LUFTLABOR



Dossier für Lehrpersonen - Luft

Luft, ein Nahrungsmittel?

1. Worum geht es? 2
2. Ziele 2
3. Relevante Begriffe 2
4. Lerngelegenheiten 2
5. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen Lehrplan 21 3
6. Lösungen und Hinweise Lernjournal 4
7. Lösungen Experimente 10
   7.1 Experiment: Wasserglas – Papier tauscht unter Wasser ohne Nass zu werden 10
   7.2 Experiment: Atemluftmenge – Bestimme dein Atemvolumen 11
   7.3 Experiment: Ein- und Ausatmungsluft – Kerzen und Kalkwassertest 13

1. Worum geht es?

- Grundsätzliches Verständnis für Luft (Gas, Gemisch)
- Funktion der Atmung und Atemwege
- Einordnung der Atemluft im Vergleich zu Lebens- und Nahrungsmittel

2. Ziele

Die Schülerinnen und Schüler…

- können den Weg der Atemluft beschreiben und die Bedeutung der Atmung erklären.
- kennen die wichtigsten Gasanteile der Atemluft und können die wesentlichen Unterschiede zwischen Frischluft und Ausatmungsluft erklären.
- können die Eigenschaften der Atemluft (Aufnahme durch den Körper, Verfügbarkeit, Wahrnehmung) mit Nahrungsmitteln in Bezug bringen und einen Vergleich anstellen.

3. Relevante Begriffe

Atemluft, Gas/Gasgemisch, Sauerstoff (O_2), Kohlenstoffdioxid (CO_2), Stickstoff (N2), Lunge, Bronchien, Flimmerhärchen, Nahrungsmittel/Lebensmittel

4. Lerngelegenheiten

Webinhalte: ca. 30 Minuten

Lernjournal: ca. 90 Minuten

- Diskussion (10’)
- Weiterdenken: Wenn du Luft bestellen müsstest (20’)
- Der Weg der Atemluft (10’)
- Die Zusammensetzung der Luft (20’)
- Weiterdenken: Luft in Hülle und Fülle? (20’)
- Weiterdenken: Luft, ein Nahrungsmittel? (15’)

Experimente: ca. 120 Minuten

- Experiment: Wasserglas – Papier taucht unter Wasser ohne Nass zu werden (15’)
- Experiment: Atemluftmenge – Bestimme dein Atemvolumen (45’)
- Experiment: Ein- und Ausatmungsluft – Kerzen und Kalkwassertest (45’)

5. Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen Lehrplan 21

	Wasserglas	Atemluftmenge	Ein- und Ausatmungsluft
Lehrplanbezug	NMG 2.2.c	NMG 2.2.c	NMG 2.2 NT 2.1 NT 3.1
Erfahren		X	
Betrachten	X		
Beobachten		X	X
Erkennen	X		
Beschreiben	X	X	X
Fragen			
Vermuten	X	X	X
Erkunden			X
Explorieren			
Laborieren	X		
Untersuchen		X	X
Experimentieren		X	X
Sich informieren			
Dokumentieren		X	
Ordnen			
Vergleichen		X	X
Benennen			
Strukturieren			X
Modellieren			
Erzählen			
Erklären			X
Analysieren			X
Einschätzen	X		
Beurteilen			
Reflektieren			
Mitteilen			
Austauschen		X	
Entwickeln			
Umsetzen			
Sich engagieren			

6. Lösungen und Hinweise Lernjournal

Diskussion (10 min)

Was haben folgende Gegenstände gemeinsam? Ein leeres Trinkglas, eine leere Kartonschachtel, eine leere Frischhaltedose, ein aufgeblasener Ballon, eine leere verschlossene PET-Flasche und eine Luftpolsterverpackung.

Keine Idee? Beschaffe die Gefässe. Untersuche die verschiedenen Gefässe. Was haben diese Gefässe alle gemeinsam?

Notiere hier wichtige Überlegungen und Erkenntnisse aus der Diskussion

Mögliche Lösungen:
Alle Gegenstände enthalten Luft.
Trinkglas, Kartonschachtel, Frischhaltedose, PET-Flasche werden als leer wahrgenommen und auch als leer bezeichnet.
Wenn in Gefässen Luft ist, so gelten sie als leer, wenn sie nicht das enthalten wofür sie gedacht sind.
Im Ballon und im Luftpolster hat die Luft eine Funktion. Sie ist Teil des Gegenstandes und formt ihn.

Hinweise für Lehrpersonen:
Mit der Diskussion sollen die Schülerinnen und Schüler realisieren, dass die Luft oft nicht wahrgenommen wird.
Weitere Fragestellungen für die Diskussion

- *Weshalb nehmen wir Luft oft nicht wahr?*
- *Wann werden wir auf die Luft aufmerksam (z.B. Hand bei fahrendem Auto aus dem Fenster halten)?*

Weiterdenken: Wenn du Luft bestellen müsstest (20 min)

Angenommen, Luft wäre ein Nahrungsmittel, das dir täglich geliefert wird. Wie viele Liter Luft müsstest du jeden Tag bestellen?

Zeig auf, was du dir überlegst.

Ca. 12-15 Atemzüge pro Minute, ca. 0.5 Liter Luft pro Atemzug → 6 bis 7.5 Liter Luft pro Minute

*24h * 60 Min * 6 bzw. 7.5 Liter → zwischen 8'640 und 10'800 Liter Luft pro Tag*

Meine tägliche Bestellung in Liter: *zwischen 8'640 und 10'800 Liter*

Ist diese Bestellung jeden Tag gleich? Begründe deine Antwort:

Nein, je nach Aktivität atme ich stärker oder weniger stark (z.B. Sport verglichen mit Fernsehen), damit verändert sich auch das Atemvolumen.

Wie viele Liter müsstest du bestellen, wenn du nur den Sauerstoff in der Atemluft bestellen müsstest?

*10'800 Liter * 0.21 (21% Sauerstoff in der Luft) = 2'268 Liter*

Wie viele Liter Sauerstoff wären es, wenn du nur den Sauerstoff bestellen müsstest, den du tatsächlich aufnimmst?

*10'080 Liter * 0.04 (4% Sauerstoff, den wir mit jedem Atemzug aufnehmen) = 432 Liter*

Der Weg der Atemluft (10 min)

Zeichne in der Darstellung den Weg der Luft von aussen bis in die Lungenbläschen ein.

Beschrifte die verschiedenen Teile der Atemwege.

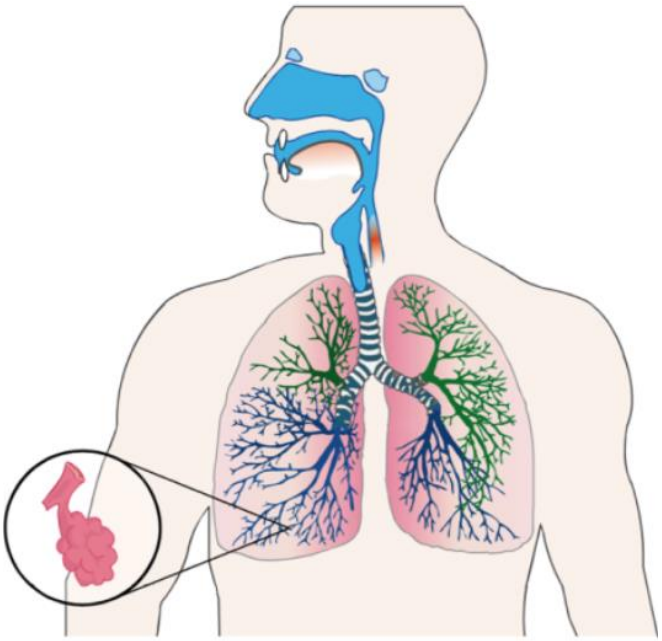


Abbildung 1 - Atemwege Quelle: BAFU (2014).

Nasenlöcher, Nasenhöhle, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien, Lungenbläschen (Alveolen)

Die Zusammensetzung der Luft (20 min)

Zeichne in den untenstehenden Skalen die Zusammensetzung der Luft beim Einatmen und Ausatmen (10 cm = 100%).

Einatemluft:

78% N_2 (schwarz), 21% O_2 (weiss), 0.04% CO_2 (grau), weitere Gase (schwarz-weiss)



Ausatemluft:

78% N_2 (schwarz), 17% O_2 (weiss), 4% CO_2 (grau), weitere Gase (schwarz-weiss)



Wie verändert sich die Zusammensetzung zwischen der ein- und der ausgeatmeten Luft?

In der ausgeatmeten Luft ist der Sauerstoffgehalt geringer. Dafür ist die CO_2-Konzentration höher.

Recherchiere, was mit dem Sauerstoff passiert, nachdem er in die Lunge gelangt ist. Woher stammt das CO_2, welches wir ausatmen?

Der Sauerstoff wird vom Blut zu den Organen und Muskeln transportiert wo dieser z.B. zur Energiegewinnung verbraucht wird. Dabei entsteht CO_2.

Weiterdenken: Luft in Hülle und Fülle? (20 min)

Die Atmosphäre ist eine dünne und verletzliche Schutzschicht um die Erde. So kannst du das veranschaulichen:

Nimm einen Minenbleistift und schaue nach, wie dick die Mine ist. Wenn du nun einen Kreis auf ein Blatt zeichnest, dessen Strichdicke die Dicke der Atmosphäre und der Durchmesser der Kreisdurchmesser den Durchmesser der Erde darstellt, wie viel beträgt der Radius des eingezeichneten Kreises?

Nimm für die Dicke der Atmosphäre eine Höhe von 50 km an.

Zeichne hier dein Ergebnis:

Dicke der Erdatmosphäre bis zur Stratopause:	*50 km = 50'000'000 mm*
Dicke der Linie eines Minenbleistifts: z.B.: 0.5mm	*Massstab: 0.5/50'000'000 = 1/100'000'000*
Durchmesser der Erde:	*12'750 km = 1'275'000'000 cm*
Durchmesser Zeichnung:	*1'275'000'000 / 100'000'000 = 12.75 cm* *Radius = 6.375 cm*

In welchem Massstab werden die Erde und ihre Atmosphäre dargestellt?

Das Verhältnis der Dicke des Minenbleistifts zur Dicke der Erdatmosphäre beträgt 0.5/50‘000‘000. Das entspricht einem Massstab von 1:100 Mio.

ODER

Bei einer Strichdicke von 0.5 mm (0.5 mm dicke Atmosphäre) hat die Zeichnung der Erde einen Durchmesser von 12.75 cm. Das entspricht einem Massstab von 1:100 Mio.

Weiterdenken: Luft, ein Nahrungsmittel? (15’)

Diskussion: Was ist Luft – ein Nahrungsmittel, ein Lebensmittel oder etwas anderes? Begründet eure Antworten.

Im Gegensatz zu Nahrungsmitteln wird die Luft in die Lunge aufgenommen und anschliessend wieder ausgeatmet. Nahrungsmittel werden gegessen oder getrunken und über den Verdauungstrakt aufgenommen.
Atemluft ist lebensnotwendig, wie Nahrungsmittel und Wasser auch. Deshalb kann die Luft als Lebensmittel angesehen werden

7. Lösungen Experimente

7.1 Experiment: Wasserglas – Papier tauscht unter Wasser ohne Nass zu werden

Kurzbeschrieb
Ein Trinkglas, ausgestopft mit Papier soll so unter Wasser getaucht werden, ohne dass das Papier nass wird.

Bezug LP21: NMG.2.2.c	**Zeit:** 10-15 Minuten
Leitfragen • Wann kann Wasser in ein untergetauchtes Gefäss eindringen?	**Material pro Gruppe** • Becken, Plexiglaswanne oder Glasschüssel • Trinkglas, • Trinkhalm mit Knick • Zerknülltes Papier (A5)
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • können das Ergebnis ihrer Problemlösung erklären. • beobachten und erkennen, dass Luft Platz braucht.	

Arbeitsform: Gruppenarbeit (2-4)

Vorbereitung:
Das Becken muss mit Wasser gefüllt werden. Das Papier wird zerknüllt und in das Glas gestopft.





Frage 1: Wieso wird das Papier nicht nass?
Antwort: Auch wenn wir die Luft nicht sehen, das Glas ist mit Luft gefüllt. Wenn das Glas auf die Wasseroberfläche aufsetzt und unter Wasser gedrückt wird, wird die Luft im Trinkglas „eingesperrt“. Das Wasser gelangt nicht zum Papier, weil die Luft Platz beansprucht.

Frage 2: Wieso braucht es das Glas?
Antwort: Das Glas hindert die Luft am Aufsteigen. Sobald das Glas etwas schräg gehalten wird, kann Luft entweichen und dem Luftvolumen entsprechend Wasser eindringen.

7.2 Experiment: Atemluftmenge – Bestimme dein Atemvolumen

Kurzbeschrieb
Atemvolumenbestimmung: Dazu müssen die SuS zuerst ein geeignetes Vorgehen bestimmen. In einer Messreihe wird das durchschnittliche Atemvolumen pro Atemzug berechnet.

Bezug LP21: NMG.2.2.c	**Zeit:** 30-45 Minuten
Leitfragen • Wie kann eine bestimmte Menge Luft gemessen werden? • Wie gross ist ein Atemzug? • Was ist ein normaler Atemzug? • Wie gross ist die maximale Atemkapazität?	**Material pro Gruppe** • PET-Flasche (1,5 oder 2 l) oder Glasglocke • Messzylinder oder Messbecher • Becken/Wanne (Aquarium) mit Wasser • Plastikschlauch (10-15 mm Durchmesser und ca. 80-100 cm lang) • Wasserfester Faserschreiber • (Stopp-)Uhr
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • können erklären, wie sie ihr Atemvolumen bestimmen können. • können aufzeigen wie sie zu Aussagen zu einem „normale“ Atemzug kommen.	

Durchführung

- In Gruppen wird die beste Möglichkeit gesucht, mit dem vorhandenen Material das Atemvolumen pro Atemzug zu bestimmen.

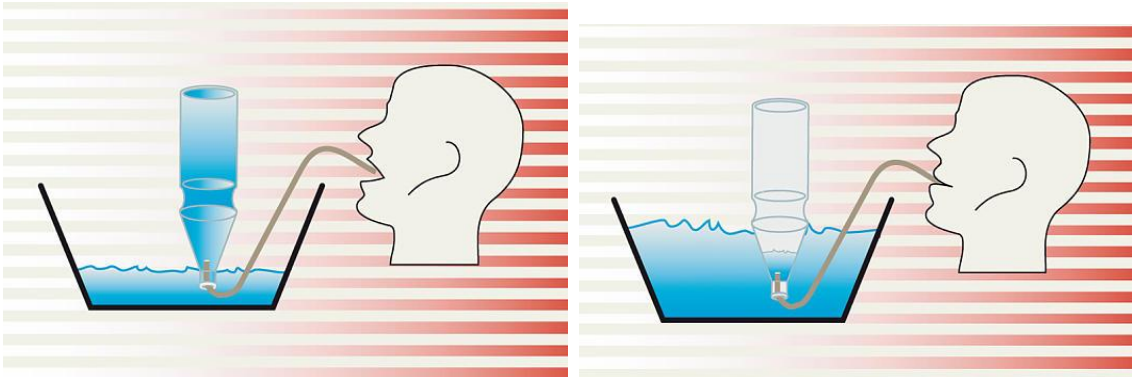


Abbildung 2 - Versuchsaufbau Experiment Bestimmung Lungenvolumen. Quelle: Menshealth.de (2008).

- Jeder SuS führt eine Messung durch. Eine Person je Gruppe wiederholt fünf Messungen.

- Berechnung durchschnittliches Atemvolumen:
  Die Berechnung des durchschnittlichen Atemvolumens wird wie folgt durchgeführt:

  Lösung: (1. Messung + 2. Messung + ... + 5. Messung) / 5 = zirka 0,5 Liter

- Überlegt, wovon eure Versuchsergebnisse abhängig sind.
  Die Ergebnisse werden unter anderem beeinflusst durch:
  - Der Regelmässigkeit der Atemzüge (das Atemvolumen ist abhängig von der körperlichen Aktivität)
  - Der Grösse des Innendurchmessers des Plastikschlauches (Strömungswiderstand, der überwunden werden muss)
  - Der Mess- und Ablesegenauigkeit

Weiterdenken

- Wie gross ist das Atemvolumen einer Klasse pro Lektion?

  Lösung:
  Messung mittlere Atemzüge pro Minute: ca. 16 Mal
  Berechnung Atemvolumen pro Schülerin oder Schüler je Lektion:
  (16 Atemzüge) x (Volumen von 0,5 Liter) x (45 min) = 360 Liter pro Lektion
  Berechnung Atemvolumen pro Klasse je Lektion:
  (Anz. SuS) x (Atemvolumen pro SuS und Lektion)

- Wie gross ist das Atemvolumen...
  - ...pro Tag in ‚Schulzimmervolumen' gerechnet?
    Lösung: (16 Atemzüge) x (Volumen von 0,5 Liter) x (24 h x 60 min) = 11'520 Liter pro Tag

    Annahme Schulzimmer: 10 m x 7 m x 3 m = 210 m^3 = 210'000 Liter
    1 m^3 = 10 x 10 x 10 dm^3 = 1'000 Liter
    210'000 Liter = 100%
    1 Liter = 100 % / 210'000 Liter
    11'520 Liter sind also (100 % / 210'000) * 11'520 Liter = 5.5 %
    Antwort: 11'520 Liter entsprechen 5.5 % des Luftanteils des Schulzimmers

  - ...pro Woche in ‚Turnhallenvolumen' gerechnet?
    Annahme Turnhallenvolumen: 27 m x 18 m x 8 m = 3'888 m^3 = 3'888'000 Liter
    Atemvolumen pro Woche: 7 x 11'520 Liter = 80'640 Liter
    3'888'000 Liter = 100 %
    1 Liter = 100 % / 3'888'000 Liter
    80'640 Liter sind also (100 % / 3'888'000 Liter) * 80'640 = 2,07 %
    Antwort: 80'640 Liter entsprechen 2,07 % des Luftanteils der Turnhalle

7.3 Experiment: Ein- und Ausatmungsluft – Kerzen und Kalkwassertest

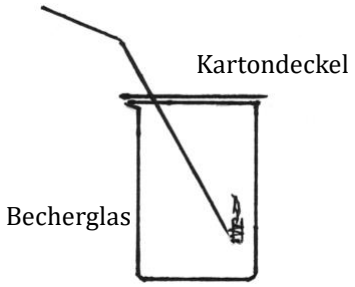
Kurzbeschrieb
Mit dem Kerzen- und mit dem Kalkwassertest können die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass ausgeatmete Luft nicht die gleiche Zusammensetzung hat wie die Umgebungsluft.

Bezug LP21: NMG.2.2, NT.2.1, NT.3.1	**Zeit:** 30-45 Minuten
Leitfragen • Worin unterscheiden sich Ein- und Ausatmungsluft? • Worauf weist der Kerzentest hin? • Was ist das Kennzeichen eines positiven Kalkwassertestes? • Was ist die Erkenntnis aus den beiden Tests?	**Material pro Gruppe (Kerzentest)** • Becherglas 500 – 1'000 ml mit Kartondeckel • Stück Draht • Kerze (Baumkerze oder Teelicht) • Streichhölzer • Stoppuhr • Haargummi • Zusatzblatt/Heft **Material pro Gruppe (Kalkwassertest)** • Zwei Reagenzgläser (RG) mit Stopfen • RG-Ständer • Zwei PET-Flaschen (1,5 l) • Plastikschlauch mit Stopfen für PET-Flasche • Becken/Wanne • Kalkwasser ($Ca(OH_2)$) Tropfflasche/Pipette • Folienschreiber (wasserfest) • Schutzbrille
Mögliche Ziele Die Schülerinnen und Schüler • können einen einfachen Versuchsplan (Kerzentest) entwerfen und durchführen. • können erklären, weshalb die Kerze erlöscht. • können den Kalkwassertest nach Anleitung durchführen. • können aus den Testergebnissen sinnvolle Schlüsse ziehen.	

Teil 1: *Kerzentest (Brenndauer)*

Problemstellung Gruppenarbeit (2-3)
Die SuS studieren das ihnen zur Verfügung gestellte Material und entwickeln einen Versuchsplan (Zusatzblatt oder Heft). Der Entwurf wird durch die Lehrperson auf Machbarkeit und Risiken kontrolliert.

Versuchsplan Kerzentest (Lösungsvorschlag)

<table>
<tr><td>Erwartungen</td><td colspan="4">• Aus Vorwissen, Vorüberlegungen oder Vorversuch (Brenndauer in unterschiedlich grossen Gefässen) kann vermutet werden, dass die Brenndauer von der Menge des Sauerstoffs abhängt.
• Falls sich die Brenndauer einer Kerze in Ausatmungsluft von jener in der Umgebungsluft (Einatmungsluft) unterscheidet sollte, so wäre dies ein Hinweis auf unterschiedliche Sauerstoffanteile in den beiden Luftproben.
• Da der Mensch bei der Atmung Sauerstoff aufnimmt (vgl. Luftlabor.ch) müsste in der Ausatmungsluft die Brenndauer der Kerze kürzer sein</td></tr>
<tr><td>Vorbereitung</td><td colspan="4">Draht um Kerzenstummel wickeln und zurechtbiegen, dass die Kerze aufrecht brennend ins Becherglas gehalten werden kann.

</td></tr>
<tr><td>Sicherheitshinweise
</td><td colspan="4">Brandschutzmassnahmen
• Rauchmelder: Rücksprache mit Hauswart
• Möglichst kein brennbares Material in der Nähe des Experimentes
• Lange Haare hinter dem Kopf zusammenbinden (Haargummi)
• Kein Schaal/Foulard oder Krawatte, keine Kleidung mit weiten Ärmeln
• Brandschutzdecke, evtl. Löschwasser
• Verhalten im Notfall</td></tr>
<tr><td>Vorgehen</td><td colspan="4">1. Brennende Kerze in Becherglas mit Umgebungsluft halten, mit dem Kartondeckel verschliessen und die Brenndauer messen.
2. Becherglass unter Wasser mittels Schlauch mit Ausatmungsluft befüllen. Becherglas unter Wasser mit (Karton-)Deckel verschliessen.
3. Kerzentest in der Ausatmungsluft.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Messprotokoll</td><td></td><td colspan="3">Kerzenbrenndauer</td></tr>
<tr><td></td><td>Messung 1</td><td>Messung 2</td><td>Messung 3</td></tr>
<tr><td>Einatmungsluft</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Ausatmungsluft</td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

Auswertung

- Erwartungen/Ergebnisse austauschen und vergleichen.
  Brenndauer in Ausatmungsluft ist deutlich kürzer. Wenn vor dem Ausatmen die Luft ca. 30 Sekunden angehalten wird, kann dies evtl. die Brenndauer zusätzlich beeinflussen.
- Messverfahren bezüglich Qualität (Konstanz bezüglich Vorgehen, Einzelmessung/Mittelwert etc.) in der Klasse diskutieren.

Nachbereitung

- Diese Reflexion des eigenen Vorgehens sowie das Vergleichen mit andern Arbeitsgruppen ist im Hinblick auf das weitere naturwissenschaftlich Handeln von grosser Bedeutung.

Teil 2: *Kalkwassertest*

Problemstellung Gruppenarbeit (2-3)

Kalkwasser hat die Eigenschaft, dass es milchig-trüb wird, wenn Kohlendioxidgas oder Kohlensäure eingeleitet wird. Diese Eigenschaft wird beim Kalkwassertest genutzt.

Kalkwassertest (Hinweise)

Sachinformation	Das eingeleitete Kohlendioxid reagiert mit Wasser. Es entsteht Kohlensäure. $CO_2 + H_2O \Rightarrow H_2CO_3$ Kalkwasser ist eine gesättigte Calciumhydroxidlösung ($Ca(OH_2)$). Die Kohlensäure reagiert mit dem Kalkwasser zu schwerlöslichem Kalk, welcher ausfällt → milchig-weisse Trübung. $H_2CO_3 + Ca(OH)_2 \Rightarrow \underline{CaCO_3} + 2\ H_2O$
Vorbereitung	Die SuS studieren das ihnen zur Verfügung gestellte Material und machen sich Gedanken über den Versuchsaufbau des Experimentes. Vorgehen aus Luft-Experiment: Wasserglas bzw. Atemluftmenge ableiten
Erwartungen	Die SuS überlegen sich, in welchem RG das Kalkwasser weisslich-trüb werden sollte, wenn Frischluft oder Luft aus der Lunge eingeleitet wird. Positives Ergebnis: Probe wird milchig-trüb → Ausatmungsluft Negatives Ergebnis: Keine/kaum Reaktion → Umgebungs-/Einatmungsluft
Dokumentation	Evtl. Versuchsanordnung mit Handyfoto festhalten
Sicherheitshinweise 	Kalkwasser ist ätzend! H- und P-Sätze: H318, P305+P351+P338+P313 Kein Kontakt mit Augen, Schleimhäuten (Nase, Mund) und Haut! Nicht einnehmen! → Schutzbrille tragen, Spritzer vermeiden! → Im Fall der Fälle mit viel Wasser spülen. Entsorgung der Reaktionsprodukte: Der Inhalt der RGs kann mit Wasser verdünnt in den Ausguss gegeben werden.

Vorgehen	1. Ein RG mit E für (Einatmungsluft) und das andere RG mit A für (Ausatmungsluft) beschriften (Folienschreiber). 2. In beide RG je 2 ml (ca. 2 cm hoch) Kalkwasser geben. 3. Kalkwasser mit Luftproben versetzen: • Mit PET-Flasche Schlauch und Stopfen (Nr. 5), Luftmatratzen- oder Fahrradpumpe mit Schlauch oder Blasbalg Frischluft durchs Kalkwasser in RG E leiten. • Mit unter Wasser befüllter PET-Flasche, Schlauch und Stopfen (Nr. 5) Ausatmungsluft durchs Kalkwasser in RG A leiten.

Auswertung

	Kalkwassertest		
RG	**Probe**	**Beobachtung**	**Testergebnis**
A	Ausatmungsluft	milchig-weisse Trübung	positiv
B	Einatmungs- bzw. Frischluft	Keine Trübung	negativ

Weiterdenken

- Was konntet ihr mit dem Kerzen- und Kalkwassertest zeigen?

  Kerzentest: Er zeigt, dass in der Ausatmungsluft weniger Sauerstoff vorhanden ist als in der Umgebungsluft.

  Kalkwassertest: Er zeigt, dass Ausatmungsluft einen grösseren Kohlendioxid-Anteil hat als Umgebungsluft.

- Was folgert/vermutet ihr?

  Folgerung: Sauerstoff wird vom Körper aufgenommen und Kohlendioxid abgegeben.

  Vermutung: Der Sauerstoff reagiert im Körper mit Kohlenstoff zu Kohlendioxid.