TU Dresden **Fakultät Physik** Physikalisches Grundpraktikum	Platzanleitung **AZ** Adiabatische Zustandsänderungen

Aufgabenstellung

Der Adiabatenexponent $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$ von Luft ist auf folgende Arten zu bestimmen

1. aus den Eigenfrequenzen einer mit offenen bzw. geschlossenen Hähnen schwingenden Hg-Säule
2. nach der Methode von Clément-Desormes

Hinweise zur Versuchsdurchführung

Schwingende Quecksilbersäule

1. Zur Bestimmung der Resonanz-Schwingungsdauern τ_o (offene) und τ_{zu} (geschlossene Hähne) werden die U-Rohre in beiden Fällen mit Hilfe eines Motor-Antriebes zu erzwungenen Schwingungen angeregt und zwei Resonanzkurven aufgenommen. Hierzu misst man die Amplitude der erzwungenen Schwingung als Funktion der Anregungsfrequenz jeweils an sechs Messpunkten um die Resonanzpunkte τ_o und τ_{zu} herum. Dabei wird für die jeweilige vom Motor vorgegebene Frequenz die Schwingungsdauer über 50 Perioden τ gemittelt. Die den beiden Resonanzpunkten zugeordneten Schwingungsdauern τ_o und τ_{zu} werden grafisch durch nichtlineare Anpassung mittels Python bestimmt (siehe Anmerkungen unten).

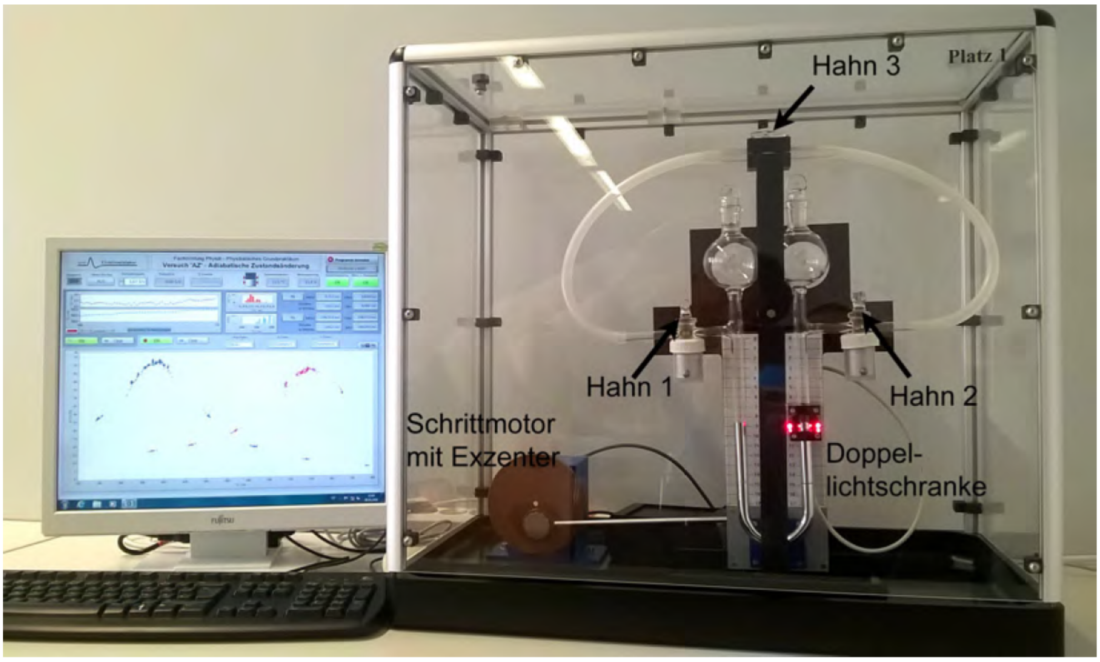

Abb. 1: Kompletter Versuchsaufbau der Schwingenden Quecksilbersäule

2. Die Frequenz wird mit der Drehzahlfeinregelung (Helipot mit 10 Umdrehungen) des Getriebemotors sehr genau eingestellt. Siehe Abbildung 1
3. Der Hahn 3 dient dem Luftdruckausgleich mit der Umgebung und wird vor der Messung mit

geschlossenen Hähnen 1 und 2 nur kurzzeitig geöffnet und bleibt sonst geschlossen.

4. Die dem äußeren Luftdruck entsprechende Höhe h_L der Quecksilbersäule wird mit dem Quecksilberbarometer im Raum D113 gemessen.
5. Tragen Sie die Amplitude X über der Schwingungsdauer τ_1 auf, verwenden Sie dazu die vereinfachte Form:
$$X \sim \frac{\tau_1}{\tau_2} \tag{10}$$
6. Der Adiabatenexponent folgt aus der Gleichung:
$$\kappa = \frac{V}{Ah_L}\left[\frac{\tau_o^2}{\tau_{zu}^2} - 1\right] \tag{9}$$

Nichtlineare Anpassung mittels Python: Bestimmen Sie die Periodendauern der ungedämpften Eigenschwingungen τ_o bzw. τ_{zu} aus den entsprechenden Resonanzkurven durch nichtlineare Anpassung der Funktion:

$$X(\tau) = \frac{X_0}{\sqrt{\left(\frac{4\pi^2}{\tau_{o/zu}^2} - \frac{4\pi^2}{\tau^2}\right)^2 + \left(\frac{4\pi\delta}{\tau}\right)^2}} \tag{1}$$

(3 freie Parameter, siehe Versuchsanleitung für ES). Führen Sie die Anpassung mittels des Python-Skriptes „PhyPraFit.py" durch, welches Sie auf den Messrechnern im Laufwerk P:\ finden. Dazu müssen Sie im vorliegenden Skript die entsprechende Zielfunktion definieren, ggf. sinnvolle Werte für die oberen und unteren Schranken der Anpassungsparameter setzen und weitere Optionen für die Bestimmung der Messunsicherheiten und grafische Darstellung wählen. Stellen Sie Messwerte mit Fehlerbalken und angepassten Resonanzkurven einschließlich der Konfidenzbereiche grafisch dar und drucken diese für Ihr Protokoll aus. Geben Sie für die angepassten Parameter die statistischen und systematischen Messunsicherheiten an.

Hinweise zur Verwendung von Python (Physik-Bachelor): Das Skript „PhyPraFit.py" bietet eine Möglichkeit zur Kurvenanpassung an Messdaten sowie zur Bestimmung der statistischen und systematischen Unsicherheiten der Anpassungsparameter mittels Python. Es basiert auf den Inhalten der Vorlesung zu erweiterten statistischen Methoden im 2. Semester und wird zusammen mit Beispieldaten und einer Dokumentation im Vorfeld zu Ihrer eigenen Vorbereitung zur Verfügung gestellt. Auf den Messrechnern finden Sie die Python-Distribution Anaconda 3.7 installiert, welche alle nötigen Module liefert und frei im Internet verfügbar ist. Weiterhin bietet sie die Entwicklungsumgebung „Spider" (ähnlich „Geany"), in der Sie das Skript „PhyPraFit.py" (Laufwerk P:) modifizieren, ausführen und die Ergebnisse darstellen können. Die Messwerte einschließlich der Messunsicherheiten geben Sie bitte in die Exceltabelle „Data.xlsx" entsprechend der vorgesehenen Spalten ein. Achten Sie darauf, dass ausschließlich die für die Regression relevanten Werte eingegeben werden und jede Spalte gleich viele Werte enthalten muss. Falls keine Werte vorliegen, sind Nullen einzugeben. Bevor Sie Modifikationen vornehmen, ist es ratsam, für beide Dateien Kopien anzufertigen.

Clément-Desormes

Führen Sie zehn Messungen nach folgendem Schema durch:

1. Nachdem der Federbolzen gespannt wurde, wird mit Hilfe der Handpumpe der Luftdruck in dem verschlossenen Gefäß um $\Delta p = \rho_w \cdot g h_1$ (ca. 15 cm Wassersäule) *erhöht* und dann das Ventil geschlossen. Dabei erhöht sich die Temperatur der Luft in dem Gefäß leicht.
2. Danach wird ca. *zwei Minuten* gewartet, bis die Temperatur im Gefäß wieder auf *Raumtemperatur* abgesunken ist und der Druck konstant bleibt.
3. Nun wird h_1 abgelesen und notiert.
4. Jetzt wird der Auslöser kurz gedrückt, so dass über den zurückschnellenden Federbolzen der Behälter für eine konstante kurze Zeit geöffnet und *schnell* wieder verschlossen wird. Bei der adiabatischen Expansion hat sich das Gasvolumen abgekühlt und es erwärmt sich nun wieder bis zur Raumtemperatur, wonach der Druck wiederum konstant bleibt.
5. Zum Schluss wird h_2 abgelesen.
6. Der Adiabatenexponent κ folgt aus der Beziehung:

$$\kappa = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \tag{11}$$

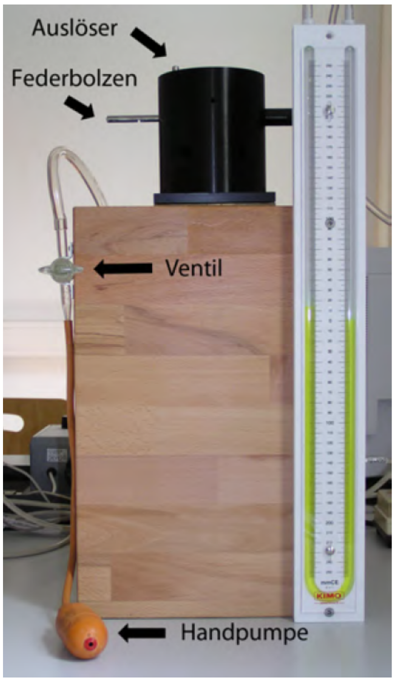

Abb. 2: Aufbau für den Versuch nach Clément-Desormes

Geräteparameter

	Platz 1	Platz 2
V	$(106{,}31 \pm 0{,}04)\ \text{cm}^3$	$(94{,}31 \pm 0{,}03)\ \text{cm}^3$
A	$(0{,}538 \pm 0{,}003)\ \text{cm}^2$	$(0{,}667 \pm 0{,}011)\ \text{cm}^2$

Tabelle 1: Relevante Abmessungen des U-Rohrs am jeweiligen Versuchsplatz. Die Volumina in den Schenkeln eines U-Rohres sind jeweils gleich.