

Berechnung der CO₂-Austauschrate in Raumluft



Dieser Versuch zeigt, wie man Luftaustauschraten anhand der CO₂-Konzentration berechnet, die für die Aufrechterhaltung einer gesunden Raumluftqualität, Energieeffizienz und allgemeines Wohlbefinden entscheidend ist.

Biologie

Ökologie & Umwelt

Kohlenstoff-, Sauerstoff- & Wasserkreislauf

Biologie

Ökologie & Umwelt

Luftuntersuchung & Wetterkunde



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

-



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

45+ Minuten

Diesen Inhalt finden Sie auch digital unter:

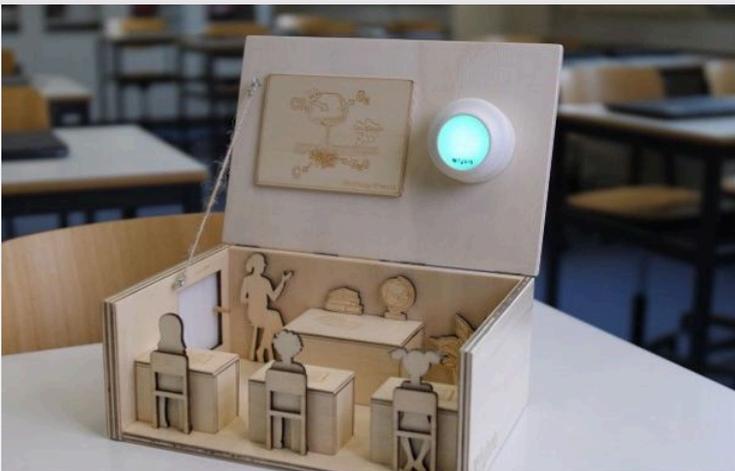


<https://www.curriculab.de/content/666963efcb886f00020da9c7>

PHYWE
excellence in science

Allgemeine Informationen

Anwendung

PHYWE
excellence in science

Überwachung der Luftqualität
in einem Klassenzimmer

In diesem Versuch wird gezeigt, wie man Luftaustauschraten anhand der CO₂-Konzentration berechnet, die für die Aufrechterhaltung einer gesunden Raumluftqualität, Energieeffizienz und allgemeines Wohlbefinden entscheidend ist.

Am Ende des Experiments wissen die Schülerinnen und Schüler, wie viel Luft ausgetauscht wurde, und somit auch, wie sie einen Luftaustausch am effektivsten

Sonstige Informationen (1/5)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler und Studenten sollten bereits vertraut sein mit:

- Experimentelle Fähigkeiten, wie z. B. die Erfassung von Daten über CO₂-Konzentration und Zeit, Messung des CO₂-Gehalts
- Verständnis der Konzentration und ihrer Messung, Grundlagen der Fluiddynamik

Prinzip



Diese Übung basiert auf den Prinzipien der Strömungsdynamik und des Gasaustauschs. Sie veranschaulicht, wie sich der CO₂-Gehalt durch Diffusion und Konvektion verändert, wenn ein Fenster geöffnet wird und sich dabei höheres CO₂ in Innenräumen mit niedrigerem CO₂ im Freien vermischt. Dabei wird die wissenschaftliche Methode zur Messung, Analyse und Quantifizierung der Luftaustauschraten angewendet.

Sonstige Informationen (2/5)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Mit diesem Experiment lernen die Schülerinnen und Schüler, wie man die Luftaustauschrate in einem Raum anhand der CO₂-Konzentration berechnen kann. Auf diese Weise können sie quantifizieren, wie viel Luft bei einem geöffneten Fenster in den Raum gelangt und wie viel Luft ihn verlassen hat.

Aufgaben



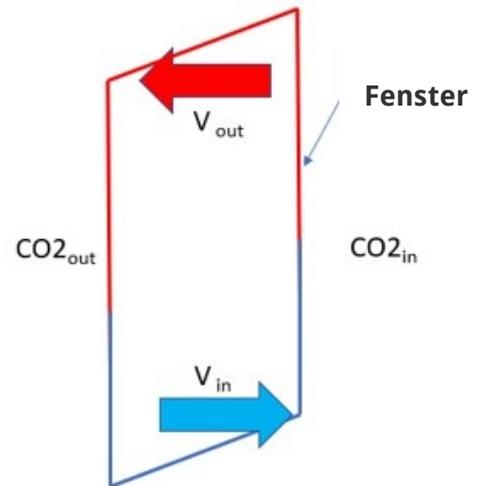
- Was bedeutet die Konzentration eines Gases (anhand von CO₂) in der Luft und wie wird sie gemessen?
- Wie wird die Endkonzentration einer Gasverdünnung berechnet?
- Wie berechnet man ein Volumen?

Sonstige Informationen (3/5)

PHYWE
excellence in science

Prinzip des Luftaustauschs

- o Aufgrund konvektiver Bewegungen bewegt sich die Luft zwischen dem Inneren und dem Äußeren des Raumes.
- o Die Temperaturdifferenz ist nicht die einzige treibende Kraft für den Luftaustausch; auch Druckunterschiede zwischen innen und außen, die beispielsweise durch Wind verursacht werden, spielen eine wichtige Rolle. Wenn das Fenster geöffnet wird, variiert die Geschwindigkeit des Luftaustauschs je nach der Art des Öffnens und den äußeren und inneren Bedingungen.



Sonstige Informationen (4/5)

PHYWE
excellence in science

Berechnung (1/2)

Die CO₂-Konzentration der Außenluft ist konstant und liegt bei etwa 410 ppm (Stand: 2024) und kann an einigen Orten der Erde (z. B. in Stadtzentren oder an natürlichen Orten, an denen CO₂-Quellen vorhanden sind) bis zu 600 oder 700 PPM erreichen. Um herauszufinden, welcher Wert für Ihr Experiment am besten geeignet ist, empfiehlt es sich die aktuellen Daten der CO₂-Werte anzusehen. Für diese Lösung wird der Wert von 410 ppm zugrunde gelegt. Die Formel für die Verdünnung von zwei Gasen lautet wie folgt,

wobei: $V_{tot} = V_{in} + V_{out}$

wobei: V_{tot} : das Bezugsvolumen, in unserem Fall ist es ein Kubikmeter

V_{out} : das Volumen, das mit der Außenluft ausgetauscht wurde, ausgedrückt in %.

V_{in} : das Volumen, das sich innerhalb des Raumes befand und nicht ausgetauscht wurde, in %

Dann gegeben: C_{in} : die CO₂-Konzentration, bevor das Fenster geöffnet wird

Sonstige Informationen (5/5)

Berechnung (2/2)

C_{out} : die CO₂-Konzentration der Außenluft (410 ppm)

C_{dil} : die CO₂-Konzentration der Verdünnung, d.h. die CO₂-Zielkonzentration des Experiments $C_{dil} *$

$$V_{tot} = C_{in} * V_{in} + C_{out} * V_{out}$$

Um das gehandelte Volumen zu berechnen: $V_{out} = (C_{dil} * V_{tot} - C_{in} * V_{in}) / C_{out}$

Zuletzt wird einfach mit dem Volumen des Klassenzimmers in Kubikmetern multipliziert und das Resultat ist das Volumen der ausgetauschten Luft.

Die Schülerinnen und Schüler verändern jetzt die Parameter, berechnen dafür jeweils das ausgetauschte Volumen und können dadurch herausfinden, wie die optimalen Bedingungen für das ideale Raumklima sind.

Sicherheitshinweise



- Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Theorie

Der Luftaustausch zwischen Innen- und Außenluft hat einen direkten Einfluss auf die CO₂-Konzentration in Innenräumen.

- Je höher der Luftaustausch, desto niedriger die CO₂-Konzentration in Innenräumen. Durch regelmäßiges Lüften, z.B. Öffnen von Fenstern und Türen, wird die Raumluft mit Frischluft aus dem Außenbereich ausgetauscht und CO₂ abgeführt.
- Bei geringem Luftaustausch, z.B. wenn Fenster nur gekippt oder geschlossen sind, steigt die CO₂-Konzentration in Innenräumen an. Die CO₂-Produktion durch Atmung der Personen im Raum akkumuliert sich.
- Faktoren wie Raumgröße, Anzahl der Personen und Nutzungsdauer beeinflussen ebenfalls die CO₂-Anreicherung bei mangelndem Luftaustausch.
- Ein regelmäßiger Luftaustausch durch Lüften oder Lüftungsanlagen ist entscheidend, um eine zu hohe Anreicherung von CO₂ in der Innenraumluft zu vermeiden.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	fybra School - Messgerät zur Überwachung der Luftqualität in Klassenzimmern	64195-99	1



Aufbau und Durchführung

Aufbau

1. Berechne das Volumen des Klassenzimmers: ermittle die Höhe, Breite und Länge des Raums, um das Volumen zu berechnen.
2. Wähle das Fybra-Gerät auf dem Dashboard der fybra-App aus (entweder die App für mobile Endgeräte oder auf einem PC über die Webadresse <https://fybra.app/dashboard>).
3. Bereite das Experiment vor: führe die Messung unter verschiedenen Bedingungen durch (z. B. mit einem vollen oder leeren Klassenzimmer). Verwende außerdem verschiedene Methoden, um die Luft zu verändern, z. B. durch Öffnen eines Fensters oder das gleichzeitige Öffnen von Fenster und Tür. Berücksichtige verschiedene Fensterstellungen (z. B. ganz geöffnet oder gekippt).

Durchführung (1/4)

PHYWE
excellence in science

Stelle folgende Hypothesen auf, die Du dann aufgrund der Messungen bestätigen oder relativieren kannst. Diese Hypothesen leiten Dich bei der Durchführung der Messungen an:

1. Wie hoch ist die CO₂-Konzentration im Klassenzimmer und wie hoch im Freien?
2. Was passiert, wenn du das Fenster öffnest?
3. Wie hoch wird die CO₂-Konzentration nach dem Schließen des Fensters sein?
4. Wie kommt es zu den Schwankungen der CO₂-Konzentration?
5. Wie berechnest Du das Volumen der durch das Fenster ausgetauschten Luft?



Durchführung (2/4)

PHYWE
excellence in science



schlecht



besser



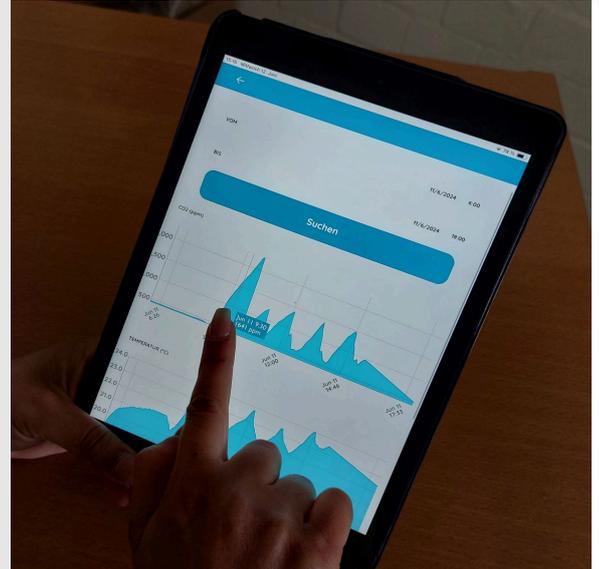
perfekt



Durchführung (3/4)

PHYWE
excellence in science

1. Das fybra-Messgerät nimmt im Hintergrund laufend Daten für die CO₂-Konzentration, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit auf.
2. Variiere über einen längeren Zeitraum die Luftzufuhr und führe darüber Protokoll (z.B. von wann bis wann ist das Fenster offen etc.)
3. Navigiere in der App zum Abschnitt „Fybra-Plattform und -Geräte“ und gehe zum Gerätebereich auf der Fybra-Plattform.
4. Verwende die Messkurve um Deine Daten zu gewinnen und in einer Tabelle zu protokollieren.



Durchführung (4/4)

PHYWE
excellence in science

1. Gib in Deiner Messwertetabelle die Werte für Zeit und Konzentration im Verlauf des Messzeitraums ein.
2. Berechne das Luftaustauschvolumen: verwende die Formel für die Verdünnung der Gaskonzentration und das Volumen des Raums, um den Luftaustausch zu berechnen.

Abbildung: Beispielsweise wird für den Zeitpunkt 09:30 Uhr und für die CO₂-Konzentration 1641 ppm eingegeben.





Protokoll

Auswertung (1/2)

1. Die CO₂-Konzentration wird in Prozent gemessen und gibt die Menge an CO₂ in einer Luftprobe an. Zum Beispiel bedeutet 1000 ppm CO₂, dass tausend Teile pro Million in der Luftprobe CO₂ sind.
2. Wenn das Fenster geöffnet wird, gelangt ein Teil der Luft mit der äußeren Konzentration in den Klassenraum und ein Teil der Luft mit der inneren Konzentration tritt aus, wie in der Abbildung dargestellt
3. Entwickle die Formel, die die Konzentration eines Gases (CO₂) in einem Gasgemisch (Raumluft) regelt, das sich aus der Verdünnung zweier Gasgemische (Außenluft, Raumluft) mit unterschiedlichen Konzentrationen ergibt.
4. Leite daraus den Prozentsatz des Luftaustauschs ab.
5. Berechne das Volumen des Raumes.
6. Berechne, wie viel Luft in Kubikmetern [m³] mit der Außenluft ausgetauscht wurde.

Auswertung (2/2)

1. Stimmen die Ergebnisse mit den Hypothesen überein?
2. Ermittle wichtige Faktoren, die das Experiment beeinflusst haben (z. B. Innen-/Außentemperatur, Anzahl der Personen, Wind).
3. Berücksichtige unerwartete Faktoren, die die Ergebnisse beeinflusst haben.
4. Diskutiere die Wiederholbarkeit des Experiments und schlage mögliche Änderungen für zukünftige Experimente vor.

Aufgabe 1

Welche der folgenden Kenntnisse sind Voraussetzung für dieses Experiment?

- Wissen, wie man ein CO₂-Messgerät benutzt
- Verständnis der Photosynthese
- Vertrautheit mit dem Periodensystem
- Kenntnisse über die Geschichte der Chemie

✓ Überprüfen

Aufgabe 2

PHYWE
excellence in science

Das Öffnen eines Fensters verringert immer die CO₂-Konzentration in einem Klassenzimmer.

 True False Check

Aufgabe 2

PHYWE
excellence in science

Das Öffnen eines Fensters verringert immer die CO₂-Konzentration in einem Klassenzimmer.

 True False Check

Aufgabe 3

Welcher Faktor ist NICHT ausschlaggebend für die Luftaustauschrate durch ein Fenster?

- Art des Fensterglases
- Vorhandensein von Wind
- Externe und interne Temperaturunterschiede
- Art der Fensteröffnung (z. B. gekippt, vollständig geöffnet)

✓ Überprüfen

Aufgabe 4

Die CO₂-Konzentration in einem Raum wird nur durch die Anzahl der anwesenden Personen beeinflusst.

True

False

✓ Check

Aufgabe 5

Wie wird die CO₂-Konzentration bei diesem Experiment normalerweise gemessen?

- In Gramm pro Liter
- In Teilen pro Million (ppm)
- In Litern pro Kubikmeter
- In Millilitern pro Liter

✓ Überprüfen

Aufgabe 6

Um das Volumen der ausgetauschten Luft zu berechnen, muss man sowohl die interne als auch die externe CO₂-Konzentration kennen.

- True
- False

✓ Check