# M 24 Kundtsches Rohr

## 1 Aufgabenstellung

- 1.1 Die Eigenfrequenzen f der Luftsäule in einem Kundtschen Rohr konstant gehaltener Länge 1 ≈ 40 cm sind durch Beobachtung von Staubfiguren zu bestimmen und in Abhängigkeit von der Zahl n der Schwingungsbäuche im Rohr graphisch darzustellen. Die Schallgeschwindigkeit in Luft und der Abstand der Schallgeber-Membran vom nächstliegenden Knoten sind durch lineare Regression zu bestimmen.
- 1.2 Die Eigenfrequenzen f einer Luftsäule variabler Länge l sind bei mindestens 10 unterschiedlichen Werten von l, aber konstanter Bauchzahl  $n=2\dots 4$  mittels Staubfiguren zu bestimmen, l=f(1/f) ist graphisch darzustellen, die Schallgeschwindigkeit in Luft ist unter Berücksichtigung des in 1.1 ermittelten Abstands Membran-Knoten durch Regression zu bestimmen.
- 1.3 Die Eigenfrequenzen f der Luftsäule und die Knoten- oder Bauchabstände Δ der stehenden Welle in einem Kundtschen Rohr fester Länge l sind mindestens bis zur 12. Harmonischen (n = 12) mit Hilfe einer Mikrophonsonde zu messen, f ist in Abhängigkeit von n graphisch darzustellen. Die Schallgeschwindigkeit in Luft ist einerseits aus f und Δ, andererseits aus der Abhängigkeit f = f (n) durch lineare Regression zu berechnen.
- 1.4 Die Messungen der Eigenfrequenzen f nach 1.3 sind an einem mit CO<sub>2</sub> gefüllten Kundtschen Rohr fester Länge zu wiederholen, die Frequenzen f sind gemeinsam mit denen der Luftsäule im gleichen Diagramm graphisch darzustellen, die Schallgeschwindigkeit in CO<sub>2</sub> ist durch lineare Regression zu bestimmen.
- 1.5 Die Meßmethoden sind hinsichtlich ihrer Genauigkeit zu vergleichen. Aus den gemessenen Schallgeschwindigkeiten ist das Verhältnis der spezifischen Wärmekapazitäten  $\kappa = c_p/c_V$  der untersuchten Gase zu berechnen und mit den theoretischen Werten zu vergleichen.

#### 2 Literatur

2.1 Walcher, W. Praktikum der Physik

B. G. Teubner Stuttgart

7. Auflage 1994, S. 98 - 103

2.2 Ilberg, W., Physikalisches Praktikum

Krötzsch, M. B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Stuttgart, Leipzig

9. Auflage 1992, S. 96 - 98

2.3 Stroppe, H. Physik

Fachbuchverlag Leipzig, Köln

9. Auflage 1992, S. 320 - 322, 332 -333

#### 3 Hinweise zum Versuch

#### 3.0 Beobachtung von Staubfiguren

Eine <u>mäßige</u> Menge Korkpulver ist mit der Füllrinne bzw. durch Drehen und leichtes Klopfen des Rohres gleichmäßig über dessen Länge zu verteilen. Zweckmäßig ist, die Messungen zu 1.2 bei größter Rohrlänge zu beginnen und letztere durch Einschieben des Kolbens stufenweise zu verringern.

Die Anregung stehender Schallwellen erfolgt durch eine Schallgeber-Membran, die über Leistungsverstärker von einem Tonfrequenzgenerator (Ausgangsspannung im Bereich  $0 \dots 10 \text{ V}$ ) gespeist wird. Die <u>Ausgangsspannung ist nach Grobeinstellung der Eigenfrequenz soweit zurückzuregeln, dass die Staubfiguren gerade sichtbar sind,</u> um die Eigenfrequenz und die Anzahl der Bäuche bzw. Knoten der stehenden Welle möglichst genau bestimmen zu können. Die durch Staubfiguren nachweisbaren Eigenfrequenzen erstrecken sich bis etwa 3000 Hz, bis zu 7 Bäuche sind im Rohr der Länge  $1 \approx 40 \text{ cm}$  beobachtbar.

- 3.1 Aus der funktionalen Abhängigkeit der Eigenfrequenz von der Bauchzahl f = f(n) bei konstant gehaltener Rohrlänge I kann neben der Schallgeschwindigkeit c im Gas auch der Abstand  $a = x \cdot (\lambda/2)$  oder x (in Vielfachen von  $\lambda/2$ ) der Schallgeber-Membran zum ihr nächstliegenden Knoten näherungsweise bestimmt werden, wenn angenommen wird, dass das Verhältnis der Schwingungsamplituden der Gasteilchen an der Membran und im Schwingungsbauch bei allen Eigenfrequenzen gleich ist. Die Größe x (in Vielfachen von  $\lambda/2$ ) sowie der Abstand x (in cm) bei der kleinsten und bei der größten gemessenen Eigenfrequenz sind nach Betrag und Vorzeichen anzugeben.
- 3.2 In Aufgabe 1.2 wird die Eigenfrequenz f bei unterschiedlicher Rohrlänge l, aber konstanter Bauchzahl n = 2 ... 4 gemessen, die Schallgeschwindigkeit c aus der funktionalen Abhängigkeit l = f(1/f) durch lineare Regression unter Einbeziehung des Nullpunktes bestimmt. Der in 1.1 bestimmte Abstand x der Membran vom nächstliegenden Knoten wird zur Korrektur des Ergebnisses genutzt.

#### 3.3 Messung mit der Mikrophonsonde

<u>Vor Inbetriebnahme des Messmikrophons ist die Ausgangsspannung des Tongenerators drastisch zu verringern</u> (Spannungsbereich 0 ... 100 mV), um das Mikrophon nicht zu übersteuern. Das Messsignal wird oszilloskopisch beobachtet und muss einen harmonischen Verlauf zeigen.

Das Mikrophon wird durch Tastendruck eingeschaltet, die Abschaltung erfolgt automatisch ca. 30 min nach Inbetriebnahme. Der Funktionswahlschalter steht in Position ~, der Verstärkungsregler nahe Linksanschlag.

Zur Bestimmung der Eigenfrequenzen f der Gassäule wird die Mikrophonsonde im Druckbauch am festen Ende des Rohres (vor dem Stopfen) platziert und der Frequenzbereich ab 200 Hz zunächst in Richtung steigender, anschließend zur Kontrolle der Messwerte in Richtung fallender Frequenzen durchfahren; bei Resonanz hat die Amplitude des Messsignals ein Maximum. Graphische Darstellung der Funktion f = f(n) und Auswertung sind wie in 3.1 beschrieben vorzunehmen.

Nach Einstellung einer Eigenfrequenz f wird der Knoten- oder Bauchabstand  $\Delta$  durch Verschiebung der Mikrophonsonde über möglichst viele Knoten oder Bäuche innerhalb ihres Verschiebebereichs bestimmt. Da letzterer nur etwa die halbe Rohrlänge umfasst, kann die 1. Harmonische (Grundschwingung) nicht vermessen werden. Aus jedem Wertepaar von f und  $\Delta$  wird die Schallgeschwindigkeit berechnet; Mittelwert und Vertrauensbereich sind anzugeben.

3.4 Zur Messung in CO<sub>2</sub> wird das Rohr an der CO<sub>2</sub>-Druckflasche <u>unter Aufsicht</u> des Praktikumsbetreuers gefüllt und durch den Stopfen mit Sonde möglichst dicht verschlossen. Die Messung der funktionalen Abhängigkeit f = f (n) erfolgt analog 3.3, die Auswertung wie in 3.1. Die Messung sollte <u>zügig</u> erfolgen, die Sonde nicht verschoben werden, um das Entweichen von CO<sub>2</sub> bzw. Eindringen von Luft zu minimieren.

### 4 Zugeordnete Themenkomplexe

Stehende Wellen, Eigenschwingungen und deren Entstehung Schallwellen: Entstehung, Ausbreitung, Empfang; stehende Schallwellen Molare Wärmekapazitäten  $C_p$  und  $C_V$ , deren Verhältnis und Differenz