

I.B.52

Mechanik

Bombenzyklon – Druck anhand von Wetterphänomenen

Kerstin Reinecke



© RAABE 2025

© gguy44/iStock/Getty Images

Wichtige Inhalte der Physik an Alltagsphänomene zu knüpfen, motiviert Lernende und hilft, physikalisches Wissen und Kompetenzen langfristig zu verankern. Wetter und Klima sind dabei zwei Themen, die nicht nur alltägliche Erscheinungen, sondern auch hinsichtlich des anthropogen verursachten Klimawandels von wesentlicher gesellschaftlicher Relevanz sind. Ein wichtiger Baustein beim Verständnis von Wetter- bzw. Klimaerscheinungen ist der Druck, hier Luftdruck. Als motivierender Einstieg dient das Wetterphänomen des „Bombenzyklons“. Wie entsteht ein Bombenzyklon? Wie kommt es zu dem starken Druckabfall? Und was ist überhaupt Druck?

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	9–11
Dauer:	8 Unterrichtsstunden (Minimalplan: 6)
Kompetenzen:	Definitionen von Druck, Anwendung Druck, Messung mit Phyphox, Versuchsdaten auswerten und bewerten, Diagramme beschreiben können, Teilchenmodell anwenden, Berechnungen
Inhalt:	Mechanik: Druck, Luftdruck, Wetterphänomene
Medien:	Arbeitsblätter, Diagramme, Smartphone oder Tablet, Internet

M 1



Der Bombenzyklon bringt Schneestürme und Eiswind

In den USA haben Temperaturen bis zu minus 46 Grad weite Teile des Landes erfasst (26.12.2022). Reisepläne zum Weihnachtsfest werden durchkreuzt. Für manche endet die extreme Kälte tödlich.



Foto: Willowpix/iStock/Getty Images Plus

Bis zu drei Meter hohe Schneewehen, endlose Staus, eisglatte Straßen: In weiten Teilen der USA ist der Verkehr zum Erliegen gekommen. Mehr als 200 Millionen US-Bürger stehen vor dem eisigsten Weihnachtsfest seit Jahrzehnten: Ein heftiges Sturmtief sorgt in weiten Teilen der USA für Chaos. In Buffalo hatte der extreme Sturm sogenannte Whiteout-Bedingungen hervorgerufen. Als „Whiteout“ wird ein meteorologisches Phänomen bezeichnet, bei dem durch Schnee und gedämpftes Sonnenlicht eine extreme Helligkeit entsteht, in der Konturen und Schatten verschwinden.

Wind mit bis zu 150 Stundenkilometern

Meteorologen sagten Schneestürme mit Windgeschwindigkeiten von bis zu 112 Kilometern pro Stunde voraus, insbesondere für die Gegend um die Großen Seen. Teils wurden aus einzelnen Regionen sogar noch höhere Windgeschwindigkeiten gemeldet. Auf dem Mount Washington etwa, dem höchsten Gipfel im Nordosten der USA, peitschte der Wind mit einer Geschwindigkeit von über 150 Stundenkilometern.

Reisende stranden im Chaos

Chaotische Szenen gab es auch an den Flughäfen. Vor allem Passagiere im Norden, rund um die Großen Seen, mussten Reisen absagen. Die Flughäfen in Chicago und Detroit gehören zu den wichtigsten Drehkreuzen des Landes. Mehr als 5.700 Flüge wurden nach Angaben der Flugdaten-Webseite FlightAware am Freitag gestrichen, fast 9.000 waren verspätet.

Medienberichten zufolge starben mindestens 13 Menschen bei Verkehrsunfällen. Auf vielen Straßen kam der Verkehr komplett zum Erliegen. Das Bahnunternehmen Amtrak stellte seine Fahrten im Mittleren Westen auf mehr als 20 Verbindungen bis über Weihnachten ein.



© thomas-bethge/iStock/Getty Images Plus

Was ist Druck überhaupt?

M 2

Die Luftpumpe

Nimm eine Luftpumpe in die Hand. Zieh den Stempel heraus. Halte mit einem Finger die Öffnung zu. Drücke vorsichtig auf den Stempel. Lasse ihn dann los.



Aufgabe 1

Notiere deine Beobachtungen.

Erkläre mithilfe des Teilchenmodells, wieso sich der Stempel reindrücken lässt (Luft wird also komprimiert).

Erkläre, wieso der Stempel beim Loslassen wieder von alleine hochgeht.

Du kennst die Formel zur physikalischen Arbeit. **Nenne** diese.

Überlege dir, in welchem Augenblick die Spritze Arbeit verrichtet, bzw. wann Arbeit an ihr verrichtet wird. **Benenne** den Vorgang, bei dem Energie zugeführt wird.

Du hast den Stempel mit einer Kraft einen bestimmten Weg bewegt und dadurch Energie zugeführt. Damit ist auch eine Volumenänderung verbunden. Energiezufuhr erfolgt also durch die Volumenänderung. Energiezufuhr und Volumenänderung sind proportional. **Stelle** dazu eine Formel auf.

Du spürst beim verkleinerten Volumen den Druck an der Spritzenspitze. **Formuliere** mithilfe der Formel den Zusammenhang zwischen Druck, Energie und Volumen.

Ermittle, welche Größen bleiben, wenn bei der Energie (Arbeit) und beim Volumen eine Wegdifferenz heraus gekürzt wird. Notiere mit diesen neuen Größen die Gleichung für den Druck neu.

Ermittle die Einheit für den Druck.

Animation mit Phet

Aufgabe 2

Öffne die Animation zum Druck bei Phet unter folgendem Link: <https://phet.colorado.edu/de/simulations/gases-intro>.

Puste durch das Runterdrücken der Luftpumpe einige Gasteilchen in den geschlossenen Kasten. Stelle beim Pull-down-Menü den Druck auf kPa.



Quelle: <https://phet.colorado.edu/de/simulations/gases-intro>

Beschreibe das Verhalten der Teilchen und notiere dir den Wert des Druckes.

Der Luftdruck

M 3

Der Luftdruck – Informationstext

Der Luftdruck ist der Druck, der aufgrund der Gewichtskraft der Luftsäule oberhalb eines Körpers auf diesen Körper wirkt.

Luftdruck wird häufig in der Einheit bar angegeben, wobei $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ entspricht. Pa ist die Einheit Pascal. Die Einheit Pascal ist definiert als $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$.

Der Begriff „Luftdruck“ bezeichnet den Druck, den die Luftsäule über einem Gegenstand aufgrund ihrer Gewichtskraft auf diesen Gegenstand ausübt. Auch wenn du die Größe des Luftdrucks selbst nicht direkt ohne Messgerät wahrnehmen kannst, kannst du schnelle Luftdruckänderungen bspw. beim Fliegen oder beim Aufzug fahren in Form von „Druck auf den Ohren“ registrieren. Weiter spielt der Luftdruck bei Phänomenen wie dem Wetter oder der Siedetemperatur von Wasser eine wichtige Rolle.

Der Luftdruck auf Meereshöhe beträgt normgemäß 101.325 Pa. Da wie oben schon beschrieben $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ entspricht, kannst du dir als Faustregel daher merken, dass der Luftdruck auf Meereshöhe etwa 1 bar beträgt. Dies entspricht in etwa dem Druck, den eine Wassersäule von 10 Metern Höhe verursacht.

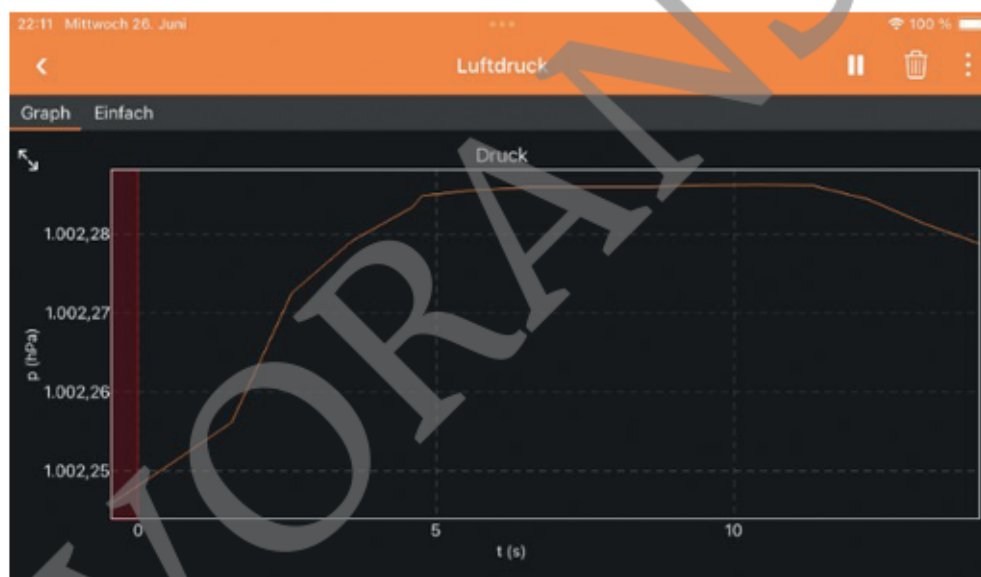
Mithilfe von Phyphox wollen wir den Einfluss der Höhe auf den Luftdruck untersuchen. Ihr benötigt pro Gruppe mindestens ein Tablet mit Drucksensor.



Versuch

Öffne die Phyphox-App auf deinem Tablet.

Wähle den Menüpunkt „Luftdruck“ unter „Sensoren“.



Quelle: PhyphoxApp

Stelle dich im Treppenhaus im Keller an die unterste Stufe in Startposition.

Starte die Aufnahme der Werte.

Steige im Treppenhaus gleichmäßig bis in das oberste Stockwerk. **Pausiere** dabei auf jedem Treppenabsatz einige Sekunden. Falls es von Absatz zu Absatz mehr als zwei Meter Höhenunterschied gibt, **pausiere** nach der Hälfte der Treppenstufen. Du erkennst im Diagramm der Messung eine Stufe, auf der der Wert für den Luftdruck sich nicht verändert, wenn du auf einer Höhe stehen bleibst.

Aufgaben

1. Trage die ermittelten Werte in die Tabelle ein.



Höhe h in m	0								
Luftdruck p in hPa									
Differenz Δp in hPa									
$\frac{\Delta p}{\Delta h}$ in $\frac{\text{hPa}}{\text{m}}$									

2. **Ermittle** zu jedem Absatz den Druckunterschied und trage diesen in die Tabelle ein. **Berechne** die Druckdifferenz zwischen den Absätzen. **Berechne** den Quotienten von Druckdifferenz und Höhendifferenz. **Notiere** diese Werte jeweils in der Tabelle. **Beschreibe** den Verlauf des Druckquotienten.
3. Du hast dich nur um eine sehr kleine Höhenveränderung nach oben bewegt im Vergleich zur Ausdehnung der Atmosphäre. Das unten stehende Höhen-Luftdruck-Diagramm zeigt die Veränderung von Luftdruck mit zunehmender Höhe, wenn man noch weiter aufsteigt. **Beschreibe** den Verlauf des Diagramms. **Erläutere** mithilfe des Teilchenmodells das Diagramm. **Erläutere**, warum du bei deinen Messungen diesen Effekt noch nicht ausgeprägt beobachten konntest.

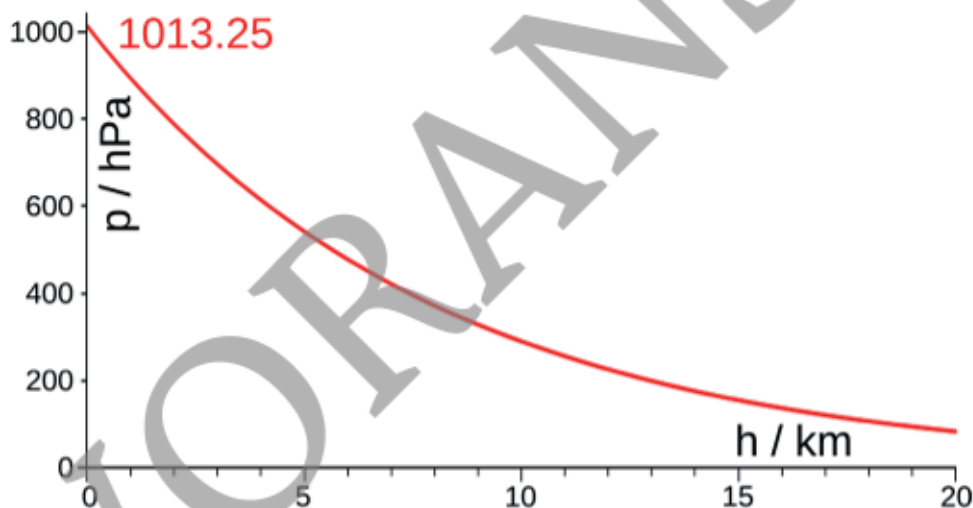


Abbildung: Kerstin Reinecke

4. Der letzte Wert der Messung aus Aufgabe 2 passt nicht zu den übrigen Werten. **Stelle** eine Hypothese auf, warum dieser Wert abweicht.

M 4

Warum stürmt es besonders viel im Herbst?

**Die Entstehung von Herbststürmen**

Herbststürme entstehen, wenn warme und kalte Luftmassen besonders stark aufeinandertreffen. Diese Begegnung geschieht häufiger im Herbst, da die Temperaturen auf der Nordhalbkugel stark sinken und die Unterschiede zwischen warmen und kalten Luftmassen größer werden.

Temperaturunterschiede als Ursache

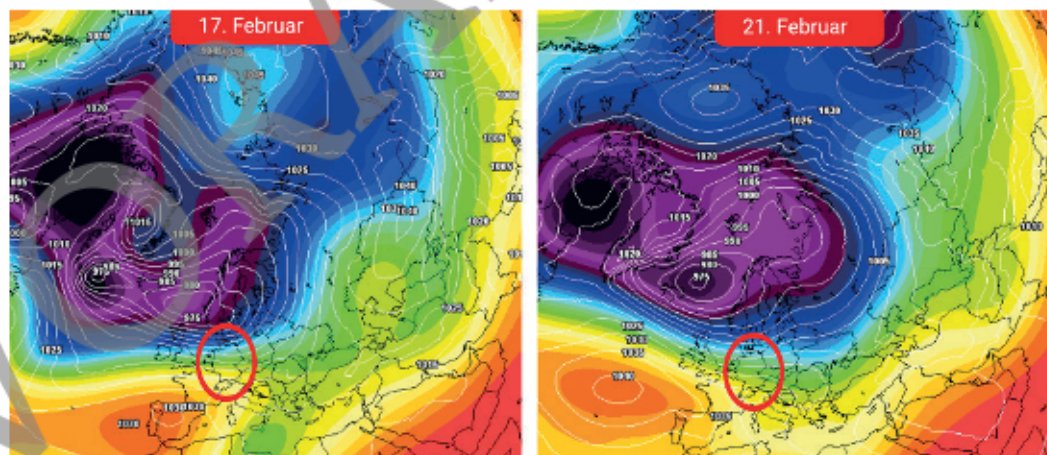
Im Herbst kühlt das Festland schnell ab, während die Ozeane die Wärme des Sommers länger speichern. Dadurch entsteht ein starker Temperaturunterschied zwischen Land- und Meeresregionen. Wenn warme, feuchte Luftmassen über den Meeren auf kältere, trockenere Luftmassen aus dem Norden treffen, bildet sich eine sogenannte „Front“, an der sich das Wetter rasch verändert. Diese Temperaturunterschiede setzen große Energiemengen in der Atmosphäre frei und erzeugen starke Winde.

Tiefdruckgebiete und Luftdruckunterschiede

Bei der Konfrontation von warmer und kalter Luft entstehen häufig Tiefdruckgebiete. Diese bilden sich, weil warme Luft über die dichtere kalte Luft aufsteigt, was einen Druckabfall am Boden zur Folge hat. In einem solchen Tiefdruckgebiet herrscht ein niedrigerer Luftdruck als in der Umgebung, und Luft strömt aus benachbarten Hochdruckgebieten dorthin. Je größer die Druckunterschiede, desto schneller bewegt sich die Luft – der Wind wird stärker und kann bis zu stürmischen Geschwindigkeiten anwachsen.

Wetterkarten lesen lernen

Um die Entstehung von Stürmen besser verstehen zu können, nutzen wir eine Wetterkarte. Wetterkarten zeigen Gebiete mit hohem und niedrigem Luftdruck und helfen uns zu verstehen, wo sich Wind und Stürme entwickeln könnten. Unten sind Wetterkarten vom 17. Februar und 21. Februar 2022 abgebildet.



Quelle: <https://www.wetterprognose-wettervorhersage.de/wetter-jahreszeiten/winter/wetter-winter-2021-2022/10196-wettervorhersage-wie-wahrscheinlich-ist-ein-sturm-oder-orkan-ueber-deutschland.html>

Die **Polarfront** ist eine Luftmassengrenze, die kalte polare Luft von gemäßigt warmen Luftmassen trennt. Im Sommer der Nordhalbkugel zieht sich die Polarfront nach Norden zurück. Im Winter dagegen liegt sie im Mittel viel weiter südlich – oft verläuft sie dann quer über Europa. Sie ist in der unteren Abbildung mit ihrem Verlauf im Winter und im Sommer eingezeichnet. Es gibt auch auf der Südhalbkugel eine Polarfront.

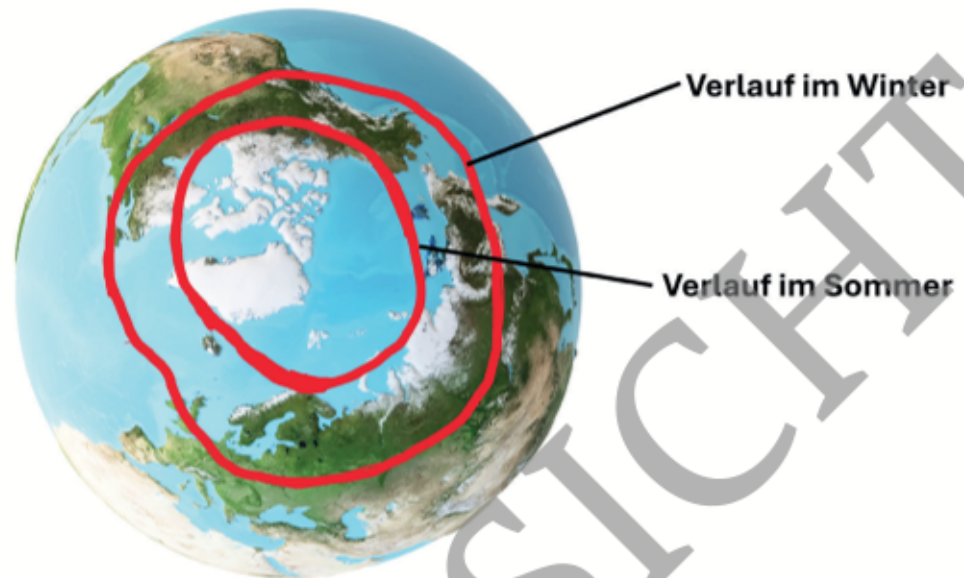


Abbildung: Kerstin Reinecke

Aufgaben

1. **Skizziere** die Abläufe bei der Entstehung von Stürmen mithilfe einer Zeichnung.
2. **Beschreibe** den Verlauf der Polarfront. Vergleiche den Verlauf der Polarfront mit der Wetterkarte.
3. **Beobachte die Isobaren** (Linien, die Gebiete mit gleichem Luftdruck verbinden). **Beschreibe**, wo die Isobaren eng aneinander liegen. **Stelle eine** Hypothese für das Verhalten des Windes dieser Region auf.
4. **Stelle eine begründete Vermutung auf**, wo in diesem Bereich der Karte ein Sturm zu erwarten wäre.
5. **Recherchiere und erkläre**, warum die Temperaturunterschiede zwischen Nord- und Südeuropa im Herbst zunehmen.
6. **Fasse** in Stichworten zusammen, wie ein Sturm entsteht.



Der Bombenzyklon im Erklärvideo

M 5

Erstelle ein Erklärvideo: Wie entsteht ein Bombenzyklon?

Nutze zur Erstellung des Videos die Materialien aus dem Unterricht, besonders Material **M 4** „Warum stürmt es besonders viel im Herbst?“.

Überlege, was am Ende des Videos klar verständlich sein soll. Zum Beispiel: „Der Zuschauer soll verstehen, wie welche Faktoren für die Entstehung eines Bombenzyklons wichtig sind und wie diese Faktoren zusammen wirken bei der Entstehung des Bombenzyklons.“



Abbildung: IconicBestiary/iStock/Getty Images Plus

Anleitung für ein Erklärvideo



1. Die Vorarbeiten

1.1 Recherche betreiben: Sammle Informationen aus Schulbüchern, Arbeitsblättern oder auch aus sicheren Internetquellen.

1.2 Notizen machen: Schreibe die wichtigsten Punkte in eigenen Worten auf, um das Thema besser zu verstehen und zu erklären.

1.3 Skript erstellen: Schreibe ein einfaches Skript, das erklärt, was du in deinem Video sagen und zeigen willst. Achte darauf, dass du Fachbegriffe einfach erklärst und Beispiele verwendest.

1.4 Storyboard skizzieren: Überlege, wie die einzelnen Szenen aussehen sollen. Ein Storyboard ist eine Art „Drehbuch“ für das Video, in dem du festlegst, welche Bilder, Texte oder Animationen du zeigen möchtest und was dazu gesagt wird.

1.5 Visualisierungen einplanen: Denke an mögliche Diagramme, Skizzen oder Animationen, die deine Erklärung unterstützen könnten, z. B. Pfeile für Kraftvektoren oder einfache Zeichnungen zur Darstellung von Bewegungen.

2. Das Video aufnehmen

2.1 Mobiltelefon oder Tablet: Du kannst dein Telefon oder Tablet verwenden. Achte auf gute Lichtverhältnisse und eine ruhige Umgebung. Ein ungenutzter Klassenraum, aber auch ein Flur oder der Schulhof können geeignet sein.

Experimente: Tauchboot und Druckdose

M 6



Versuch 1: Tauchboot

Schneide das untere Viertel der 0,5-l-PET-Flasche ab. Mach einen Knoten in jeden Finger eines Einmal-Handschuhs möglichst nah an der Handfläche und **schneide** die Finger des Einmal-Handschuhs ab. **Stülpe** diesen Teil des Handschuhs nun auf den verbliebenen Teil der PET-Flasche und **sichere** ihn gegen Wegrutschen mit mehreren Gummibändern. **Stülpe** einen Finger des Handschuhs auf die Öffnung der PET-Flasche und **sichere** ihn gegen Wegrutschen mit mehreren Gummibändern. **Tauche** das „Tauchboot“ mit der Gummimembran nach unten zeigend in eine mit Wasser gefüllte Schüssel.



Abbildung: Kerstin Reinecke

Versuch 2: Druckdose

Ähnlich wie in Versuch 1 wird eine Gummimembran über einen Hohlkörper gespannt und dieser dann in Wasser getaucht. An diesen Hohlkörper ist ein Schlauch angeschlossen, der an ein mit Wasser gefülltes U-Rohr angeschlossen ist. Taucht man den Hohlkörper ins Wasser, so verschiebt sich die Wassersäule im U-Rohr. Diese Verschiebung wird gemessen.

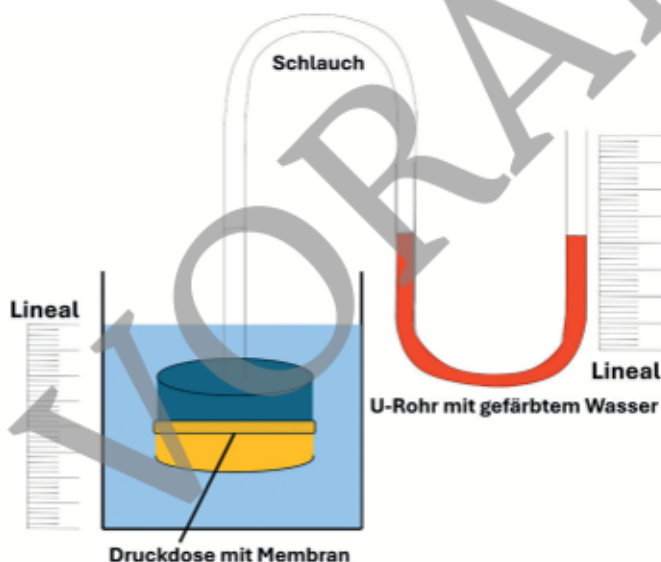


Abbildung: Kerstin Reinecke



Es werden folgende Messwerte aufgenommen:

Eintauchtiefe	Höhenunterschied der Wassersäule
0 cm	0 mm
1,5 cm	6 mm
3 cm	12 mm
4,5 cm	18 mm
6 cm	24 mm

Aufgaben

1. **Beschreibe** die Beobachtungen zu Versuch 1.
2. **Erläutere** mithilfe des Teilchenmodells die Beobachtungen in Versuch 1.
3. **Trage** die Messwerte aus Versuch 2 in einem Eintauchtiefe-Höhenunterschied-Diagramm auf.

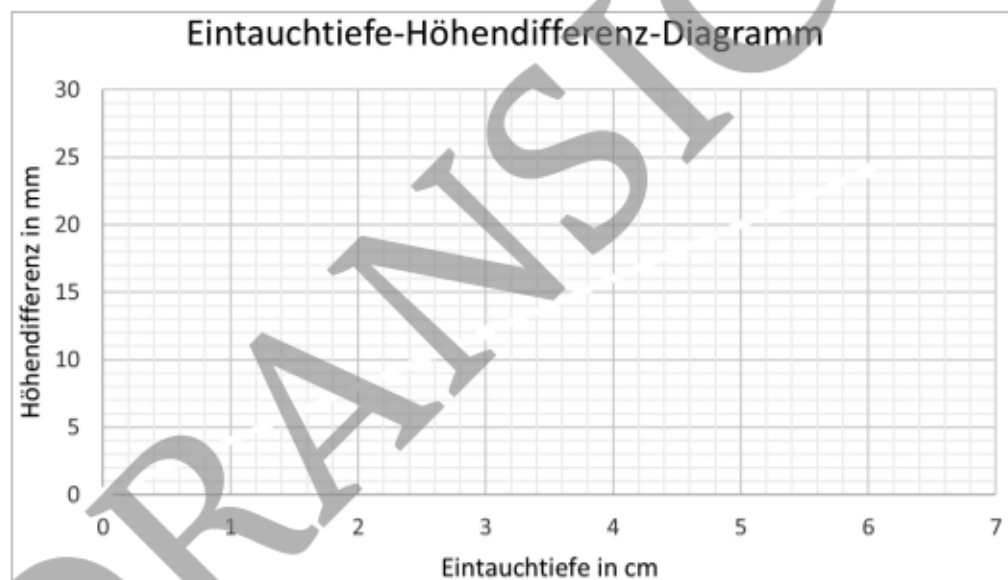


Abbildung: Kerstin Reinecke

4. **Erläutere** mithilfe der Formel für den Druck $p = \frac{F}{A}$ und mithilfe einer Skizze die Messergebnisse.
5. Die Formel für den Tiefendruck lautet $p = \rho \cdot g \cdot h$. **Leite** die Formel her. **Nutze** dazu die Formel für die Gewichtskraft des Wassers, die auf den eingetauchten Körper wirkt. **Bedenke**, dass Wasser bei Standardbedingungen eine Dichte von $1 \frac{\text{kg}}{\text{l}}$ besitzt.

Übungsaufgaben zur Klassenarbeit

M 7



Aufgabe 1: Druck eines Reifens auf den Boden

Ein Autoreifen übt eine Gewichtskraft von 10.000 N auf den Boden aus. Die Auflagefläche eines Reifens beträgt $0,04 \text{ m}^2$.

- Berechne den Druck, den ein Reifen auf den Boden ausübt.
- Wie groß wäre die Auflagefläche eines Reifens, wenn der Druck auf den Boden 200.000 Pa betragen soll?



© AnyVidStudio/iStock/Getty Images Plus

Aufgabe 2: Druck in einem Kolben

In einem Kolben ist ein Gas eingeschlossen. Der Kolben hat eine Grundfläche von $0,1 \text{ m}^2$ und ist mit einem Kolbengewicht von 500 N beschwert.

- Berechne den Druck im Kolbeninneren, der durch das Gewicht des Kolbens erzeugt wird.
- Berechne den Druck, wenn die Fläche auf $0,05 \text{ m}^2$ verringert wird.

Aufgabe 3: Druckunterschiede in Höhenlagen

Erkläre, warum der Luftdruck auf einem Berggipfel geringer ist als auf Meereshöhe. Verwende dabei das Konzept der Luftsäule und erkläre, wie sich die Höhe auf den Druck auswirkt.

Aufgabe 4: Flugzeugkabine

Ein Passagier in einem Flugzeug spürt bei Start und Landung oft Druckveränderungen in den Ohren. Erkläre, warum diese Druckveränderungen auftreten und wie sie mit der Höhe des Flugzeugs zusammenhängen.



© Alexander Spatari/Moment/Getty Images

Aufgabe 5: Anwendung des Drucks in einer Hydraulikpresse

Eine Hydraulikpresse besteht aus zwei Zylindern mit unterschiedlichen Flächen: Der größere Zylinder hat eine Fläche von $0,5 \text{ m}^2$, und der kleinere Zylinder hat eine Fläche von $0,01 \text{ m}^2$. Auf den kleineren Zylinder wird eine Kraft von 200 N ausgeübt.

- Berechne den Druck im kleinen Zylinder.
- Wie groß ist die Kraft, die auf den größeren Zylinder übertragen wird?
- Erkläre, warum Hydraulikpressen in Maschinen und Fahrzeugen genutzt werden, um große Kräfte zu erzeugen.

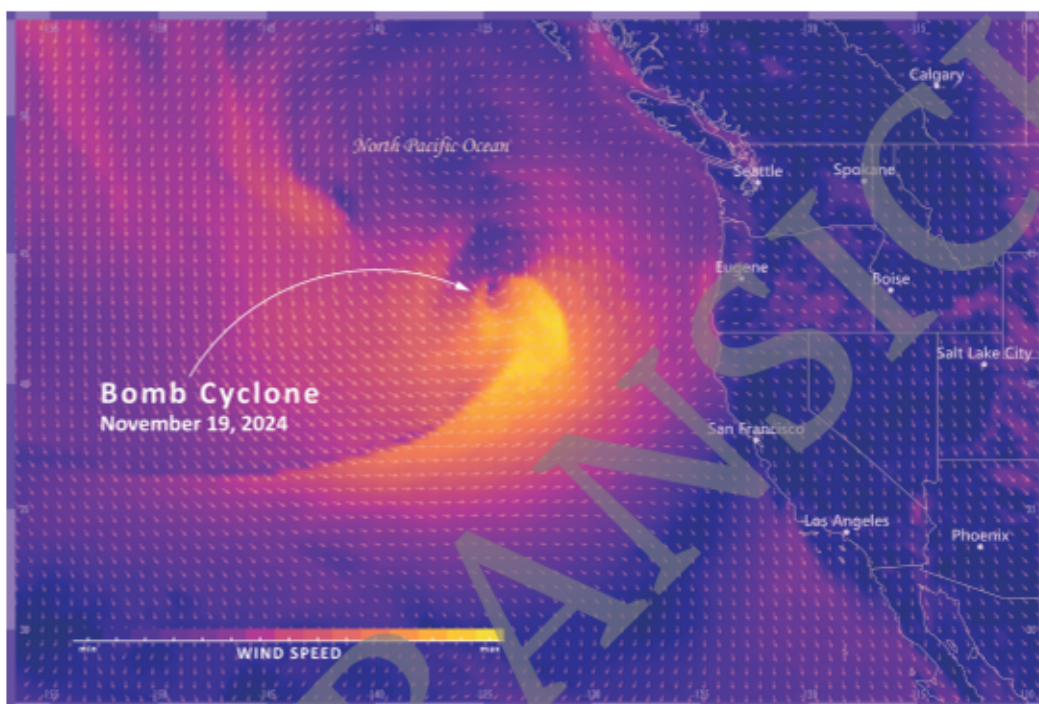
Aufgabe 6: Barometer und Luftdruckmessung

Beschreibe, wie ein Barometer den Luftdruck misst. Erkläre, warum das Barometer je nach Wetterlage unterschiedliche Werte anzeigt und wie dies mit Hoch- und Tiefdruckgebieten zusammenhängt.

Hinweise (M 1, M 2)

Der Einstieg am Beispiel des Bombenzyklons kann über mehrere Wege erfolgen. Eine Möglichkeit bietet Material **M 1** mit einem Bericht über einen Bombenzyklon in der Weihnachtszeit im Jahr 2022 in den USA. Eine weitere Möglichkeit ist es, den Lernenden einen Bericht zu zeigen, hierzu gibt es einen Link bei den Medien. Die dritte Variante ist eine **PowerPoint-Präsentation**. Im Unterrichtsgespräch sollen die physikalischen Fragestellungen entwickelt werden, die sich aus dem Bericht über den Bombenzyklon ergeben. Diese Fragestellungen können die Lernenden aber auch selbstständig ohne Lehrkraft finden.

Das Material **M 2** ist als Selbstlernmaterial konzipiert. Die Lernenden können sich die Inhalte in den Unterrichtsstunden erarbeiten oder auch zu Hause, z. B. bei Unterrichtsentfall. Ein Einsatz in Vertretungsstunden auch bei fachfremder Lehrkraft ist möglich, da die Versuche nur Haushaltsmaterialien beinhalten und keine Anleitung durch eine Fachlehrkraft benötigen.



© FrankRamspott/DigitalVision Vectors

Ein weiteres Beispiel für einen „Bombenzyklon“ (vgl. Abbildung): Am 19. November 2024 traf ein starker außertropischer Wirbelsturm den Nordwesten der USA und brachte schweren Sturm und Regen in die Region. Der Sturm warf Nachrichtenberichten zufolge am 20. November im Bundesstaat Washington zahlreiche Bäume um und ließ fast 600.000 Menschen ohne Strom zurück.

Lösungen (M 1)

Aufgabe 1

Luftdruck und Tiefdruckgebiete – tiefer Luftdruck bringt meist schlechtes Wetter und Stürme mit sich; Kältewelle; Windgeschwindigkeit und -richtung; Sturm; Schneeverwehungen; Kälte; Stromausfälle und Energiebedarf; Gefrierpunkt und Temperatur; Einheiten der Temperatur; Temperaturveränderungen im atmosphärischen System; Auswirkungen bei Ausfall der Wärmeversorgung für Menschen und Technik.