, wie sie die Überlebensfähigkeit von Bärtierchen testen wollen und listen hierfür drei extreme Umweltbedingungen auf, unter denen Bärtierchen überleben können.

Beispiele:

- Extreme Temperaturen
- Keine Luft (unterschiedliche atmosphärische Bedingungen)
- Hohe Strahlungswerte
- Kein flüssiges Wasser
- Hoher Salzgehalt
- Extremer pH-Wert

Besprechen Sie die Experimente, die von den Arbeitsgruppen durchgeführt werden sollen. Überlegen Sie gemeinsam:

- Welche Arten von Experimenten können die Schüler*innen durchführen?
- Wie können diese Experimente gestaltet werden?

Nun sollen die Schüler*innen die Abschnitte „Ziel“, „Hypothese“ und „Methode des Untersuchungsberichts“ auf ihrem Arbeitsblatt ausfüllen.

→ Aktivität 2: Bärtierchen in den „Schlaf“ schicken

In diesem Teil transferieren die Schüler*innen ihre Bärtierchen in kleine Behälter und leiten eine Anhydrobiose ein, indem sie diese austrocknen lassen. Die Schüler*innen lernen, dass die Bärtierchen als Reaktion auf die widrigen Umweltbedingungen in einen neuen Stoffwechselzustand übergehen. Es ist wichtig, dass die Bärtierchen ins Tönnchenstadium wechseln, damit sie diese extremen Umweltbedingungen überleben können.

Ausstattung für jede Arbeitsgruppe

- Arbeitsblatt für jede Gruppe
- Mikroskop und/oder Lupe
- Kleiner durchsichtiger Behälter
- Pipetten
- Petrischale mit eingeweichtem Moos (aus Teil 1)
- Schwarzer Karton oder ähnliches als Unterlage für das Mikroaquarium
- Taschenlampe

Übung 1 - Einleitung der Anhydrobiose

Für diese Übung müssen die Schüler*innen ein kleines, durchsichtiges Gefäß verwenden. Der Behälter sollte durchsichtige, klare Wände haben (ähnlich wie Glas).

Es ist ratsam, dass der/die Lehrer*in vor der Stunde einige Bärtierchen vorbereitet, falls eine oder mehrere Gruppen nicht in der Lage sind, diese aus ihren Proben zu extrahieren. Wenn die Schüler*innen keine Bärtierchen finden konnten, stellen Sie in der Gruppe Überlegungen an, warum sie keine gefunden haben. Vielleicht haben sie die falsche Art von Moos oder Flechten gesammelt?

In Arbeitsgruppen sollen die Schüler*innen die Anweisungen auf dem Arbeitsblatt befolgen und eine Anhydrobiose auslösen, um die Überlebensfähigkeiten der Bärtierchen zu testen. Zeigen Sie einige Bilder von Bärtierchen (durch ein Mikroskop betrachtet), damit die Schüler*innen wissen, wonach sie suchen müssen. Weisen Sie die Schüler*innen nach dem Ausdrücken des Moores an, ihre Proben mit einem Mikroskop oder einer Lupe zu betrachten. Sie sollen dann ihre Bärtierchen auf das Arbeitsblatt zeichnen.

Danach müssen die Schüler*innen das/die Bärtierchen in ihre kleinen Behälter (am besten Glasbehälter) überführen. Das darin übrige Wasser sollte langsam verdunsten, z. B. über einen Zeitraum von 6 bis 7 Stunden, wobei der Behälter fast vollständig geschlossen sein sollte. Schnelle Verdunstung tötet die Bärtierchen.

Bevor sie zu Teil 3 übergehen, sollten die Schüler*innen ihren Versuchsplan überprüfen und ggf. überarbeiten.

→ Aktivität 3: Durchführung der Experimente – Können sie überleben?

Die Schüler*innen setzen die getrockneten Proben verschiedenen Bedingungen aus, um extreme Umgebungen zu simulieren.

Ausstattung

- Kleine(r), durchsichtige(r) Behälter mit Bärtierchen-Probe(n) (aus Aktivität 2)
- Heißes Wasser oder andere Wärmequelle (Infrarotlampe oder ähnliches)
- Pipetten
- Salzlösungen unterschiedlicher Konzentration
- Labor-Thermometer
- Lösungen mit unterschiedlichen pH-Werten
- Kühl-/Gefrierschrank
- Mikroskope und/oder Lupen
- Mikrowellenherd

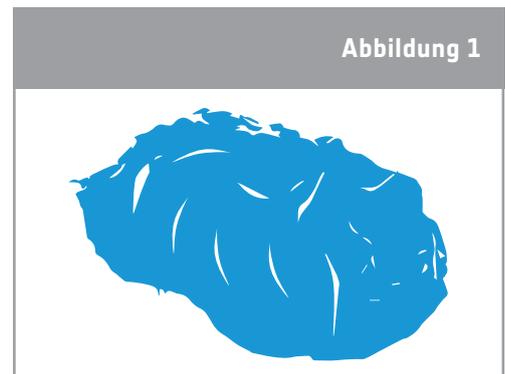
Gesundheits- und Sicherheitshinweise:

Im Rahmen dieser Experimente werden Chemikalien und hoch erhitztes Wasser verwendet. Bitte stellen Sie sicher, dass ein vorsichtiger Umgang mit diesen Utensilien gewährleistet ist und berücksichtigen Sie dabei auch den Wissensstand und eventuelle Vorerfahrungen der Schüler*innen. Halten Sie die Sicherheitsrichtlinien Ihrer Schule und der verfügbaren Ausrüstung ein. Bitte beachten Sie die Sicherheitsdatenblätter für den Umgang mit Chemikalien.

Übung 1 - Durchführung der Experimente

Jedes Paar nimmt seine Proben aus Übung 2 und beobachtet die Bärtierchen mit Hilfe des Mikroskops oder der Lupe. Eine Vergrößerung um den Faktor 10 ist ausreichend. Bei dieser Vergrößerung sollten die Schüler*innen in der Lage sein, einige der wichtigsten Merkmale des Bärtierchens zu erkennen. Bitten Sie ihre Schüler*innen eine Skizze des Bärtierchens anzufertigen.

Im nächsten Schritt bereiten die Schüler*innen ihre Experimente vor. Neben den Experimentproben sollte jede Gruppe eine Kontrollprobe zur Verfügung haben, die am Ende einfach mit Leitungswasser wiederbelebt wird.



↑ Bärtierchen im Tönnchenstadium

Wie werden die Experimente durchgeführt?

Die Schüler*innen sollten ihre Beobachtungen während des gesamten Experiments aufzeichnen. Achten Sie darauf, dass die Einwirkungsdauer während jedes Experiments konstant bleibt. Helfen Sie dabei, die Versuchsbedingungen mit realen Beispielen in Verbindung zu bringen. Beispielsweise können extreme Temperaturen auf dem Mond von 123 °C am Tag bis zu -233 °C in der Nacht reichen.

1. Wärme

Die Schüler*innen pipettieren einen Tropfen heißes Wasser auf die eingetrocknete Probe. Das Wasser sollte die Bärtierchen aus dem Tönnchenstadium lösen, aber durch die hohe Temperatur des Wassers werden die Bärtierchen gleichzeitig unter enormem Stress stehen. Wenn das Wasser abgekühlt ist, beobachten die Schüler*innen die Proben und das Verhalten der Bärtierchen. Anstelle von heißem Wasser können die Schüler*innen auch eine Wärmelampe oder einen Brutkasten für diesen Test verwenden.

Beispiel für zu testende Temperaturbedingungen: 40 °C, 60 °C, 80 °C, 90 °C.

2. Kälte

Legen Sie die Probe für mehrere Stunden oder über Nacht in den Gefrierschrank und/oder den Kühlschrank, wenn möglich bei unterschiedlichen Temperaturen (zum Beispiel in verschiedenen Kühlschränken, Gefrierschränken oder auf Trockeneis). Nachdem die Proben der Kälte ausgesetzt waren, sollten die Schüler*innen die Bärtierchen aus dem Tönnchenstadium lösen.

Beispiele für zu testende Kältebedingungen:

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

Diese Übung könnte erweitert werden, indem man die Schüler*innen aufgefordert, darüber nachzudenken, welche Parameter erfüllt sein müssen, damit etwas als „lebendig“ gilt (aus Zellen bestehen, Energie gewinnen und nutzen, wachsen und sich entwickeln, sich fortpflanzen, auf ihre Umwelt reagieren, sich an ihre Umwelt anpassen).

3. Salzgehalt

Bereiten Sie Lösungen mit unterschiedlichem Salzgehalt vor. Die Schüler*innen geben einen Tropfen der Lösung in ihre Proben und beobachten das Verhalten der Testorganismen. Das Wasser in der Lösung sollte die Bärtierchen aus dem Tönnchenstadium holen, diese aber aufgrund des Salzgehalts enormem Stress aussetzen. Nach dem Abschluss des Experiments geben die Schüler*innen einen Tropfen Leitungswasser zu ihrer Probe.

Es wird angenommen, dass einige der Monde von Jupiter und Saturn unterirdische Salzwasserozeane beherbergen.

Beispiel für zu testende Salzgehaltsbedingungen:

- 0,9 % Salzgehalt - isotonische Lösung
- ~3,5 % Atlantischer Ozean
- ~34 % Totes Meer
- ~43 % Der Gaet'ale Teich – ein Gewässer in Äthiopien mit dem höchsten Salzgehalt auf der Erde

4. Säuregehalt

Gesundheits- und Sicherheitshinweise:

Die Lehrkraft sollte dieses Experiment auf jeden Fall beaufsichtigen, da manche der verwendeten Lösungen extreme pH-Werte aufweisen.

Bereiten Sie Lösungen mit unterschiedlichen pH-Werten vor; die Schüler*innen fügen ihren Proben einen Tropfen hinzu und beobachten das Verhalten der Testorganismen. Der Tropfen sollte den Wiederbelebungsmechanismus auslösen, aber aufgrund des pH-Wertes des Wassers werden die Bärtierchen unter enormen Stress stehen. Nachdem die Proben den verschiedenen pH-Werten ausgesetzt wurden, geben die Schüler*innen einen Tropfen Leitungswasser zu ihrer Probe.

In unserem Sonnensystem gibt es eine große Bandbreite an pH-Werten: von den sauren Wolken der Venus und den sauren Seen von Europa bis hin zu den alkalischen Gesteinen unseres Nachbarplaneten Mars.

pH 3 bis 5: saure Umgebung

pH 9 bis 11: alkalische Umgebung

pH 7: Kontrollprobe

5. Strahlung

Um die Auswirkungen von hoher Strahlung auf die Proben zu simulieren, legen die Schüler*innen ihre Proben in eine Mikrowelle. Mikrowellen haben eine weitaus geringere Strahlungsintensität als der Weltraum, eignen sich aber aufgrund der leichten Verfügbarkeit für dieses Experiment. Die Mikrowelle erhitzt dabei auch die Bärtierchen. Um dies zu vermeiden, kann ein Becher mit Wasser gleichzeitig in die Mikrowelle gestellt werden, um die Wärme zu absorbieren. Seien Sie vorsichtig beim Herausnehmen des Wassers. Die Schüler*innen können die Intensität der Strahlung variieren, aber die Expositionszeit sollte in allen Fällen die gleiche sein.

Wir schlagen vor, das Experiment mit einer Bestrahlung der Probe für 30 Sekunden zu beginnen. Nachdem die Proben der Strahlung ausgesetzt wurden und die Auswirkungen dokumentiert wurden, geben die Schüler*innen einen Tropfen Leitungswasser zu ihrer Probe.

Die Erdatmosphäre schützt uns vor einem Großteil der schädlichen kosmischen Strahlung. Viele Körper des Sonnensystems, wie z. B. unser Mond, bieten keinen solchen Schutz vor dieser gefährlichen Strahlung. Kosmische Strahlung wird auf der Internationalen Raumstation (ISS) genau überwacht, um die Gesundheit und Sicherheit der dort lebenden Astronaut*innen zu gewährleisten.

Beispiele für zu testende Strahlungsbedingungen: niedrig (~100W), mittel (~400W), hoch (~800W).

Nach Abschluss ihrer Experimente untersuchen die Schüler*innen ihre Proben und stellen fest, ob die Bärtierchen lebendig sind und sich bewegen oder sich noch im Tönnchenstadium befinden. Einige der Bärtierchen können, je nach durchgeführten Experiment, bereits wiederbelebt worden sein. Die Schüler*innen sollten ihre Ergebnisse notieren und einen Untersuchungsbericht über ihr Experiment verfassen. Eine Berichtsvorlage finden Sie unter den Arbeitsblättern.

Aktivität 4: Bärtierchen im Weltraum

Die Schüler*innen verknüpfen die abgeschlossenen Experimente mit der Suche nach Leben im Universum.

Ausstattung für jede Arbeitsgruppe

- Schüler*innenteil

Ergebnisse

Im Vergleich zur Erde hat der Mars eine sehr extreme Umwelt. Er hat eine sehr dünne, kohlendioxidreiche Atmosphäre, die keinen Schutz vor Strahlung bietet. Der Atmosphärendruck ist sehr niedrig. Flüssiges Wasser ist auf der Oberfläche instabil. Trotz dieser rauen Bedingungen gibt es einige irdische Mikroorganismen, die auf dem Mars überleben könnten.

Bärtierchen wären wahrscheinlich in der Lage, die Bedingungen auf dem Mars zu überleben, aber sie wären nicht in der Lage, unter diesen Bedingungen zu gedeihen. Sie haben niedrige Überlebenschancen, wenn sie hoher UV-Strahlung ausgesetzt sind, so dass sie eine Art von Schutz bräuchten, um auf dem Mars lange zu überleben.

Sollte die ExoMars Mission doch noch fortgesetzt werden können, so wird der ExoMars-Rover der ESA als erster in der Lage sein, bis zu einer maximalen Tiefe von 2 Metern unter der Marsoberfläche zu bohren. Wenn es in der Vergangenheit Leben auf dem Mars gegeben hat (als es möglicherweise noch wärmer und feuchter war), dann wäre dies der ideale Ort, um danach zu suchen. Dort wäre Leben vor den rauen Bedingungen der Marsoberfläche geschützt.

Die Raumfahrtagenturen müssen sicherstellen, dass sie keine schädlichen Stoffe aus anderen Welten zur Erde zurückbringen. Gleichzeitig müssen die Raumfahrtagenturen gewährleisten, dass sie keine irdische, biologische Kontamination auf andere Planeten und Monde bringen, die das Potential für lebensstiftende Bedingungen haben oder hatten.

Weltraummissionen werden in sterilen Labors vorbereitet, und sie sind gesetzlich dazu verpflichtet, eine Kreuzkontamination (z.B. Verunreinigung durch Bakterien) zu vermeiden und die Auflagen zu planetarem Schutz einzuhalten.

Diskussion

Sprechen Sie mit Ihren Schüler*innen über die Notwendigkeit einer Kontrollprobe und was es bedeutet, Experimente „fair“ zu gestalten. Davon ausgehend können Sie die Diskussion ausweiten und auf die Notwendigkeit eingehen, jeweils immer nur eine Variable zu ändern, denn nur so können die Auswirkungen dieser einen Variable isoliert werden. Diskutieren Sie mit Ihren Schüler*innen: warum ist das ein wichtiges und interessantes Experiment? Was können wir daraus lernen?

Weisen Sie Ihre Schüler*innen auf die Möglichkeit hin, dass Leben unter extremen Bedingungen möglich ist, insbesondere im Weltraum. Machen Sie den Schüler*innen klar, dass außer auf der Erde noch kein Leben gefunden wurde, und dass dieses Experiment nur einen Eindruck von den Bedingungen vermittelt, unter denen Bärtierchen überleben können.

Wenn das Experiment gut funktioniert hat und die Schüler*innen ihre Bärtierchen wiederbeleben konnten, können die Schüler*innen über die Konsequenzen dieser Ergebnisse diskutieren. Welche Bedingungen braucht das Leben unserer Meinung nach normalerweise? Sind wir immer noch sicher, dass es diese Bedingungen braucht? Sie können auch andere Bedingungen thematisieren, unter denen Bärtierchen Ihrer Meinung nach überleben könnten und wie Sie dieses Experiment erweitern/verbessern könnten.

Wenn die Schüler*innen ihre Bärtierchen nicht wiederbeleben konnten, besprechen Sie mit ihnen, warum das der Fall sein könnte. Diskutieren Sie die möglichen Grenzen der Toleranz von Bärtierchen gegenüber extremen Bedingungen. Sie haben eine unglaubliche Ausdauer, können aber nicht alles überleben.

Was bedeutet die Entdeckung von Bärtierchen für die Suche nach Leben anderswo im Sonnensystem? Existieren möglicherweise weitere Lebensformen, die genauso widerstandsfähig sind wie Bärtierchen? Kopfsalat, Samen und Flechten haben während der ESA-Missionen im Weltraum überlebt – was könnte sonst noch im Weltraum überleben?

Wenn die Schüler*innen vor diesem Experiment das Lernmodul „Kann Leben in außerirdischen Umgebungen bestehen?“ bearbeitet haben, fragen Sie die Schüler*innen, ob sich ihre Meinung darüber, wo im Sonnensystem Leben überleben könnte, geändert hat. Sie können die Faktenkarten zum Sonnensystem überarbeiten und eine fundierte Entscheidung im Kontext der wissenschaftlichen Methode präsentieren.

→ Zusammenfassung der Lernziele

Die Schüler*innen wissen, was Bärtierchen sind, unter welchen Bedingungen sie überleben können, wo man sie findet, wie man sie sammelt und wie ihre Überlebensfähigkeiten auf sichere und wissenschaftlich angemessene Weise untersucht werden können.

Die Schüler*innen erkennen, dass Bärtierchen diese rauen Umgebungen zwar überleben, aber darin nicht gedeihen.

Sie lernen, dass es wichtig ist, die Bedingungen unter denen Leben möglich ist zu verstehen, um das Leben und seine Ursprünge auf unserem eigenen Planeten begreifen zu können, und auch um besser nach Leben in anderen Welten suchen zu können.

→ Links

ESA Ressourcen

Could life survive in extreme environments? (EN)

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Could_life_survive_in_alien_environments_-_Defining_environments_suitable_for_life_Teach_with_space_B09

ESA classroom resources (EN)

https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

ESA Missionen

Tardigrades in space (TARDIS) on ESA's orbital Foton-M3 mission (EN)

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Research/Tiny_animals_survive_exposure_to_space

Robotic Exploration of Mars (EN)

<https://exploration.esa.int/web/mars/>

Planetary protection: preventing microbes hitchhiking to space (EN)

https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Planetary_protection_preventing_microbes_hitchhiking_to_space

Zusatzinformationen

Searching for signs of life on Mars (EN)

<https://exploration.esa.int/web/mars/-/43608-life-on-mars>

Ten things you did not know about Mars (EN)

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/ExoMars/Highlights/Ten_things_about_Mars

ESA Euronews: Mars on Earth (Der Mars auf der Erde) (DE)

[https://www.esa.int/esatv/Videos/2018/02/ESA_Euronews_Mars_on_Earth/\(lang\)/de](https://www.esa.int/esatv/Videos/2018/02/ESA_Euronews_Mars_on_Earth/(lang)/de)

Ted-Ed: Meet the tardigrade (Trenne ein Bärtierchen) (DE)

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

Life in extreme environments (EN)

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