

# Ausdehnung von Luft bei konstantem Volumen



Physik

Mechanik

Mechanik der Flüssigkeiten &amp; Gase

Physik

Wärmelehre / Thermodynamik

Temperatur &amp; Wärme

Physik

Wärmelehre / Thermodynamik

Kinetische Gastheorie &amp; Gasgesetze

Chemie

Allgemeine Chemie

Stöchiometrie



Schwierigkeitsgrad

mittel



Gruppengröße

2



Vorbereitungszeit

10 Minuten



Durchführungszeit

10 Minuten

**PHYWE**  
excellence in science

# Lehrerinformationen

## Anwendung

**PHYWE**  
excellence in science

Versuchsaufbau

Erwärmung eines Luftvolumens kann sowohl zur Vergrößerung des Volumens als auch zur Erhöhung des Druckes führen. In diesem Versuch muss das Volumen konstant gehalten werden. Das geschieht dadurch, dass der anfängliche Wasserstand in Schenkel *a* des Manometers markiert und der Wasserstand vor dem Ablesen des Druckes wieder auf diese Marke gebracht wird.

## Sonstige Lehrerinformationen (1/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Vorwissen



Ein sicherer Umgang mit dem Bunsenbrenner ist vorausgesetzt.

### Prinzip



Erwärmung kann bei Stoffen sowohl zur Ausdehnung des Volumens bei konstantem Druck als auch zur Erhöhung des Drucks bei konstantem Volumen führen. Gase dehnen sich bei Erwärmung stärker aus als Flüssigkeiten. In diesem Versuch wird das Volumen konstant gehalten um die Zunahme des Druckes zu beobachten.

## Sonstige Lehrerinformationen (2/2)

**PHYWE**  
excellence in science

### Lernziel



Die Zunahme des Luftdrucks bei Erwärmung soll veranschaulicht und gemessen werden. Zudem soll dieser Prozess durch die Bestimmung des Spannungskoeffizienten charakterisiert werden.

### Aufgaben



Die Schüler sollen die Luft in einem geschlossenen System (Erlenmeyer-Kolben) erwärmen und das Volumen mithilfe des Wasserstands konstant halten. Der zunehmende Druck soll anhand der unterschiedlichen Wasserstände des Manometers errechnet werden um den Zusammenhang zwischen Temperatur und Druck zu untersuchen.

In den Zusatzaufgaben soll der Spannungskoeffizient berechnet und mit dem Kehrwert der absoluten Temperatur verglichen werden.

## Sicherheitshinweise

**PHYWE**  
excellence in science

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise für das sichere Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Um das Einsetzen von Thermometern und Glasröhrchen in die Stopfen zu erleichtern und Verletzungen durch Glasbruch zu vermeiden, sollten Glasteile vorher mit etwas Glycerin eingerieben werden. Überschüssiges Glycerin muss vor den Messungen entfernt werden, da es sonst das Verhalten der zu analysierenden Stoffe beeinflussen kann.

**PHYWE**  
excellence in science

## Schülerinformationen

## Motivation

**PHYWE**  
excellence in science



Platter Reifen

### Warum können Fahrradreifen in der Sonne platzen?

Wenn ein Gas (Luft ist ein Gasgemisch) erwärmt wird, dehnt es sich aus wenn es kann. Wenn es sich nicht ausdehnen kann (im Reifen ist nur begrenzt Platz), dann erhöht sich der Druck der Luft und der Reifen wird immer strammer, bis er schließlich platzen kann.

Oft wird der Reifen im kühlen Keller stramm aufgepumpt. In der Sonne erwärmt sich die Luft dann und der Druck wird noch mehr erhöht, bis es zum Platzen kommen kann.

## Aufgabe

**PHYWE**  
excellence in science



Versuchsaufbau

Miss die Druckerhöhung in einem Luftvolumen bei Erwärmung, wenn die Größe des Volumens konstant bleibt. Beschreibe den Verlauf der Messwertkurve und triff eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur von Luft.

Berechne in einer Zusatzaufgabe den Spannungskoeffizienten und vergleiche ihn mit dem Kehrwert der absoluten Temperatur.

## Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, l = 250 mm, d = 10 mm	02031-00	1
3	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
4	Doppelmuffe, für Kreuz- oder T-Spannung	02043-00	1
5	Glasrohrhalter mit Maßbandklemme	05961-00	1
6	Stativring, mit Muffe, d= 100 mm	37701-01	1
7	Drahtnetz mit Keramik, 160 x 160 mm	33287-01	1
8	Stativklemme, Spannweite 80 mm mit Stellschraube	37715-01	1
9	Rührstab	04404-10	1
10	Laborbecher, Kunststoff (PP), 100 ml	36011-01	1
11	Becherglas, Boro, niedrige Form, 400 ml	46055-00	1
12	Erlenmeyerkolben, Boro, 100 ml, SB 29	MAU-EK17082301	1
13	Glasröhrchen, d = 8 mm, l = 80 mm, 10 Stück	36701-65	1
14	Glasröhrchen, d = 8 mm, l = 250 mm, 10 Stück	36701-68	1
15	Gummistopfen 26/32, Bohrung 7 mm	39258-01	1
16	Silikonschlauch, Innen-d = 7 mm, lfd. m	39296-00	1
17	Laborthermometer, -10...+110°C, l=230mm, Tauchschaft 100mm	38005-10	1
18	Maßband, l = 2 m	09936-00	1
19	Butanbrenner Labogaz 206	32178-00	1
20	Butan-Kartusche C 206 GLS, ohne Ventil, 190 g	47535-01	1
21	Glycerin, 250 ml	30084-25	1

## Zusätzliches Material

**PHYWE**  
excellence in science

Position	Material	Menge
1	Schere	1
2	Streichhölzer	1
3	Filzschreiber	1

## Aufbau (1/6)

**PHYWE**  
excellence in science

1. Stecke den Bunsenbrenner in den Brennerfuß und stelle ihn wackelfrei auf (**Abb. 1 +2**).
2. Verbinde die beiden Hälften des Stativfußes mit Hilfe der kurzen Stativstange (**Abb. 3**).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

## Aufbau (2/6)

**PHYWE**  
excellence in science

3. Schraube die Hälften der beiden langen Stativstange zusammen (**Abb. 4**).
4. Befestige die Stativstangen in den Stativfußhälften und fixiere sie mit Hilfe der Schrauben (**Abb. 5**).
5. Befestige den Stativring mit dem Drahtnetz mit Hilfe der Muffe und die Universalklemme mit Hilfe der Doppelmuffe übereinander an einer Stativstange (**Abb. 6**).
6. Stelle den Gasbrenner darunter und befestige den Glasrohrhalter an der anderen Stativstange (**Abb. 7**).



Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6



Abb. 7

## Aufbau (3/6)

**PHYWE**  
excellence in science

7. Befestige das Maßband an dem Glasrohrhalter (**Abb. 8**).
8. Baue mit den beiden 250 mm langen Glasröhrchen und einem Stück Schlauch (ca. 50 cm lang) ein U-Rohr-Manometer und spanne es mit unterschiedlich hohen Schenkeln in den Glasrohrhalte (**Abb. 9 + 10**).



Abb. 8

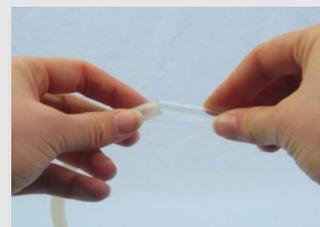


Abb. 9

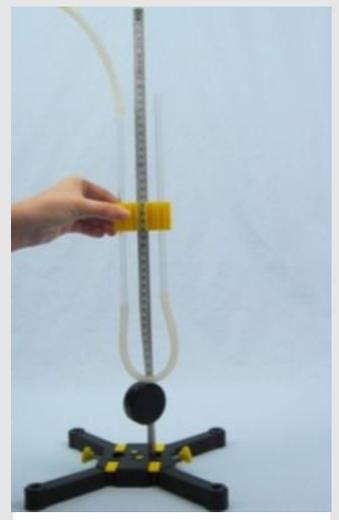


Abb. 10

## Aufbau (4/6)

**PHYWE**  
excellence in science



Abb. 11



Abb. 12

9. Schiebe das kleine Glasröhrchen in den Gummistopfen und verschließe den Erlenmeyerkolben sorgfältig mit dem Stopfen (**Abb. 11 + 12**).

10. Fülle das Manometer langsam mit Hilfe des kleinen Becherglases, bis das Wasser in beiden Glasröhrchen 1 cm hoch steht (**Abb. 13**), dabei sollten keine Luftblasen entstehen. Ein Schlauchstück auf dem Glasröhrchen kann als Einfüllhilfe dienen.

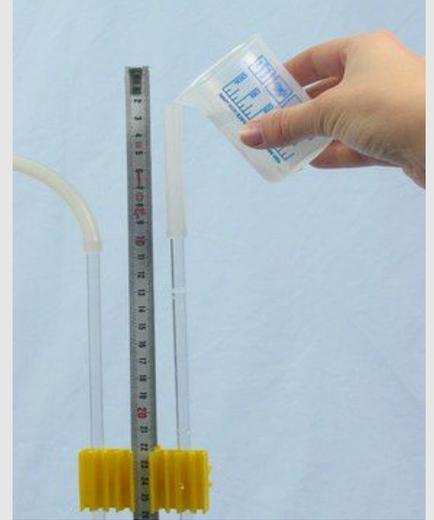


Abb. 13

## Aufbau (5/6)

**PHYWE**  
excellence in science

11. Bringe den Erlenmeyerkolben in das 400-ml-Becherglas und befestige ihn mit der Universalklemme, so dass er möglichst tief hineinragt (**Abb. 14**).

12. Fülle das Becherglas vollständig mit Wasser. (**Abb. 15**).



Abb. 14



Abb. 15

## Aufbau (6/6)

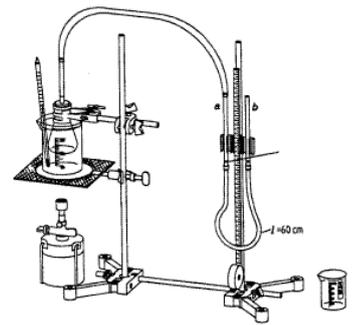
**PHYWE**  
excellence in science



Abb. 16

13. Verbinde das Glasröhrchen im Stopfen über einen Schlauch (ca. 50 cm lang) mit dem Schenkel a des Manometers (**Abb. 16**).

14. Der fertige Versuchsaufbau sollte schließlich wie in der rechten Abbildung aussehen.



## Durchführung (1/3)

**PHYWE**  
excellence in science



Abb. 17

1. Notiere die Anfangstemperatur  $\vartheta_0$  des Wassers im Becherglas in die Tabelle im Protokoll.

2. Bringe die Wasserspiegel im Schenkel *a* und *b* auf gleiche Höhe (Anfangsdruck gleich dem äußeren Luftdruck, **Abb.17**).

3. Markiere den Wasserstand in Schenkel *a* mit einem Filzschreiber (**Abb. 18**).

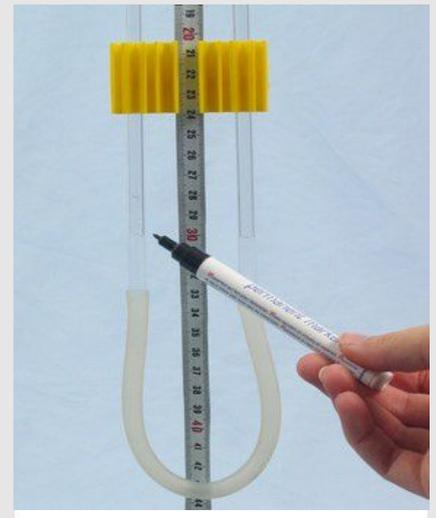


Abb. 18

## Durchführung (2/3)

**PHYWE**  
excellence in science

4. Erwärme das Wasser kurzzeitig (ca. 15 s) und entferne den Brenner dann (die Temperatur soll möglichst nur um 1 °C steigen).

5. Rühre ca. 1 bis 2 Minuten sorgfältig um, damit die Luft im Erlenmeyerkolben die Temperatur des Wassers annimmt (**Abb. 19**).

6. Notiere die Wassertemperatur in der Tabelle im Protokoll.

**Achtung!** Bei Erwärmen des Wassers werden der Stativring und das Drahtnetz sehr heiß!



Abb. 19

## Durchführung (3/3)

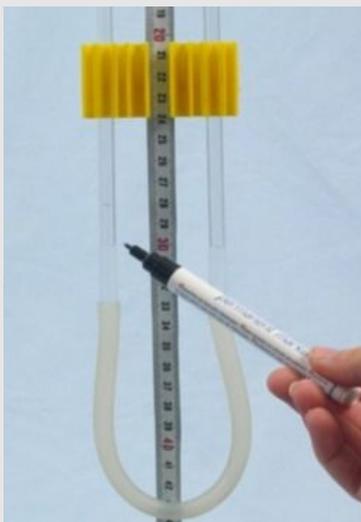
**PHYWE**  
excellence in science

Abb. 20

7. Bringe den Wasserstand in Schenkel  $a$  des Manometers wieder auf die Markierung (schiebe Schenkel  $a$  nach unten).

8. Miss den Abstand  $\Delta_l$  der beiden Wasserspiegel in den Schenkeln des Manometers und notiere ihn in der Tabelle (**Abb. 20**).

9. Erwärme die Luft in 1°C-Schritten weiter und ermittle weitere Werte für  $\Delta_l$  in Abhängigkeiten von der Temperatur.

**PHYWE**  
excellence in science

# Protokoll

## Beobachtung

**PHYWE**  
excellence in science

Wie hoch ist die Anfangstemperatur  $\vartheta_0$  (°C)?



## Ergebnisse

$\vartheta$  (C°)     $\Delta l$  (cm)     $\Delta\vartheta$  (C°)     $\Delta p$  (hPa)

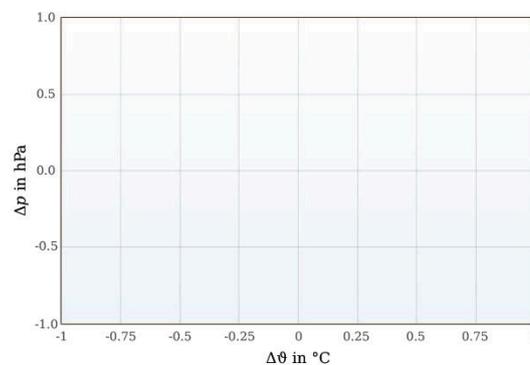

1. Notiere Deine Messwerte für  $\Delta l$  in der Tabelle.

2. Berechne jeweils die Temperaturdifferenz  $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_0$  und trage sie ein.

3. Der Druck wird mit der Wassersäule im Manometer gemessen. Für diesen Versuch genügt die Umrechnung  $\Delta l$  (cm) =  $\Delta p$  (hPa). Trage die Werte für den Druck  $\Delta p$  in hPa in die Tabelle ein.

## Aufgabe 1

Zeichne ein Koordinatensystem nach dem unten stehenden Vorbild auf ein Blatt Papier und trage die Messwerte für  $\Delta p$  und  $\Delta\vartheta$  in den Graphen ein.



## Aufgabe 2

Lies den aktuellen Luftdruck  $p_0$  auf einem Manometer ab oder rechne die folgenden Aufgaben mit

$$p_0 = 1013 \text{ hPa}$$

Die Ausdehnung von Luft bei konstantem Volumen wird durch folgende Formel beschrieben:

$$\Delta p = \beta \cdot p_0 \cdot \Delta \vartheta$$

Berechne aus den Messwerten in der Tabelle den Spannungskoeffizient  $\beta$  von Luft bei konstantem Volumen.

$$\beta = \boxed{\phantom{000000}} \cdot 10^{-3} (\text{ }^\circ\text{C})^{-1}$$

## Aufgabe 3

Was beeinflusst den Wasserdruck im Manometer?

- Der Luftdruck
- Die Gesamtmasse des Wassers
- Die Höhe der Wassersäule

✓ Überprüfen

## Aufgabe 4

Wie ist das Verhältnis zwischen Druck- und Temperaturänderung (s. Aufgabe 1)?

- Exponentiell
- Je nach Temperatur unterschiedlich
- Proportional

✓ Überprüfen

## Aufgabe 5

Rechne die Anfangstemperatur  $\vartheta_0$  in Kelvin ( $T_0$ ) um und bilde den Quotienten  $1/T_0$   
In was für einem Verhältnis stehen die Zahlenwerte von  $\beta$  und  $1/T_0$ ?

- Sie sind Kehrwerte voneinander
- Ungefähr gleich groß
- $\gamma$  ist die Wurzel aus  $1/T_0$

✓ Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 25: Beeinflussung des Wasserdrucks	0/2
Folie 26: Verhältnis Druck- und Temperaturänderung	0/1
Folie 27: Verhältnis von $\beta$ und $1/T_0$	0/1

Gesamtsumme  0/4

 Lösungen

 Wiederholen

 Text exportieren