

Bestimmung des atmosphärischen Luftdrucks

(Artikelnr.: P1423702)

Curriculare Themenzuordnung



Schwierigkeitsgrad



Leicht

Vorbereitungszeit



10 Minuten

Durchführungszeit



10 Minuten

empfohlene Gruppengröße



1 Schüler/Student

Zusätzlich wird benötigt:

Versuchsvarianten:

Schlagwörter:

Hydrostatischer Druck, Vakuum, Luftdruck

Aufgabe und Material

Einleitung

Im ersten Versuch wird eine Wassersäule allein vom Luftdruck gehalten. Mit der Formel für den hydrostatischen Druck wird der Druck der Wassersäule berechnet.

Im zweiten Versuch wird der atmosphärische Luftdruck mit Hilfe eines Vakuums bestimmt. Der Druck, der nötig ist, um das Vakuum aufrecht zu erhalten, entspricht dem Luftdruck.

Durch Vergleich des Schweredruckes der Wassersäule aus dem ersten Versuch mit dem Luftdruck aus dem zweiten Versuch wird der Größenunterschied deutlich und damit auch quantitativ gezeigt, warum der erste Versuch funktioniert.

Aufgabe

Material

Position	Material	Bestellnr.	Menge
1	Angelschnur, auf Röllchen, d = 0,5 mm, 100 m	02090-00	1
2	Gasspritze, mit Hahn, 100 ml	02616-00	2
3	Kolbenplatte für Gasspritzen	02618-00	1
4	Mikrospatellöffel, Stahl, l = 150	33393-00	1
5	Becherglas DURAN®, niedrige Form, 600 ml	36015-00	1
6	Laborschale (PP), 180 x 240 mm, weiß	47481-00	1
7	Patentblau-V (Natriumsalz), 25 g	48376-04	1
8	Messschieber (Schieblehre), Edelstahl	03010-00	1
9	Kraftmesser, 100,0 N	03060-04	1
10	Blatt Papier		
11	Motoröl (z. B. Typ 15W40)		

Aufbau und Durchführung

Aufbau

Versuch 1

- Wasser im Becherglas mit kleiner Menge Patentblau (ca. eine Spatelspitze) anfärben.
- Hahn der Spritze schließen.

Versuch 2

- Zur besseren Abdichtung Oberfläche des Spritzenkolbens vollständig mit kleiner Menge Motoröl einölen, zweite Spritze verwenden, da Öl und Wasser nicht in Berührung kommen sollen.
- Durch Hin- und Herbewegen des Kolbens in der Spritze Ölfilm gleichmäßig verteilen.
- Ein Stück Angelschnur (ca. 20 cm) mit beiden Enden an zwei schräg versetzten Aussparungen der Kolbenplatte mit sehr festen Knoten (mehrere übereinander) anknöten.
- Kolbenplatte an Gasspritze befestigen, Befestigungsbügel schließen und verschieben so dass sie auf die Platte drücken.

Durchführung

Versuch 1

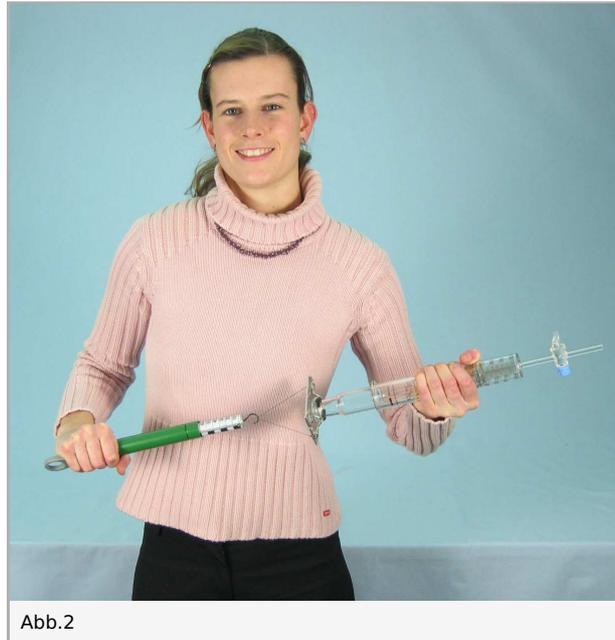
- Spritze bis zum Rand vollständig mit Wasser füllen.
- Ein Viertel eines DIN A4 Blattes auf die Spritze legen und leicht andrücken.
- Spritze umdrehen und in beliebige Lage drehen, ohne das Papier zu berühren, Wasser und Papier beobachten (Abb.1).
- Hahn öffnen, Wasser und Papier beobachten.
- Versuch wiederholen, dabei Spritze nur bis zur Hälfte mit Wasser füllen.



Versuch 2

Vorsicht! Es besteht Verletzungsgefahr durch Glassplitter, wenn während des Versuchs der Faden reißt oder sich ein Knoten löst. Bei der Versuchsdurchführung deshalb die Spritze nicht in Gesichtsnähe bringen und nicht in Richtung von Menschen halten.

- Kolben bei geöffnetem Hahn einmal ganz aus der Spritze heraus und wieder ganz in die Spritze hinein schieben.
- Hahn schließen.
- 100-N-Kraftmesser in die Schnur einhängen.
- Kolben so weit wie möglich (möglichst bis zur 100-ml-Markierung) zügig herausziehen (Abb. 2).
- Gemessene Kraft am Kraftmesser sofort ablesen.
- Hahn öffnen, Kolben herausziehen und Durchmesser des Kolbens mit dem Messschieber messen.



Anmerkungen:

Die geölte Spritze muss nicht sofort gereinigt werden, sie kann mehrere Monate aufbewahrt werden.

Ergebnisse und Auswertung

Ergebnisse

Versuch 1

Die Spritze lässt sich in jede beliebige Richtung drehen, ohne dass das Papier nach unten fällt oder das Wasser heraus fließt. Wird der Hahn geöffnet fällt das Papier nach unten. Das Wasser fließt heraus. Wenn die Spritze nicht ganz mit Wasser gefüllt ist, fällt das Papier auch nach unten.

Versuch 2

Bei geöffnetem Hahn lässt sich der Kolben ohne Kraftaufwand aus der Spritze herausziehen. Bei geschlossenem Hahn lässt sich der Kolben dagegen nur mit viel Kraft herausziehen. Die Kraft beim Herausziehen beträgt:

$$F = 75 \text{ N}$$

Der Durchmesser des Spritzenkolbens ist:

$$d = 3,1 \text{ cm}$$

Auswertung

Versuch 1

Auf das Papier wirkt die Gewichtskraft des Wassers, die einen Druck nach unten erzeugt. Gleichzeitig übt die Luft einen Druck nach oben aus. Der Luftdruck ist größer als der Druck des Wassers. Das Papier wird an die Spritze gedrückt und verschließt sie, so dass das Wasser nicht heraus fließt.

Auch wenn die Spritze in andere Richtungen gehalten wird, fließt kein Wasser heraus. Der Luftdruck wirkt in alle Richtungen.

Anmerkung:

Ohne Papier würde das Wasser beim Umdrehen der Spritze heraus fließen. Das Wasser bildet einzelne Tropfen aus, zwischen die sich die Luft schiebt.

Wird der Hahn geöffnet, so wirkt zusätzlich zum Wasserdruck der äußere Luftdruck auf das Papierstück nach unten. Beide zusammen sind größer als der Luftdruck, der von unten auf das Papier drückt.

Auch wenn die Spritze nicht ganz mit Wasser gefüllt wird, fällt das Papier herunter. Die eingeschlossene Luft, die über dem Wasser in der umgedrehten Spritze steht, übt denselben Druck aus wie die äußere Luft. Auf das Papier wirkt der innere Luftdruck und der Druck des Wassers. Beide zusammen sind größer als der äußere Luftdruck.

Der hydrostatische Druck einer Flüssigkeit hängt von der Dichte ρ der Flüssigkeit, der Erdbeschleunigung g und der Tiefe h ab:

$$p_{\text{Wasser}} = \rho \cdot g \cdot h$$

Der hydrostatische Druck am Boden der mit Wasser gefüllten Spritze beträgt:

$$p_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,2 \text{ m} = 1962 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 19,62 \text{ hPa}$$

$$\text{mit: } p = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, \text{ Länge der Spritze } h = 0,2 \text{ m; } g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Umrechnung der Einheiten:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$1 \text{ hPa} = 100 \text{ Pa}$$

Versuch 2

Bei geöffnetem Hahn kann beim Herausziehen des Kolbens Luft nachströmen. Deshalb ist nur wenig Kraft erforderlich.

Bei geschlossenem Hahn kann keine Luft nachströmen. Es entsteht ein Vakuum in der Spritze. Die Luft außerhalb der Spritze

drückt den Kolben nach innen. Der äußere Luftdruck übt eine Kraft auf den Kolben aus.

Um den Kolben herauszuziehen bzw. in einer Position im Gleichgewicht zu halten, muss eine Gegenkraft aufgebracht werden, die genauso groß ist, wie die Kraft F , die der Luftdruck ausübt. Der Luftdruck beträgt:

$$p_{Luft} = \frac{F}{A}$$

Die Fläche A ist die Querschnittsfläche des Kolbens, da diese das Volumen begrenzt, das vergrößert wird. Die Platte dient nur zur Befestigung des Fadens.

Kolbenfläche:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (1,55 \text{ cm})^2 = 7,55 \text{ cm}^2 = 7,55 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$p_{Luft} = \frac{75 \text{ N}}{7,55 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 9,93 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 9,93 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 993 \text{ hPa} \approx 1000 \text{ hPa}$$

Durch Vergleich von p_{Wasser} und p_{Luft} wird der große Druckunterschied deutlich. So wird auch quantitativ gezeigt, warum der erste Versuch so gut funktioniert.

Der Luftdruck kommt wie der Wasserdruck durch die Gewichtskraft zustande. Die Luftschicht über der Erde ist mehrere Kilometer dick und drückt auf die weiter unten liegende Luft. Wir spüren den Luftdruck normalerweise nicht, da unser Körper sich daran angepasst hat. Die Luftsäule über der Erdoberfläche übt einen Druck aus, der in Meereshöhe ca. 1000 hPa beträgt. Dieser Druck entspricht dem Druck, den eine 10 m hohe Wassersäule erzeugt:

$$p_{Wasser} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$h = \frac{p_{Wasser}}{\rho \cdot g} = 10,19 \text{ m} \approx 10 \text{ m}$$

$$\text{mit: } p_{Wasser} = 1000 \text{ hPa}, \rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}; g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Der erste Versuch würde also sogar mit einer 10 m langen Spritze funktionieren.

Anmerkungen:

1. Der erste Versuch kann auch mit einem Standzylinder (34220-00) wirkungsvoll durchgeführt werden.
2. Zu Versuch 2: Zu Beginn des Experiments befindet sich im Ansatz zum Hahn immer noch ein wenig Restluft. Der Kolben sollte deshalb möglichst weit aus der Spritze herausgezogen werden. Je größer das Volumen des Vakuums, desto weniger Teilchen pro Volumeneinheit befinden sich darin und desto genauer kann der Luftdruck gemessen werden.

Der Kolben kann unter Vakuum mit Kraft auch von Hand ganz aus der Spritze herausgezogen werden. Die einströmende Luft erzeugt ein lautes Geräusch.

3. Eine Wassersäule kann prinzipiell dazu verwendet werden, den Luftdruck zu messen, da die Höhe der maximalen Wassersäule ein Maß für den Luftdruck ist. Im Hohlraum über dem Wasser befindet sich dabei ein Vakuum, das allerdings auch zu einem geringen Teil aus Wasserdampf besteht. Dies ist ein Flüssigkeitsbarometer. Das Quecksilberbarometer funktioniert nach dem gleichen Prinzip. Hier wird allerdings Quecksilber benutzt, das bereits nach 760 mm abreißt und kaum verdampft.
4. Der Luftdruck nimmt mit zunehmender Höhe ab und hängt außer von der Höhe auch von der Temperatur und der Wetterlage ab.
5. Die SI-Basiseinheit für den Druck ist die Einheit Pascal:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \cdot \text{m}}$$

In Radio und Fernsehen werden die Luftdruckwerte immer in hPa angegeben.