

Physikalisches Grundpraktikum Teil I (Mechanik und Thermodynamik) Versuch 6 Innendruck eines Luftballons

Finn Wagner

7.03.2022

1 Versuchsziel und Versuchsmethode

2 Auswertung

Der Umfang einer Kugel in 2 Dimensionen ist der eines Kreises mit $U = 2\pi R$.

Umgeformt nach R ergibt sich $\frac{U}{2\pi} = r$

Das Volumen einer Kugel beträgt $V = \frac{4}{3}\pi r^3$

Es wurde zweimal der Umfang des Luftballons gemessen, einmal auf der Lange und Kurzen Seite.

Einmal vom Munstück bis oben über den Ballon und einmal die Tallie

Wir berechnen den Durchschnitt um das Volumen besser als Kugel zu approximieren

Um das Volumen aus dem Durchmesser zu berechnen setzten wir den Umfang ein

$$V = \frac{4}{3}\pi \left(\frac{U}{2\pi}\right)^3 = \frac{4}{3}\pi \frac{U^3}{8\pi^3} = \frac{1}{6} \frac{U^3}{\pi^2}$$

Die Fläche des Luftballonhalses berechnet sich aus dem Durchmesser mit

$$A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

Wir stellen die im Skript gegebene Gleichung $V = A \cdot v_a \cdot t_a$ nach v_a um.

$$v_a = \frac{V}{A \cdot t_a}$$

Jetzt setzen wir die Werte ein und vereinfachen:

$$v_a = \frac{V}{A \cdot t_a} = \frac{\frac{1}{6} \frac{U^3}{\pi^2}}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot t_a} = \frac{2}{3} \frac{U^3}{\pi^3 D^2 t_a}$$

Einheitenrechnung

$$\frac{m^3}{m^3 \cdot s} = \frac{m}{s}$$

Wir berechnen aus den Versuchen jeweils die Ausströmgeschwindigkeiten v_1 bis v_3
Zuerst berechnen wir den Innendurchmesser der Mundstücks aus den drei gemessenen Werten
 $1.15cm, 1.1cm, 1.2cm$. Das ergibt $(1.15cm + 1.1cm + 1.2cm)/3 = 1.15cm = 0.0115m$

Die Fläche A des Mundstücks beträgt $\pi \left(\frac{0.0115m}{2}\right)^2 = 1,03869m^2$

2.1 Durchführung 1

$d_1 = 0.584m$ $d_2 = 0.511m$ Durchschnitt der Luftballonumfänge $0.5475m$

Die beiden durchgeführten Zeitmessungen weichen stark voneinander ab:

$$(1.34s + 1.04s)/2 = 1.19s$$

Wir setzen in die oben berechnete Formel ein:

$$v_a = \frac{2}{3} \frac{(0.5475m)^3}{\pi^3 (0.0115m)^2 \cdot 1.19s} = 22.42 \frac{m}{s}$$

2.2 Durchführung 3

$d_1 = 0.615m$ $d_2 = 0.564m$ Durchschnitt der Luftballonumfänge $0.5895m$

Die beiden durchgeführten Zeitmessungen weichen stark voneinander ab:

$$(1.45s + 1.61s + 1.64s)/3 = 1,5\bar{6}s$$

Wir setzen in die oben berechnete Formel ein:

$$v_a = \frac{2}{3} \frac{(0.5895m)^3}{\pi^3 (0.0115m)^2 \cdot 1,5\bar{6}s} = 21,25877656 \frac{m}{s}$$

2.3 Mittlere Geschwindigkeit

$$22.4217162 \frac{m}{s}, 24.8927916 \frac{m}{s}, 21,25877656 \frac{m}{s}$$

Wir berechnen den Mittelwert der Ausströmgeschwindigkeiten: $(22.4217162 \frac{m}{s} + 24.8927916 \frac{m}{s} + 21,25877656 \frac{m}{s})/3 = 22.85776145 \frac{m}{s}$ -umrechnen mit Bernoulli-formel

TODO Berücksichtigen Luftballon ausgeleiert über Versuche TODO Wann ist der Luftballon eigentlich leer? TODO Abhängig von Ballonbeschaffenheit TODO Abhängig wie doll aufgepustet?

2.4 Umrechnen zum Überdruck

Die Bernoulligleichung verbindet Drücke und Strömungsgeschwindigkeiten. Wobei p_i der Innendruck des Luftballons und p_a der Außen/Umgebungsdruck

$p_i = p_a + \frac{1}{2} \rho v_a^2$ $p_i - p_a$ ist die Druckdifferenz zwischen dem Inneren und Äußeren des Ballons. Also

$$(p_i - p_a) = \frac{1}{2} \rho v_a^2$$

Gegeben in Aufgabe für $P_a = 101325 Pa$ und $\rho = 1.2041 \frac{kg}{m^3}$ bei 20° Celsius auf Meereshöhe Eingesetzt

$$(p_i - p_a) = \frac{1}{2} \cdot 1.2041 \frac{kg}{m^3} \cdot \left(22.85776145 \frac{m}{s}\right)^2 = 314.557 Pa$$

TODO Kommastellen wegmachen

TODO Beachten Video nur mit 30fps aufgenommen Fehlerrechnung

2.5 Versuch mit verkleinerter Öffnung

2.6 Weltall

3 Fehlerrechnung

Die Längenmessungen wurden mit einem handelsüblichen Maßband mit einer Genauigkeit von 1mm gemacht. Abgelesene Werte wurden kaufmännisch auf den nächsten Milimeter gerundet.

Die Zeitmessungen von unterschiedlichen Personen mit Handstoppuhren gemacht

Video aufgenommen ausgewertet mit Media Player Classic ausgewertet

mit 0.2.1.14 Fehlerfortpflanzung

$$\Delta v_a = \sqrt{\left(\frac{\partial v_a}{\partial t}(\Delta t)\right)^2 + \left(\frac{\partial v_a}{\partial U}(\Delta U)\right)^2}$$

$\Delta t \approx 0.1s$ aus der Aufgabenstellung, wohl eher $0.25s$ Fehlerabweichung $\Delta U \approx 0.1mm$ aus der Aufgabenstellung, wohl eher $0.5cm$ Fehlerabweichung durch ungenaues ansetzen des Maßbandes am Luftballon

Funktion mit v_a in Fehlerfortpflanzungsformel einsetzen und Messfehler einsetzen

Das Volumen des Luftballons ist sehr ungenau und weicht sehr stark vom realen Wert ab, da mit Kugelvolumen berechnet wurde.