

FOLGE 3

phaeno Riff-Geschichten

Das Walhorn und die Tiefsee

Ein Walhorn möchte ein echt gruseliges Geschöpf finden, um die Aufnahmeprüfung für die Schule der fantastischen Lebewesen zu bestehen. Dazu erforscht es gemeinsam mit den Riffbewohnern die Tiefsee.

| | |
|--|-----------|
| 1. Hintergrundinformationen und Einsatz der Unterrichtseinheit..... | 2 |
| 2. Die Stationen im Überblick..... | 3 |
| 3. Materiallisten für die Versuche..... | 4 |
| 4. Vorlagen für den Unterricht..... | 5 |
| a. Versuchsanleitungen | |
| Station 1: Kerze im Glas..... | 6 |
| Station 2: Luftballon unter Druck..... | 7 |
| Station 3: Ballondrucksprudler | 9 |
| Station 4: Luftballon-Schwimmbalse | 10 |
| Station 5: Cartesischer Taucher..... | 12 |
| Station 6: Wolken in der Flasche..... | 13 |
| b. Arbeitsblätter | |
| Aufgabe Faktencheck | 14 |
| Aufgaben Stationen 1 bis 6..... | 15 |
| Aufgabe Faktencheck zum Schluss..... | 18 |
| 5. Unterlagen für die Lehrkraft | 19 |
| a. Grobverlaufsplan – Das Walhorn und die Tiefsee..... | 20 |
| b. Arbeitsblätter mit Lösungsvorschlägen | |
| Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01 bis 05..... | 21 |
| 6. Materialien für das selbstständige Erarbeiten der Videos zu Hause..... | 26 |
| a. Arbeitsblätter | |
| Das Walhorn und die Tiefsee.* | 27 |
| Das Walhorn und die Tiefsee.** | 28 |
| Ausschneidebogen „Die Zonen der Tiefsee“ | 29 |
| Das Walhorn und die Tiefsee. | 30 |
| b. Arbeitsblätter mit Lösungsvorschlägen | |
| Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01* | 32 |
| Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01** | 33 |
| Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 02..... | 34 |
| Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 03..... | 35 |
| c. Experiment – Leuchtender Zucker..... | 36 |
| d. Gedichtwettbewerb..... | 37 |

Impressum

1. Hintergrundinformationen und Einsatz der Unterrichtseinheit

Tief, tiefer, Tiefsee. Die Ozeane sind in fünf Tiefenzonen unterteilt, jede mit ihren eigenen Merkmalen und Bewohnern. Je tiefer man taucht, desto weniger Sonnenlicht dringt in das Wasser ein. Bereits ab 200 Metern Tiefe ist so dunkel, dass keine Pflanzen mehr wachsen können. Ab 1.000 Metern Tiefe herrscht vollkommene Dunkelheit, die Wassertemperatur fällt, der Druck steigt – und die Kreaturen werden seltsamer. Der tiefste Punkt der Weltmeere befindet sich im Marianengraben im Pazifischen Ozean und liegt 11.034 Meter unter der Wasseroberfläche. Die Tiefsee geht also weiter hinab als unsere höchsten Berge hinauf!

Die physikalische Größe „Druck“ ist im Alltag sehr präsent. Beispiele sind das Aufpumpen eines Reifens oder der Wetterbericht.

Im Physikunterricht taucht der Druckbegriff erst am Ende der Sekundarstufe I auf. Zum Verständnis sind Kenntnisse weiterer physikalischer Größen wie Masse, Kraft, Fläche, Volumen und Dichte erforderlich. Hier ist auch die Ursache zu suchen, warum sich die SuS meist etwas schwer mit dem Thema Druck tun.

In den hier vorgestellten Versuchen soll es primär um Erfahrungen mit Phänomenen und nicht um eine quantitative Auseinandersetzung mit dem Thema Druck gehen. Sie sind deshalb auch bereits zu Beginn der Sekundarstufe I einsetzbar.

Einsatz im Unterricht

Folge 3 beinhaltet Anknüpfungspunkte insbesondere für die Fächer Physik, Chemie, Biologie und Erdkunde.

Inhaltliche und prozessbezogene Kompetenzen, die in Anlehnung an die niedersächsischen Kerncurricula der genannten Unterrichtsfächer sowie des Erlasses BNE in der Unterrichtseinheit zu Folge 3 gefördert werden:

- Die SuS lernen mithilfe einfacher Versuche das Phänomen Druck kennen.
- Die SuS verbessern ihre Experimentierkompetenz, indem sie selbstständig Versuche zum Thema Druck durchführen.
- Die SuS verbessern ihre Kommunikationskompetenz, indem sie
 - sich über Alltagserfahrungen im Zusammenhang mit Druck unter angemessener Verwendung von Fachsprache austauschen sowie
 - die Ergebnisse ihrer Arbeit dokumentieren und unter physikalischen Gesichtspunkten diskutieren.

2. Die Stationen im Überblick

| Station | Name der Station | Art der Station | Thema / Fragestellung |
|---------|-------------------------------|--------------------|--|
| 1 | Kerze im Glas | Versuch | Der äußere Luftdruck lässt den Wasserspiegel in einem Glas ansteigen |
| 2 | Luftballon unter Druck | Versuch | Ein Luftballon in einer PET-Flasche wird kleiner, wenn man den Druck in der Flasche erhöht |
| 3 | Ballondrucksprudler | Versuch | Mithilfe des Drucks eines Luftballons Flüssigkeit umfüllen |
| 4 | Luftballon-Schwimmbase | Versuch | Wie funktioniert die Schwimmbase eines Fisches? |
| 5 | Cartesischer Taucher | Versuch | Einen cartesischen Flaschentaucher basteln |
| 6 | Wolken in der Flasche | Versuch, Recherche | Durch adiabatische Expansion Nebel in einer PET-Flasche entstehen lassen |

3. Materiallisten für die Versuche

| Station | Name der Station | Materialien |
|---------|--|---|
| 1 | Kerze im Glas | <ul style="list-style-type: none"> • Teller • Teelicht • Trinkglas • Feuerzeug oder Streichhölzer • Tinte oder Lebensmittelfarbe zum Färben des Wassers • Wasser |
| 2 | Luftballon unter Druck * Sicherheitshinweis beachten | <ul style="list-style-type: none"> • Ventile (für Druckausgleichsgefäße) zum Einschrauben in den Flaschen-deckel • stabile PET-Flasche (Druckprüfung, s. u.) • Luftpumpe mit Manometer • Modellierballons mit Pumpe • Schutzbrillen |
| 3 | Ballondrucksprudler | <ul style="list-style-type: none"> • PET-Flasche • Luftballon • knickbarer Trinkhalm • Tinte oder Lebensmittelfarbe zum Färben des Wassers • Heißkleber • Bohrer o. Ä. • Trinkglas • Wasser |
| 4 | Luftballon-Schwimmbiase | <ul style="list-style-type: none"> • kleiner Erlenmeyerkolben • Luftballon • Kabelbinder • Kunststoffschlauch • Gefäß (möglichst durchsichtig und größer als der Erlenmeyerkolben) • Wasser |
| 5 | Cartesischer Taucher | <ul style="list-style-type: none"> • Leeres Backaromafläschchen • Spritzflasche oder (zur Not) Streichholz • PET-Flasche • Wasser |
| 6 | Wolken in der Flasche * Sicherheitshinweis beachten | <ul style="list-style-type: none"> • stabile PET-Flasche (Druckprüfung, s. u.) • Luftpumpe mit Manometer • Drehverschluss mit Ventil • Schutzbrillen |

* Sicherheitshinweis

Bei einigen Versuchen werden PET-Flaschen unter Druck gesetzt. Bei diesen Versuchen ist auf die maximal zulässige Druckbeaufschlagung der PET-Flaschen zu achten. Diese gibt es in sehr unterschiedlichen Qualitäten. Es sollten also schön stabile PET-Flaschen ausgewählt werden.

Es empfiehlt sich, vor den Versuchen die Flaschen mit etwa dem doppelten Druck zu testen, also mit ca. 5 bis 6 bar. Hierzu kann die Flasche zu 90 % mit Wasser befüllt und in eine Regentonnen gegeben werden. Ist die Flasche ausreichend mit Wasser bedeckt, kann sie mit dem Prüfdruck aufgepumpt werden (Hinweis: Schutzbrille tragen!). Bei den Schülerversuchen empfiehlt es sich dann, mit maximal 2 bis 2,5 bar zu arbeiten (dabei ebenfalls Schutzbrille tragen!). Ferner macht es Sinn, die Flaschen regelmäßig, z. B. nach jeweils 20 Versuchen, gegen neue auszutauschen.

FOLGE 3

phaeno Riff-Geschichten

4. Vorlagen für den Unterricht

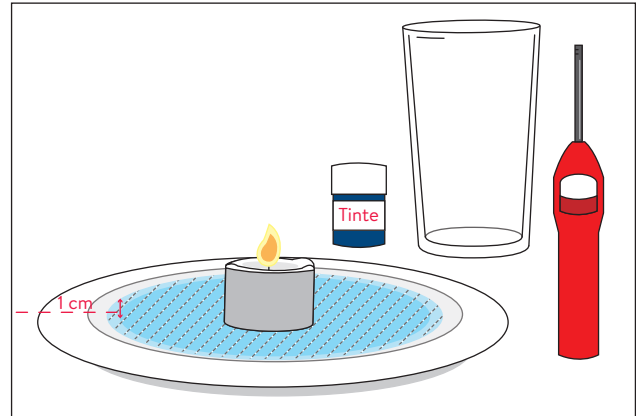
- a. Versuchsanleitungen
- b. Arbeitsblätter



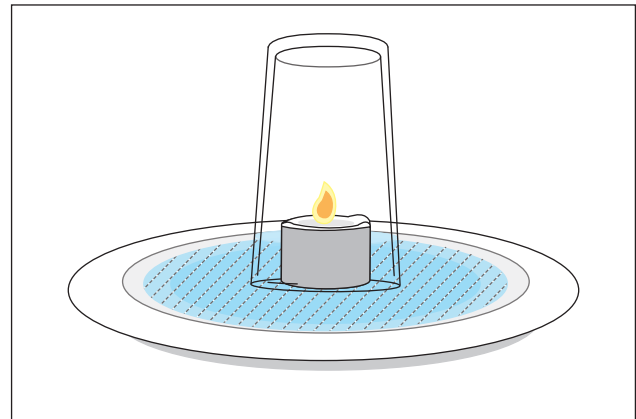
Station 1: Kerze im Glas

Anleitung

1. Füll den Teller ca. 1 cm mit gefärbtem Wasser, stelle das Teelicht in die Mitte und zünde es an.



2. Stelle das Glas umgedreht über die Kerze.



3. Beobachte aufmerksam, was in den folgenden 30 Sekunden passiert, und bearbeite das Aufgabenblatt.

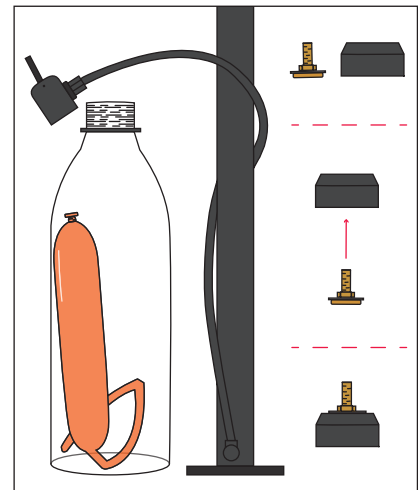
Station 2: Luftballon unter Druck (1/2)

Sicherlich ist dir schon aufgefallen, dass du bei deinem Fahrrad sehr viel Luft in den Reifen pumpen kannst, ohne dass er dabei merklich sein Volumen vergrößert. Der Grund dafür ist ganz einfach: Luft ist (wie alle Gase) kompressibel, sie lässt sich also zusammendrücken. Je höher der Druck, desto weniger Volumen nimmt ein Gas ein. Das darfst du hier selbst mit einem beeindruckenden Experiment ausprobieren.

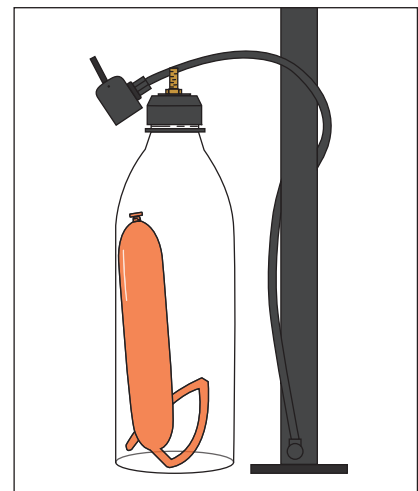
Achtung, Sicherheitshinweise beachten: Schutzbrille tragen und die maximale Druckangabe nicht überschreiten.

Anleitung

1. Pumpe zuerst den Modellierballon ein wenig in der Flasche auf und knote ihn zu.

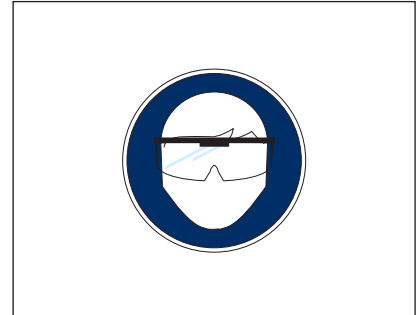


2. Verschließe die Flasche mit dem Ventilverschluss.

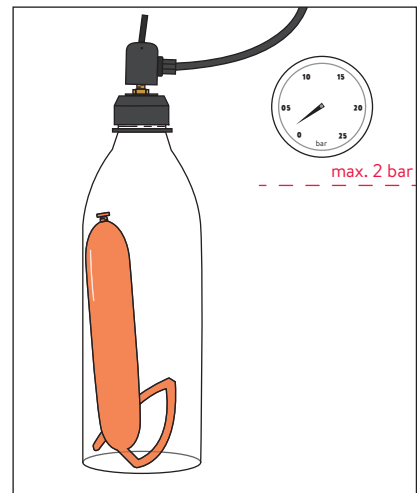


Station 2: Luftballon unter Druck (2/2)

3. Setze dir eine Schutzbrille auf. Das gilt selbstverständlich für alle, die sich in der Nähe befinden.



4. Pumpe vorsichtig die Flasche mit Luft auf. Achte auf den Maximaldruck, den dir deine Lehrkraft genannt hat (z. B. 2 bar). Auf keinen Fall weiter aufpumpen! Sollte die Flasche platzen, kann es gefährlich werden.

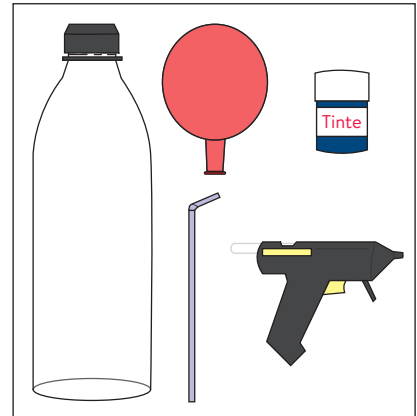


Station 3: Ballondrucksprudler

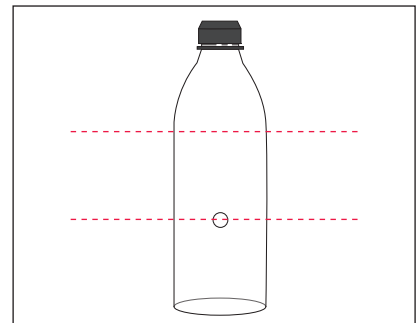
Sicherlich passiert es dir im Leben sehr häufig, dass du gefärbtes Wasser umfüllen musst. Der hier beschriebene Ballondrucksprudler macht dir das Leben also einfacher bzw. verändert es nachhaltig. Anders gesagt: du wirst bald dein Leben in eine Zeit mit und eine Zeit ohne Ballondrucksprudler einteilen!

Anleitung

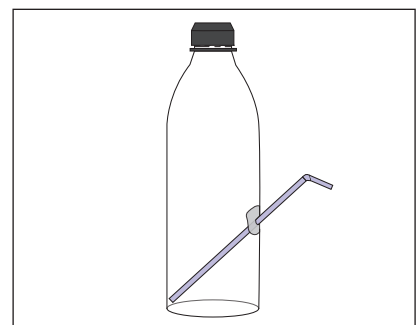
1. Lege alle benötigten Materialien auf den Tisch.



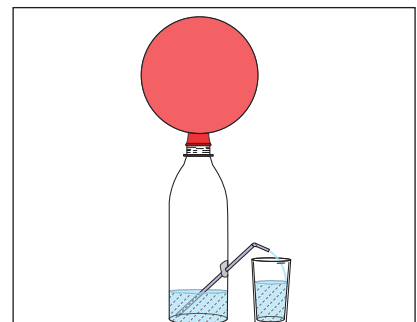
2. Lass dir von deiner Lehrkraft ein Loch in eine PET-Flasche, so ca. auf 1/3 der Höhe, bohren.



3. Klebe, wie auf Bild zu sehen, mit der Heißklebepistole einen Strohhalm in die Flasche.



4. Jetzt nur noch Tintenwasser in die Flasche, einen aufgepus-teten Luftballon über die Flaschenmündung stülpen und schon kannst du das Tintenwasser nur mithilfe des Luftdrucks umfüllen.



Station 4: Luftballon-Schwimmblaste (1/2)

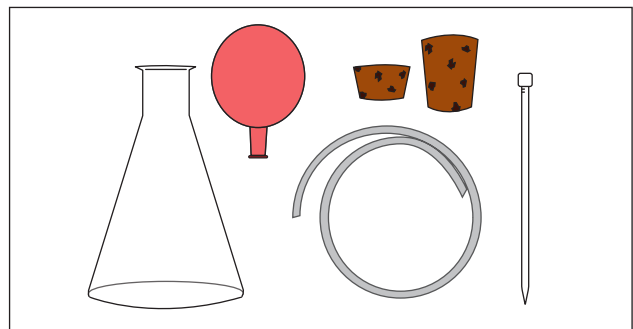
Fische schweben im Wasser. Ja, richtig gelesen. Sie schwimmen nicht, sie schweben. Zumindest, wenn sie in der richtigen Wassertiefe sind. Das liegt an ihrer Schwimmblaste.

Die Schwimmblaste eines Fisches enthält gerade so viel Luft, dass die Gesamtdichte des Fisches exakt der des Wassers entspricht. So erfährt der Fisch weder Auftrieb, der ihn nach oben zieht, noch eine Kraft, die ihn nach unten sinken lässt.

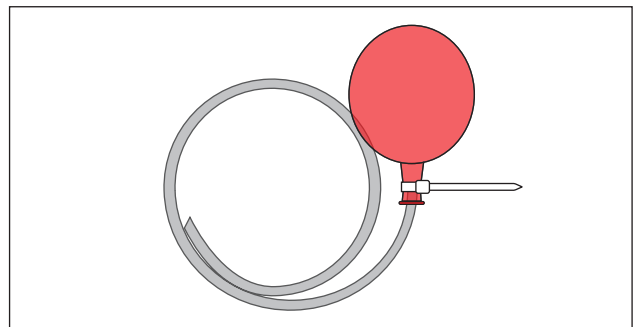
Um die Schwimmblaste eines Fisches zu verstehen, hilft dir der folgende Versuch.

Anleitung

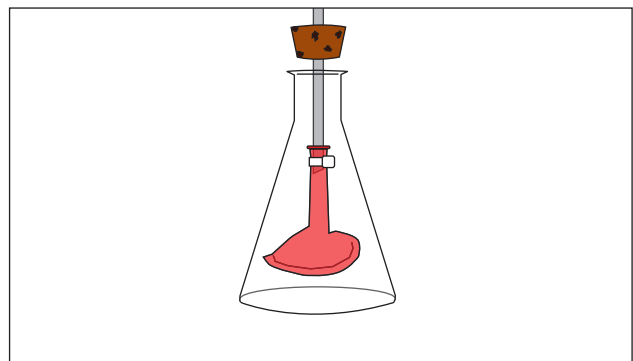
1. Lege alle benötigten Materialien bereit.



2. Verbinde den Luftballon möglichst dicht mit dem Schlauch. Hierbei hilft dir ein Kabelbinder.

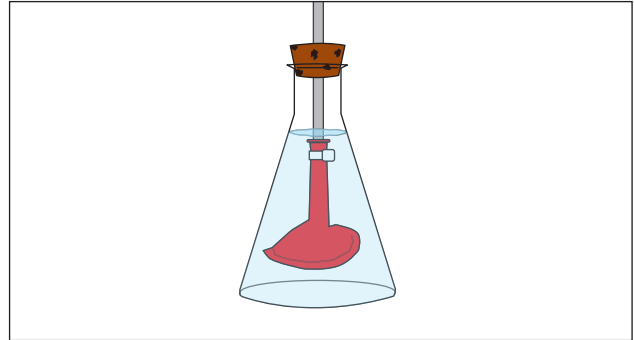


3. Jetzt muss der Luftballon nur noch in den Erlenmeyerkolben und alles mit einem nicht dicht schließenden Korken gesichert werden.

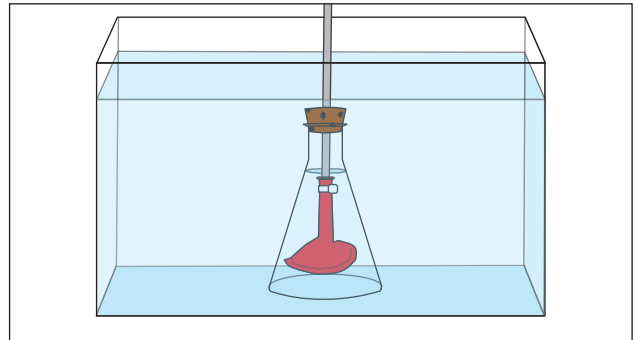


Station 4: Luftballon-Schwimmblase (2/2)

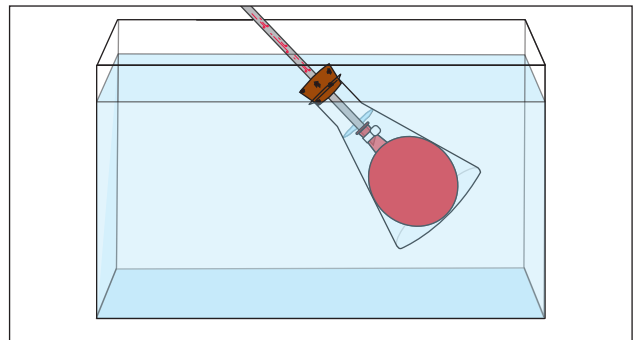
4. Fülle den Erlenmeyerkolben mit Wasser und verschließe ihn mit dem Korken.



5. Lege den Erlenmeyerkolben in einen mit Wasser befüllten durchsichtigen Tank/Becken.



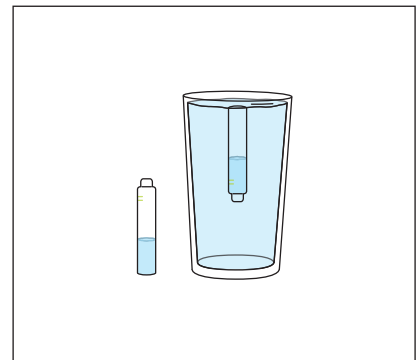
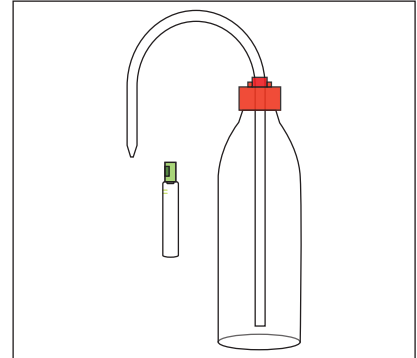
6. Jetzt kann du vorsichtig etwas Luft in den Ballon pusten und deinen Erlenmeyerkolbenfisch schwimmen, ähhh... schweben lassen.



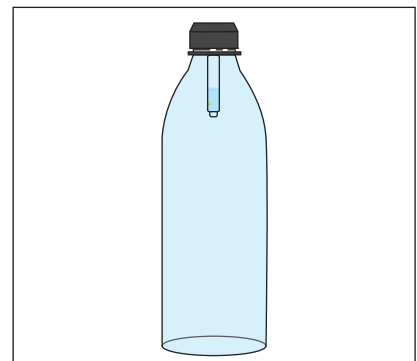
Station 5: Cartesischer Taucher

Anleitung

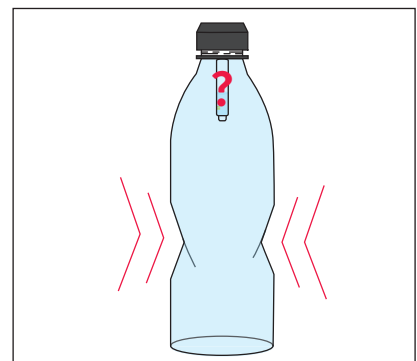
1. Gib mit der Spritzflasche (alternativ mit einem Streichholz) ein paar Tröpfchen Wasser in das Backaromafläschchen. Teste in einem Wasserglas, ob das Fläschchen an der Wasseroberfläche schwimmt, ohne umzukippen.



2. Fülle eine PET-Flasche vollständig mit Wasser, gib den Taucher hinein (Öffnung nach unten) und verschließe die Flasche.



3. Drücke jetzt die Flasche vorsichtig zusammen und beobachte.

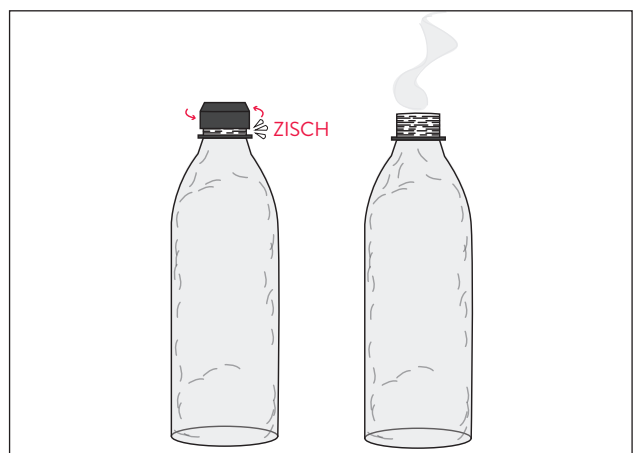
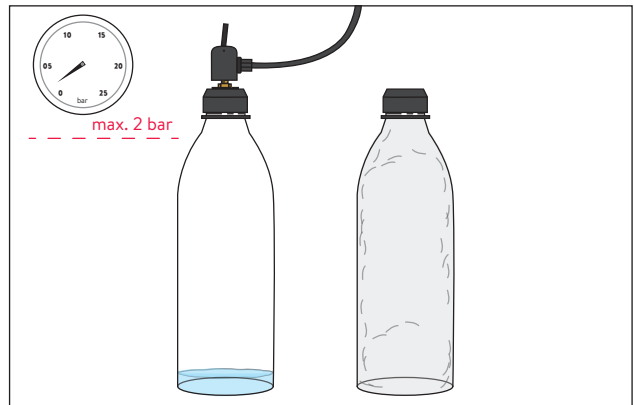
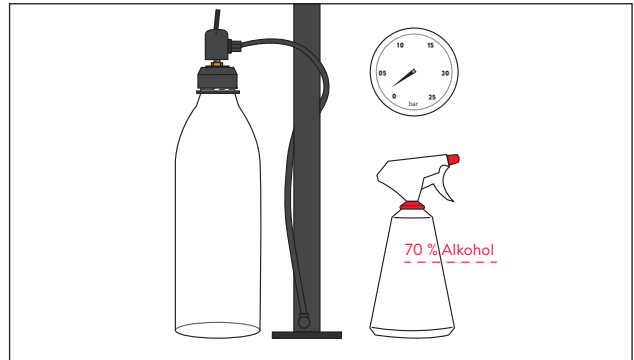
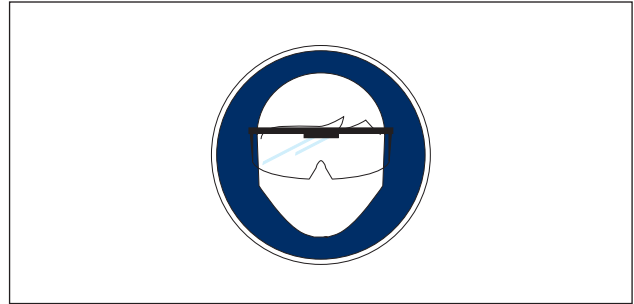


Station 6: Wolken in der Flasche

Achtung, Sicherheitshinweise beachten: Schutzbrille tragen und die maximale Druckangabe nicht überschreiten.

Anleitung

1. Setze dir eine Schutzbrille auf. Das gilt selbstverständlich für alle, die sich in der Nähe befinden.
2. Etwas 70 %-igen Alkohol in die Flasche geben. Am besten funktioniert es mit einer Sprühflasche, ansonsten wenige Milliliter eingießen, zuschrauben und die Wände durch Schütteln und Schwenken gut benetzen.
3. Jetzt musst du die Flasche mit der Fahrradpumpe aufpumpen. Halte dich unbedingt (!) an den von deiner Lehrkraft genannten Maximaldruck, sonst besteht Verletzungsgefahr.
4. Wenn du jetzt ganz schnell den Schraubverschluss aufdrehst, zischt es und es entsteht Nebel.



| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 01 |
|-------|--------|-----------------|

Aufgabe Faktencheck

Schau den Film „Das Walhorn und die Tiefsee“ bis 14:10 min.

Ergänze die folgenden Fakten.

Die Tiefsee geht weiter hinab als unsere _____ hinauf. Der tiefste Punkt der Weltmeere befindet sich im _____ im _____ Ozean und liegt _____ m unter der Wasseroberfläche.

Es waren bisher mehr Menschen _____ als in den Tiefen der Tiefsee. Ein amerikanischer Abenteurer hat im Jahr 2019 im Marianengraben einen neuen Weltrekord im Tiefseetauchen aufgestellt. Er tauchte mit einem Spezial-U-Boot fast 11.000 m tief. Dort fand er eine _____.

Die Tiefsee beginnt _____ unterhalb der Wasseroberfläche. Ab da ist so wenig Sonnenlicht vorhanden, dass keine _____ mehr wachsen können. Je tiefer man taucht, desto _____ wird es. Ab _____ Tiefe ist es ganz dunkel.

Pro _____ nimmt der Wasserdruck um _____ zu. Der Druck von 1 bar entspricht der Gewichtskraft von 1 kg pro _____. In 11.000 m Tiefe lastet somit die Gewichtskraft von _____ auf einen Quadratcentimeter.

Um den Druck in der Tiefsee standhalten zu können, haben viele dort lebende Fische keine _____. Quallen bestehen hauptsächlich aus Wasser. Wasser kann man nicht _____.

Begründe, weshalb der Rochen Kopfschmerzen bekommt, wenn er sehr tief taucht.

Begründe, weshalb in der Tiefsee keine Pflanzen mehr wachsen können.

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 02 |
|-------|--------|-----------------|

Aufgaben Station 1: Kerze im Glas

- a) Beobachte aufmerksam, was in den folgenden 30 Sekunden passiert, und schreibe deine Beobachtung(en) auf.

- b) Erkläre deine Beobachtungen.

Aufgabe Station 2: Luftballon unter Druck

Beschreibe, wie sich das Ballonvolumen bei Druckerhöhung verändert.

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 03 |
|-------|--------|-----------------|

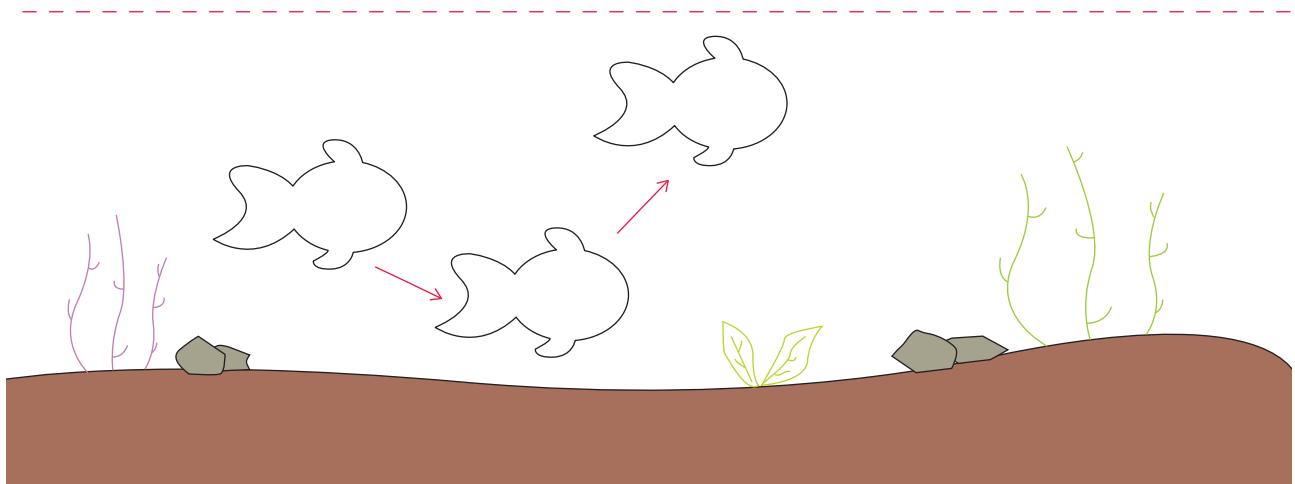
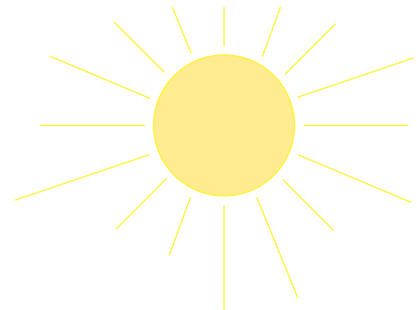
Aufgabe Station 3: Ballondrucksprudler

Platz für deine Notizen

Aufgaben Station 4: Luftballon-Schwimmlase

- a) Hat alles gut funktioniert? Welche Schwierigkeiten sind beim Versuchsaufbau und der Durchführung aufgetreten?

- b) Was passiert mit der Schwimmlase, wenn ein Fisch seine Tauchtiefe ändert? Zeichne die Größe der Schwimmlase in der Skizze ein.



| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 04 |
|-------|--------|-----------------|

- c) Diskutiert, was mit Tiefseefischen passieren könnte, wenn man sie an die Wasseroberfläche holt. Notiert eure Vermutungen.

Aufgabe Station 5: Cartesischer Taucher

Was passiert, wenn du auf die Flasche drückst? Schreibe eine kurze Begründung! Tipp: Sieh dir genau an, was mit der Luftblase passiert, wenn du auf die Flasche drückst.

Hinweis: Verwende nach Möglichkeit die Begriffe **Dichte des Wassers** und **Gesamtdichte des Tauchers**.

Aufgabe Station 6: Wolken in der Flasche

Der Grund, weshalb der Nebel entsteht, ist die adiabatische Ausdehnung der Luft beim Druckablassen.

Recherchiere, was man darunter versteht, und erkläre, wie dadurch Nebel entsteht.

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 05 |
|-------|--------|-----------------|

Aufgabe Faktencheck zum Schluss

Schaue den Film „Das Walhorn und die Tiefsee“ von 14:10 min bis zum Ende.

Benenne die verschiedenen Wasserschichten, ihre jeweiligen Tiefen und einen Meeresbewohner, der in dieser Tiefe lebt.

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

a) Finde heraus, welches der höchste Berg auf der Erde und der tiefste Graben im Ozean ist. (Hilfsmittel: Internet, Weltkarte, Erdkundebuch, Atlas)

b) Veranschauliche deine Ergebnisse in einem Diagramm. Wähle hierfür einen geeigneten Maßstab.

c) Wie viel Meter liegen zwischen dem höchsten Punkt auf der Erde und dem tiefsten Punkt im Meer?

FOLGE 3

phaeno Riff-Geschichten

5. Unterlagen für die Lehrkraft

- a. Grobverlaufsplan
- b. Arbeitsblätter mit Lösungsvorschlägen



Grobverlaufsplan – Das Walhorn und die Tiefsee

| Phase | Unterrichtsgeschehen | Arbeits-/ Sozialform |
|--------------|---|----------------------|
| Einstieg | <ul style="list-style-type: none"> • Wer/Wo/Was ist das phaeno? • Zusammenhang Pale Blue Dot und Riff-Geschichten • Was ist ein Riff? • Evtl. Vorwissen aktivieren zu Ozeanen, Klimawandel (z. B. Wortwolke, Mindmap – im Plenum, in Partnerarbeit oder individuell) • Arbeitsblatt 01 austeilern • Film Folge 3 bis 14:10 min | Plenum |
| Hin-führung | <ul style="list-style-type: none"> • Faktencheck auf Arbeitsblatt 01 vergleichen • Stationsarbeit erklären • (Sicherheits-)Hinweise geben: Umgang mit stabiler PET-Flasche und Luftpumpe; Maximaldruck & Schutzbrille | Plenum |
| Erarbei-tung | <ul style="list-style-type: none"> • Durchführung Stationsarbeit in Kleingruppen (3 – 5 SuS) mithilfe der Arbeitsblätter 02 bis 04 und der Versuchsanleitungen • Fragen zur Stationsarbeit: Wie kann Druck erzeugt werden und was kann im Gegenzug hoher Druck verursachen? Wie können Meeresbewohner in der Tiefsee (über-)leben? | Gruppenarbeit |
| Sicherung | <ul style="list-style-type: none"> • Besprechung der Ergebnisse der Stationsarbeit anhand der Arbeitsblätter • Film von 14:10 min bis zum Ende schauen, parallel dazu das Arbeitsblatt 05 bearbeiten | Plenum Plenum |
| Abschluss | <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse besprechen • Evtl. aktuelle Bezüge herstellen wie möglicher Bergbau in der Tiefsee (Abbau von Manganknollen und anderen wertvollen Rohstoffen, Gewinnung von Methanhydrat als Energiequelle) • Evtl. Ausblick geben: Welche weiteren Themen werden noch behandelt? Wie geht es weiter? Was können wir tun, um die Tiefsee zu schützen? | Plenum |

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01

Aufgabe Faktencheck

Schau den Film „Das Walhorn und die Tiefsee“ bis 14:10 min.

Ergänze die folgenden Fakten.

Die Tiefsee geht weiter hinab als unsere höchsten Berge hinauf. Der tiefste Punkt der Weltmeere befindet sich im Marianengraben im pazifischen Ozean und liegt 11.034 m unter der Wasseroberfläche.

Es waren bisher mehr Menschen auf dem Mond als in den Tiefen der Tiefsee. Ein amerikanischer Abenteurer hat im Jahr 2019 im Marianengraben einen neuen Weltrekord im Tiefseetauchen aufgestellt. Er tauchte mit einem Spezial-U-Boot fast 11.000 m tief. Dort fand er eine Plastiktüte.

Die Tiefsee beginnt 200 m unterhalb der Wasseroberfläche. Ab da ist so wenig Sonnenlicht vorhanden, dass keine Pflanzen mehr wachsen können. Je tiefer man taucht, desto dunkler wird es. Ab 1.000 m Tiefe ist es ganz dunkel.

Pro 10 m nimmt der Wasserdruck um 1 bar zu. Der Druck von 1 bar entspricht der Gewichtskraft von 1 kg pro Quadratzentimeter. In 11.000 m Tiefe lastet somit die Gewichtskraft von 1.100 kg auf einen Quadratzentimeter.

Um den Druck in der Tiefsee standhalten zu können, haben viele dort lebende Fische keine Schwimmbläse. Quallen bestehen hauptsächlich aus Wasser. Wasser kann man nicht zusammendrücken bzw. komprimieren.

Begründe, weshalb der Rochen Kopfschmerzen bekommt, wenn er sehr tief taucht.

In der Tiefsee übt das Wasser einen sehr großen Druck aus. Das liegt daran, dass mit zunehmender Wassertiefe immer mehr Gewichtskraft der darüberliegenden Wassersäule auf die Oberfläche eines Körpers wirkt.

Begründe, weshalb in der Tiefsee keine Pflanzen mehr wachsen können.

In der Tiefsee gibt es so wenig Licht, dass Pflanzen keine Photosynthese mehr betreiben können.

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 02

Aufgaben Station 1: Kerze im Glas

- a) Beobachte aufmerksam, was in den folgenden 30 Sekunden passiert, und schreibe deine Beobachtung(en) auf.

– Luftblasen entweichen aus dem Glas (nicht immer sichtbar)

– nach Erlöschen der Kerzenflamme steigt das Wasser im Glas an

- b) Erkläre deine Beobachtungen.

Beim Verbrennen des Paraffins passieren zwei Dinge:

- i) Die Gastemperatur im Glas steigt an. Dadurch entweicht unten Luft aus dem Glas, weil sich die erwärmte Luft ausdehnt.

Nach dem Erlöschen der Kerze kühlt sich die Luft im Glas wieder schnell ab, da sich die Glaswände aufgrund ihrer im Vergleich zur Luft viel größeren Wärmekapazität nicht wesentlich aufgeheizt haben. Beim Wiederabkühlen der Luft sinkt der Druck innerhalb des Glases und der Luftdruck drückt von außen Wasser in das Glas.

- ii) Bei der Verbrennung des Paraffins entstehen CO_2 und Wasser:



Aus 38 Sauerstoffmolekülen werden also 25 Kohlenstoffdioxidmoleküle. Das Gasvolumen verringert sich also ein wenig. Das Volumen des entstandenen Wassers ist vernachlässigbar.

Aufgabe Station 2: Luftballon unter Druck

Beschreibe, wie sich das Ballonvolumen bei Druckerhöhung verändert.

Bei Druckerhöhung verkleinert sich das Volumen des Ballons. Bei 1 bar Überdruck halbiert sich das Volumen des Ballons. Bei 2 bar sollte der Ballon nur noch ein Drittel seiner ursprünglichen Größe haben.

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 03

Aufgabe Station 3: Ballondrucksprudler

Platz für deine Notizen

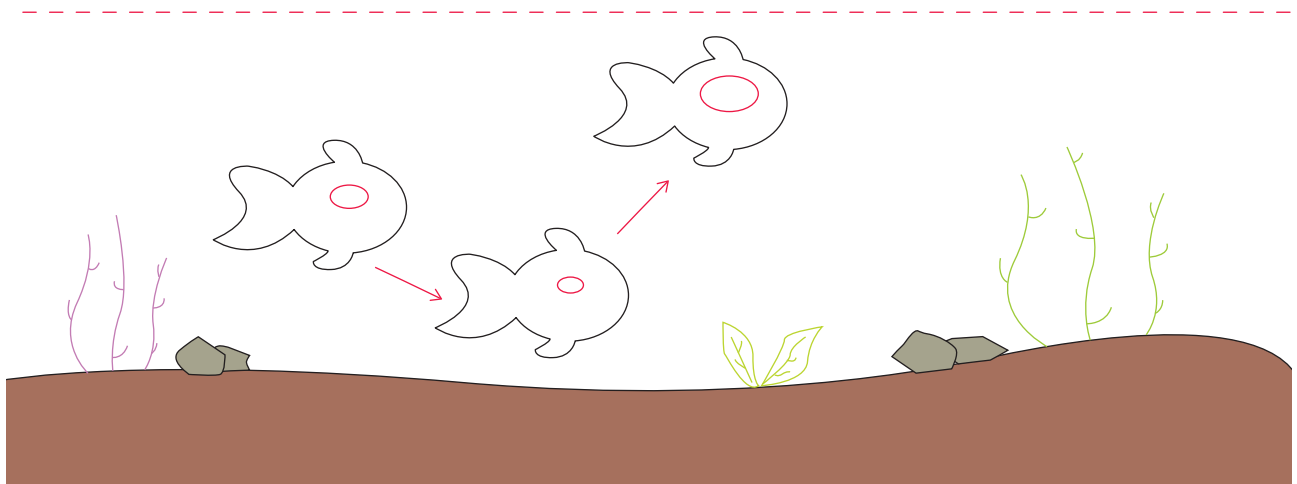
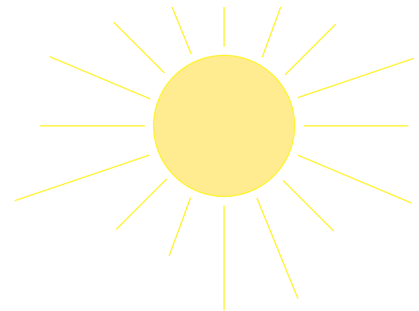
Ist der Ballondrucksprudler nicht wirklich eine großartige Erfindung?

Aufgaben Station 4: Luftballon-Schwimmlase

- a) Hat alles gut funktioniert? Welche Schwierigkeiten sind beim Versuchsaufbau und der Durchführung aufgetreten?

Individuelle Antworten

- b) Was passiert mit der Schwimmlase, wenn ein Fisch seine Tauchtiefe ändert? Zeichne die Größe der Schwimmlase in der Skizze ein.



Der hydrostatische Druck nimmt mit der Tiefe sehr stark zu, nämlich um 1 bar pro 10 m. Da Luft kompressibel ist, dehnt sich die Schwimmlase beim Auftauchen aus und der Auftrieb nimmt zu. Kommen Fische aus zu großer Tiefe, kann die Ausdehnung der Schwimmlase auch gefährlich werden.

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 04

- c) Diskutiert, was mit Tiefseefischen passieren könnte, wenn man sie an die Wasseroberfläche holt. Notiert eure Vermutungen.

Tiefseefische sind an den hohen Druck angepasst, unter dem sie leben. Wir Menschen würden in der Tiefsee unter dem sehr hohen Druck zerquetscht werden! Tiefseefische haben z. B. keine Hohlräume also auch keine Schwimmblase. Durch einen erhöhten Innendruck können sie dem hohen äußeren Druck standhalten. Wenn sie an die Wasseroberfläche kämen, würden sie im niedrigen Luftdruck platzen.

Aufgabe Station 5: Cartesischer Taucher

Was passiert, wenn du auf die Flasche drückst? Schreibe eine kurze Begründung! Tipp: Sieh dir genau an, was mit der Luftblase passiert, wenn du auf die Flasche drückst.

Hinweis: Verwende nach Möglichkeit die Begriffe **Dichte des Wassers** und **Gesamtdichte des Tauchers**.

Der Taucher schwimmt, weil seine Gesamtdichte geringer als die Dichte des Wassers ist. Drückt man auf die Flasche, erhöht sich der Druck in der Flasche. Da Luft kompressibel ist, wird die Luftblase im Taucher kleiner und es befindet sich mehr Wasser im Taucher als vorher. Dadurch erhöht sich mit steigendem Druck die Gesamtdichte des Tauchers. Sobald die Gesamtdichte des Tauchers größer wird als die Wasserdichte, sinkt der Taucher nach unten.

Aufgabe Station 6: Wolken in der Flasche

Der Grund, weshalb der Nebel entsteht, ist die adiabatische Ausdehnung der Luft beim Druckablassen.

Recherchiere, was man darunter versteht, und erkläre, wie dadurch Nebel entsteht.

Bei einem adiabatischen Prozess wird keine Wärmeenergie mit der Umgebung ausgetauscht. Das Aufpumpen geschieht langsam. Durch die Druckerhöhung erwärmt sich die Luft in der Flasche, gibt diese Wärme aber an die Umgebung ab. Wenn sich die Luft beim Öffnen sehr schnell ausdehnt, kühlt sie sich ab, weil sie nicht so schnell Wärmeenergie aus der Umgebung aufnehmen kann. Weil kalte Luft nicht so viel Luftfeuchtigkeit aufnehmen kann wie warme Luft, kondensiert die Luftfeuchtigkeit. Es bilden sich mikroskopisch kleine Tröpfchen, die in der Luft schweben (Nebel).

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 05

Aufgabe Faktencheck zum Schluss

Schaue den Film „Das Walhorn und die Tiefsee“ von 14:10 min bis zum Ende.

Benenne die verschiedenen Wasserschichten, ihre jeweiligen Tiefen und einen Meeresbewohner, der in dieser Tiefe lebt.

- Oberste Wasserschicht ist die Sonnenlichtzone, das Epipelagial. Hier schwimmt die Schildkröte.
- Wasserschicht darunter heißt Dämmerzone oder Mesopelagial. Hier schwimmt der Tintenfisch.
- Im Bathypelagial (1000 – 4000 m Tiefe) gibt es kein Sonnenlicht mehr. Hier findet man den Seestern.
- Als Tiefsee bezeichnet man das Abyssopelagial (4000 – 6000 m Tiefe). Hier schwimmt der Anglerfisch.
- Noch tiefer ist es nur in den Tiefseegräben, dem Hadopelagial (6000 – 11000 m Tiefe). Hier findet man den Pelikanaal.

- a) Finde heraus, welches der höchste Berg auf der Erde und der tiefste Graben im Ozean ist. (Hilfsmittel: Internet, Weltkarte, Erdkundebuch, Atlas)

Höchster Berg: Mount Everest (8 848 m)

Tiefster Graben: Marianengraben (-11 034 m)

- b) Veranschauliche deine Ergebnisse in einem Diagramm. Wähle hierfür einen geeigneten Maßstab.
Geeignetes Diagramm

- c) Wie viel Meter liegen zwischen dem höchsten Punkt auf der Erde und dem tiefsten Punkt im Meer?

$$\Delta h = 8\,848\text{ m} - (-11\,034\text{ m}) = 19\,882\text{ m}$$

FOLGE 3

phaeno Riff-Geschichten

6. Materialien für das selbstständige Erarbeiten der Videos zu Hause

- a. Arbeitsblätter
- b. Arbeitsblätter mit Lösungsvorschlägen
- c. Experiment
- d. Gedichtwettbewerb



| | | |
|-------|--------|------------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 01* |
|-------|--------|------------------|

Das Walhorn und die Tiefsee.*

Aufgabe 1:

Schau dir die **phaeno Riff-Geschichte** vom Walhorn an:
<https://youtu.be/ec-6ucRB-CU> oder QR-Code scannen.



Aufgabe 2:

Was macht die Tiefsee so einzigartig? **Vervollständige die Sätze.**
Verwende die folgenden Wörter: Druck, Nahrung, Temperatur, Licht, Pflanzen

In die Zonen der Tiefsee gelangt kein _____. Deshalb wachsen dort
keine _____. Mit zunehmender Tiefe finden Tiere immer weniger
_____. Außerdem herrschen dort eisige _____ und
die Wassermassen üben einen hohen _____ auf die Tiefseebewohner aus.

Aufgabe 3:

Schneide die Kärtchen aus dem Bogen „Die Zonen der Tiefsee“ **aus und klebe** sie passend in die Tabelle.

| Tiefe | Zone | Beschreibung | Lebewesen |
|-----------------|------|--------------|-----------|
| bis 200 m | | | |
| 200 m – 1000 m | | | |
| 1000 m – 4000 m | | | |
| 4000 m – 6000 m | | | |
| ab 6000 m | | | |

| | | |
|-------|--------|-------------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 01** |
|-------|--------|-------------------|

Das Walhorn und die Tiefsee.**

Aufgabe 1:

Schau dir die **phaeno Riff-Geschichte** vom Walhorn an:
<https://youtu.be/ec-6ucRB-CU> oder QR-Code scannen.



Aufgabe 2:

Was macht die Tiefsee so einzigartig? **Nenne Merkmale.**

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

Aufgabe 3:

Schneide die Kärtchen aus dem Bogen „Die Zonen der Tiefsee“ **aus und klebe** sie passend in die Tabelle.

| Tiefe | Zone | Beschreibung | Lebewesen |
|-----------------|------|--------------|-----------|
| bis 200 m | | | |
| 200 m – 1000 m | | | |
| 1000 m – 4000 m | | | |
| 4000 m – 6000 m | | | |
| ab 6000 m | | | |

Ausschneidebogen. „Die Zonen der Tiefsee“

Schneide die Kärtchen aus dem Bogen „Die Zonen der Tiefsee“ **aus und sortiere** sie passend in die Tabelle auf dem Arbeitsblatt „Das Walhorn und die Tiefsee“.

| Zone | Beschreibung | Lebewesen |
|----------------|-------------------------------------|-------------|
| Abyssopelagial | kein Sonnenlicht | Anglerfisch |
| Mesopelagial | Sonnenlichtzone | Seestern |
| Epipelagial | kein Sonnenlicht | Pelikanaal |
| Hadopelagial | Dämmerzone | Schildkröte |
| Bathypelagial | kein Sonnenlicht, Tiefsee-Gräben | Tintenfisch |

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 02 |
|-------|--------|-----------------|

Das Walhorn und die Tiefsee.


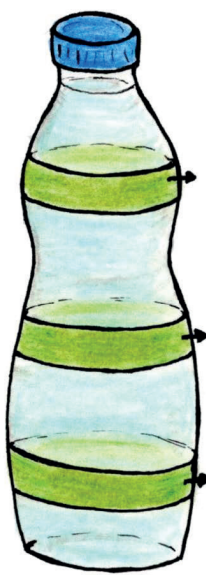

Je tiefer man in das Meer abtaucht, desto größer ist die Wasserschicht, die über einem ist.

Das bleibt nicht ohne Folgen: die Wasserschicht hat eine enorme Gewichtskraft und diese Kraft drückt auf alle Meeresbewohner. Die Bewohner der Tiefsee haben sich an diesen Wasserdruck hervorragend angepasst.

Aufgabe 4:

Im Film wird dieses Phänomen mit Hilfe eines Modellversuchs erklärt.

- Was passiert an den Löchern der Flasche? **Zeichne** die **Beobachtungen** aus dem Versuch in die Abbildung.
- In welche Richtung nimmt der Druck zu? **Vervollständige** den **grauen Balken** zu einem Pfeil, der die Richtung der Druckzunahme veranschaulicht.

| | |
|---|--|
|  | <p>Beobachtungen:</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;">  <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 10px; text-align: center;"> Druckzunahme pro 10m → + 1bar </div> </div> |
|  | <p>Das steckt dahinter: (Finde die passenden Boxen und verbinde sie zu einem Merksatz.)</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> Je tiefer man taucht </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> desto höher ist die darüber liegende Wassersäule und </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> desto geringer ist die Gewichtskraft, die auf einen drückt. </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> Man spricht von einem geringen Wasserdruck </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> desto flacher ist die darüber liegende Wassersäule und </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> desto höher ist die Gewichtskraft, die auf einen drückt. </div> <div style="background-color: #d3d3d3; padding: 5px; margin: 5px; width: 30%;"> Man spricht von einem hohen Wasserdruck </div> </div> |

| | | |
|-------|--------|-----------------|
| Name: | Datum: | Arbeitsblatt 03 |
|-------|--------|-----------------|

Das Walhorn und die Tiefsee.

Aufgabe 5:

Tiere, die in der Tiefsee leben, haben sich an die dort herrschenden Bedingungen angepasst. Im Film werden einige Tiefseebewohner angesprochen. **Ergänze** in der Tabelle, wie sich die jeweiligen Tiere an die Dunkelheit angepasst haben.

| Tier | Anpassung an die Dunkelheit |
|----------------|-----------------------------|
| Seestern | |
| Spinnenfisch | |
| Bartmännchen | |
| Grenadierfisch | |
| Anglerfisch | |

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01*

Das Walhorn und die Tiefsee.*

Aufgabe 1:

Schau dir die **phaeno Riff-Geschichte** vom Walhorn an:
<https://youtu.be/ec-6ucRB-CU> oder QR-Code scannen.



Aufgabe 2:

Was macht die Tiefsee so einzigartig? **Vervollständige die Sätze.**
Verwende die folgenden Wörter: Druck, Nahrung, Temperatur, Licht, Pflanzen

In die Zonen der Tiefsee gelangt kein Licht. Deshalb wachsen dort
keine Pflanzen. Mit zunehmender Tiefe finden Tiere immer weniger
Nahrung. Außerdem herrschen dort eisige Temperatur und
die Wassermassen üben einen hohen Druck auf die Tiefseebewohner aus.

Aufgabe 3:

Schneide die Kärtchen aus dem Bogen „Die Zonen der Tiefsee“ **aus und klebe** sie passend in die Tabelle.

| Tiefe | Zone | Beschreibung | Lebewesen |
|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------|
| bis 200 m | Epipelagial | Sonnenlichtzone | Schildkröte |
| 200 m – 1000 m | Mesopelagial | Dämmerzone | Tintenfisch |
| 1000 m – 4000 m | Bathypelagial | kein Sonnenlicht | Seestern |
| 4000 m – 6000 m | Abyssopelagial | Tiefsee (ohne Sonnenlicht) | Anglerfisch |
| ab 6000 m | Hadopelagial | Gräben (ohne Sonnenlicht) | Pelikanaal |

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 01**

Das Walhorn und die Tiefsee.**

Aufgabe 1:

Schau dir die **phaeno Riff-Geschichte** vom Walhorn an:
<https://youtu.be/ec-6ucRB-CU> oder QR-Code scannen.



Aufgabe 2:

Was macht die Tiefsee so einzigartig? **Nenne Merkmale.**

- Es gelangt kein Licht in die Tiefsee.
- Es wachsen dort keine Pflanzen.
- Es herrschen eisige Temperaturen.
- Es gibt wenig Nahrung.
- Es herrscht ein hoher Druck.

Aufgabe 3:

Schneide die Kärtchen aus dem Bogen „Die Zonen der Tiefsee“ **aus und klebe** sie passend in die Tabelle.

| Tiefe | Zone | Beschreibung | Lebewesen |
|-----------------|----------------|-------------------------------|-------------|
| bis 200 m | Epipelagial | Sonnenlichtzone | Schildkröte |
| 200 m – 1000 m | Mesopelagial | Dämmerzone | Tintenfisch |
| 1000 m – 4000 m | Bathypelagial | kein Sonnenlicht | Seestern |
| 4000 m – 6000 m | Abyssopelagial | Tiefsee (ohne Sonnenlicht) | Anglerfisch |
| ab 6000 m | Hadopelagial | Gräben (ohne Sonnenlicht) | Pelikanaal |

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 02

Das Walhorn und die Tiefsee.


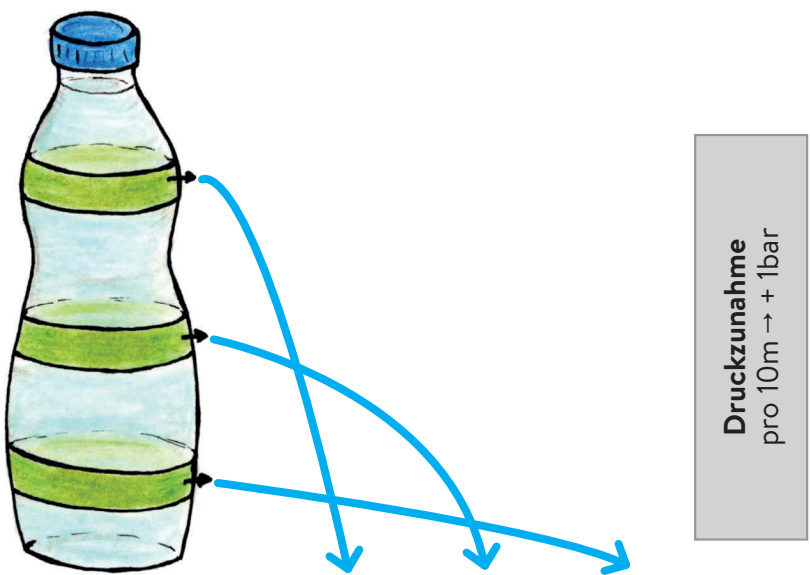

Je tiefer man in das Meer abtaucht, desto größer ist die Wasserschicht, die über einem ist.

Das bleibt nicht ohne Folgen: die Wasserschicht hat eine enorme Gewichtskraft und diese Kraft drückt auf alle Meeresbewohner. Die Bewohner der Tiefsee haben sich an diesen Wasserdruck hervorragend angepasst.

Aufgabe 4:

Im Film wird dieses Phänomen mit Hilfe eines Modellversuchs erklärt.

- Was passiert an den Löchern der Flasche? **Zeichne** die **Beobachtungen** aus dem Versuch in die Abbildung.
- In welche Richtung nimmt der Druck zu? **Vervollständige** den **grauen Balken** zu einem Pfeil, der die Richtung der Druckzunahme veranschaulicht.

| | |
|---|--|
|  | <p>Beobachtungen:</p>  |
|  | <p>Das steckt dahinter: (Finde die passenden Boxen und verbinde sie zu einem Merksatz.)</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Je tiefer man taucht</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">desto höher ist die darüber liegende Wassersäule und</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">desto geringer ist die Gewichtskraft, die auf einen drückt.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Man spricht von einem geringen Wasserdruck</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">desto flacher ist die darüber liegende Wassersäule und</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">desto höher ist die Gewichtskraft, die auf einen drückt.</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px;">Man spricht von einem hohen Wasserdruck</div> </div> |

Lösungsvorschläge zu Arbeitsblatt 03





Das Walhorn und die Tiefsee.

Aufgabe 5:

Tiere, die in der Tiefsee leben, haben sich an die dort herrschenden Bedingungen angepasst. Im Film werden einige Tiefseebewohner angesprochen. **Ergänze** in der Tabelle, wie sich die jeweiligen Tiere an die Dunkelheit angepasst haben.

| Tier | Anpassung an die Dunkelheit |
|----------------|---|
| Seestern | keine Farbe, durchsichtig |
| Spinnenfisch | kleine Augen, ausgeprägter Geruchs- und Tastsinn |
| Bartmännchen | keine Augen, ausgeprägter Geruchs- und Tastsinn |
| Grenadierfisch | große und empfindliche Augen |
| Anglerfisch | machen Licht, um Beute oder Partner anzulocken oder Feinde zu verwirren |

Experiment – Leuchtender Zucker

| | |
|--|--|
|  | <p>Material: feste Unterlage (z. B. Fliese oder Holzbrett), Hammer, Kluntje-Kandis, durchsichtige Klebestreifen, sehr dunklen Raum</p> |
|  | <p>Durchführung: Klebe ein großes Stück Kluntje mit den Klebestreifen an den Hammer oder auf die Fliese. Verdunkle einen Raum und warte zwei bis drei Minuten, bis sich deine Augen an die Dunkelheit gewöhnt haben. Schlage dann mit dem Hammer fest auf den Zucker.</p> |
|  | <p>Beobachtungen:</p> <hr/> <hr/> <hr/> |
|  | <p>Das steckt dahinter: Anders als das Leuchten der Tiefseeorganismen entsteht das Leuchten des Zuckers nicht durch eine chemische Reaktion, sondern durch Reibung (Tribolumineszenz). Beim Auseinanderbrechen der Kristalle entladen sich Spannungen und regen dabei Stickstoff-Moleküle aus der Luft zum Leuchten an.</p> |

Gedichtwettbewerb.

... Die Wellen sind groß und schaukeln dein Schiff ... Ich fürchte mich nicht und steure zum Riff! ...

Meerjungfrauen, Klabautermänner, der Riesenkraken und Robbenmenschen – es gibt unzählige **Geschichten über Sagengestalten**, die in und auf den Meeren leben. In der Riff-Geschichte „Das Walhorn und die Tiefsee“ wird von den **Blauen Männern der Minch** erzählt. Sie haben die Macht, Stürme zu erzeugen und damit Schiffe zum Kentern zu bringen. Sie geben den Schiffen in Not nur eine Chance:

Möchte ein Kapitän sein Schiff retten, muss er ihre Reime beenden.
Würdest du diese Prüfung bestehen?

... Die Wellen sind groß und schaukeln dein Schiff ... Ich fürchte mich nicht und steure zum Riff! ...

Aufgabe:

Wie steht es mit deiner Reimkunst?

Schreibe ein Gedicht, mit dem du die Blauen Männer der Minch besänftigen kannst.

Das sind die Regeln:

- Elfen oder Schüttelreim, Ballade oder konkrete Poesie – die Form der Poesie ist frei wählbar. DU bist der Künstler.
- Das Gedicht muss mindestens drei der sechs folgenden Wörter enthalten: **Meer, Riff, Klima, Leben, Heimat, phaeno**. Du darfst die Wörter innerhalb von Wortkombinationen verwenden, sie in die Mehrzahl setzen oder in Verben und Adjektive verwandeln.

IMPRESSUM

Riff-Geschichten Filme

Drehbuch: Daniela Evers, Gisela Krause-Bärthel, Julia Schlüter, Josephine Strübing & Mareike Wilms

Puppenspiel: Wolfsburger Figurentheater Compagnie, Andrea Haupt und Brigitte van Lindt

Riffsong: Daniela Evers (Text) & Elisabeth Stöckels (Melodie)

Szenenbild: Daniela Evers, Julia Schlüter, Mareike Wilms und unglaublich viele fleißige Häkelfans. Vielen Dank an die Schülerinnen und Schüler der Häkel-AG des Wolfsburger Ratsgymnasiums, ihren mithäkelnden Eltern und an die vielen weiteren Häkelkünstlerinnen und -künstler aus ganz Deutschland!

Regie und Kamera: Mareike Wilms

Mitarbeit: Carolina Salazar Navarro

Bei den Dreharbeiten zu den Filmen kamen keine Tiere zu schaden.

Riff-Geschichten Unterrichtseinheiten

Dr. Daniela Evers (Bodenstedt-Wilhelmschule Peine, abgeordnete Lehrkraft am phaeno)

Dr. Torsten Klaffs (Ratsgymnasium Peine, abgeordnete Lehrkraft am phaeno)

Alexandra Schautz (Wissenschaftliche Mitarbeiterin, phaeno)

Mitarbeit: Yanez Liebrich (phaeno), Dr. Kristof Jess (phaeno)

Förderung:

Wir bedanken uns bei NEUSTART KULTUR. Programmteil „Erhaltung und Stärkung der Kulturinfrastruktur und Nothilfen“ – Programm 2, mit deren finanzieller Unterstützung die Entwicklung und Optimierung der vielfältigen Materialien ermöglicht wurde.



Die Beauftragte der Bundesregierung
für Kultur und Medien



Sofortprogramm
für Corona-bedingte
Investitionen
in Kultureinrichtungen

Angabe von Internetquellen und Links

Wir haben die von Webseiten verwendeten Informationen durch die Angabe der Webadressen kenntlich gemacht. Die meisten Links bieten umfangreiche und weiterführende Informationen zu den einzelnen Themen und können als Startpunkte für eigene Recherche genutzt werden. Die Abrufdaten der Informationen sind angegeben.

Haftungsausschluss: Wir weisen an dieser Stelle darauf hin, dass die Inhalte der zitierten Webseiten außerhalb unseres Verantwortungsbereiches liegen. Zum Zeitpunkt der Linksetzung waren für uns keine illegalen Inhalte auf den verlinkten Webseiten erkennbar. Da wir auf die aktuelle und zukünftige Gestaltung der Inhalte der verlinkten Webseiten keinerlei Einfluss haben, distanzieren wir uns ausdrücklich von allen Inhalten verlinkter Webseiten, die nach unserem Abruf verändert wurden. Für alle Inhalte und insbesondere für Schäden, die aus der Nutzung der in den verlinkten Webseiten aufrufbaren Informationen entstehen, haftet allein der Anbieter der Seite.

Sicherheitshinweis für Lehrkräfte

Die Versuchsdurchführungen erfolgen grundsätzlich auf eigene Gefahr. phaeno haftet nicht für Unfälle, Verletzungen oder Sachbeschädigungen, die durch die in den Unterrichtsmaterialien beschriebenen Experimente entstanden sind. Die Unterlagen richten sich an Fachlehrkräfte, die einschätzen können, welche Sicherheitsrisiken mit Experimenten verbunden sind. Jede Lehrkraft ist dafür verantwortlich, die aktuell geltenden Vorgaben nach der „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)“¹ einzuhalten. Spezielle Sicherheitshinweise, die sich auf einzelne Experimente beziehen, sind in den Kapiteln vermerkt (z. B. das Durchführen von Belastungstests für die eingesetzten PET-Flaschen in diesem Kapitel).

¹ Abzurufen z. B. unter: <https://www.arbeitsschutz-schulen-nds.de/verantwortung-organisation/rechtsgrundlagen/erlasse-risu/kmk-richtlinie-zur-sicherheit-im-unterricht-risu/> (Stand: August 2023)