
Hy@autorefamericanamerican

Akustische Wellen in der Messleitung

Friedemar Blohm, Jan Nabbefeld, Daniel Ciaglia

11. Juni 2001

0.1 Aufgabenstellung

Mit einer "akustischen Messleitung" (Kundtsches Rohr) sollen stehende Schallwellen vermessen werden. Wellenlänge und Schallgeschwindigkeit sollen bestimmt und mit theoretischen Vorhersagen verglichen werden. Für zwei schalldämmende Proben sollen in Abhängigkeit von der Frequenz die Reflexionsverhältnisse gemessen werden. Die "Welligkeit" (Stehwellenverhältnis) und der "komplexe Regressionsfaktor" sollen aus den Messergebnissen berechnet werden.

0.2 Versuchsaufbau

Der Aufbau ist in Bild 1 dargestellt.

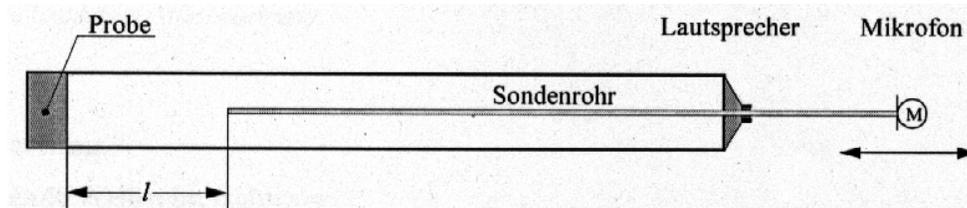


Abbildung 1: Versuchsaufbau

0.3 Versuchsdurchführung

0.3.1 Stehende Wellen im Hohlrohr

- Raumtemperatur: $\vartheta = 24,5^\circ$
- Frequenz: 1000 Hz
- Nullstellung: -1,2 cm (wurde bei der folgenden Betrachtung mit eingerechnet)
- Abtastbereich: etwas mehr als eine Wellenlänge
- Schrittweite: 2 cm

In der folgenden Tabelle wurde die Schalldruckamplitude als Funktion des Ortes aufgenommen (s in cm, U in mV).

s	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
U	300	279	225	147	45	68	182	268	301	299	264	203	114	9	108	215	300	308	292

Tabelle 1: Schalldruck (s)

0.3.2 Welligkeit

Es wurden 2 Proben aus Steinwolle und Watte nacheinander als Abschluß in das Rohr eingesetzt und Meßwerte aufgenommen.¹

Diese sind in Tabelle 2 auf der nächsten Seite dargestellt.

0.4 Auswertung

Während der Ausarbeitung der Auswertung fiel auf, das ein Meß- oder Berechnungsfehler aufgetreten sein muß. Auffällig wird dies insbesondere bei der Berechnung der Welligkeit 's' bei der Steinwolle. Der Fehler setzt sich dann weiter fort.

¹Bei dieser Versuchsreihe ist auf den Stahlring zur Befestigung der Proben "verzichtet" worden.

	1. Minima	Maxima	2. Minima
Steinwolle			
500 Hz	U = 185 mV s = 16 cm	U = 980 mV	s = 50,15 cm
900 Hz	U = 30 mV s = 9,3 cm	U = 99 mV	s = 28,4 cm
1300 Hz	U = 24 mV s = 5,6 cm	U = 100 mV	s = 19 cm
Watte			
500 Hz	U = 800 mV s = 15,3 cm	U = 3100 mV	s = 50,6 cm
900 Hz	U = 85 mV s = 9,1 cm	U = 300 mV	s = 28 cm
1300 Hz	U = 90 mV s = 6,3 cm	U = 300 mV	s = 19,45 cm

Tabelle 2: Meßwerte mit Dämpfung

0.4.1 Stehende Wellen im Hohlrohr

Aus der gemessenen Temperatur wird die Phasengeschwindigkeit c_{th} ermittelt.

$$c_{th} = c_0 * \left[1 + \frac{\left(\frac{\Delta T}{T}\right)}{273K} \right] = 331,25ms^{-1} * \left[1 + \frac{\left(\frac{24,5}{2}\right)}{273K} \right] = 346,11ms^{-1}$$

Fehlerrechnung

Wir gehen von einem systematischen Fehler des Thermometers und des Ablesenden von ca. 1K aus.

Daraus ergibt sich eine Bandbreite von $c_{th} = 345,50ms^{-1}$ bis $c_{th} = 346,72ms^{-1}$.

Anders dargestellt: $c_{th} = 346,11 \pm 0,61ms^{-1}$ oder $c_{th} = 346,11(1 \pm 0,02\%)ms^{-1}$

Der abgetastete Funktionsverlauf wird in normierter Form grafisch dargestellt, die Wellenlänge wird im Diagramm gekennzeichnet.

Abbildung 2 auf der nächsten Seite.

Mit der ermittelten Wellenlänge und der zugehörigen Messfrequenz wird die Phasengeschwindigkeit c_m berechnet und verbal mit dem Ergebnis c_{th} verglichen.

$$c_m = \lambda * f = 0,338m * 1000s^{-1} = 338ms^{-1}$$

Der errechnete weicht vom gemessenen Wert um ca. $7ms^{-1}$ ab.

Dies liegt an Ungenauigkeiten bei der Ermittlung der Minima und Maxima (Bestimmung der Wellenlänge), genauer gesagt an der Meßvorrichtung und den durchführenden Personen.

0.4.2 Welligkeit

Wellenlänge

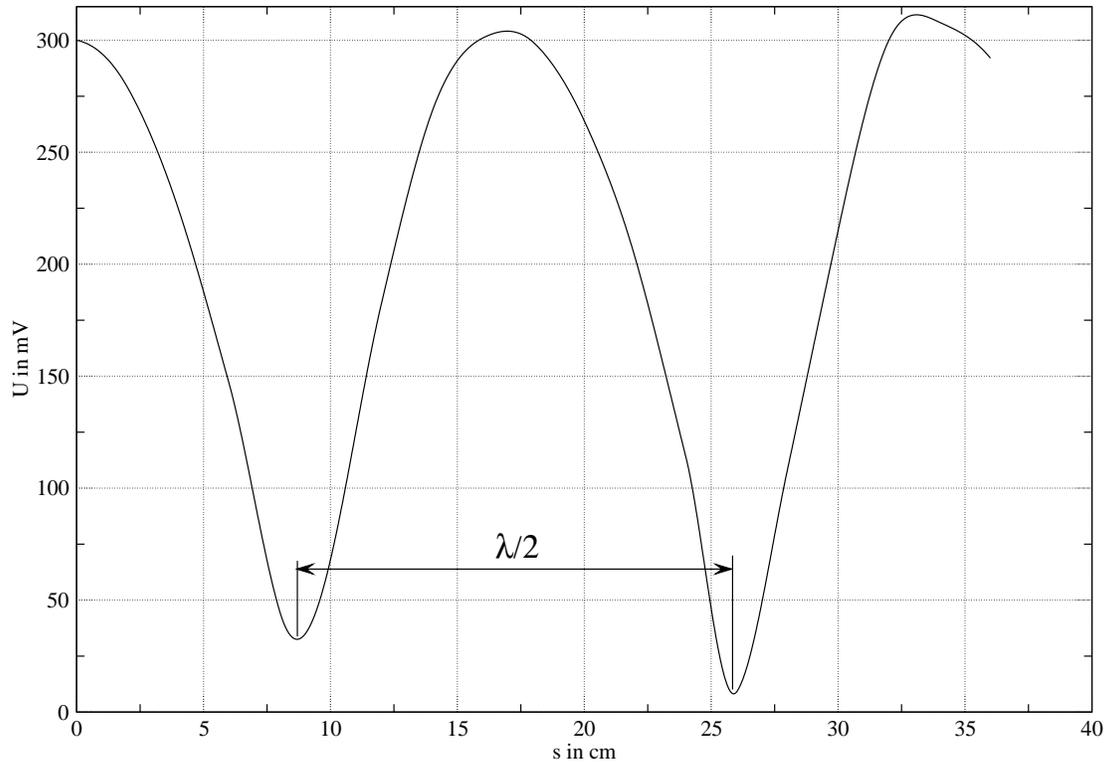
$$\lambda = 2 * [l_2 - l_1] \text{ (Ergebnisse in Tabelle 3 auf der nächsten Seite)}$$

Welligkeit 's'

$$s = \frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{U_{max}}{U_{min}} \text{ (Ergebnisse in Tabelle 4 auf der nächsten Seite)}$$

Lage des ersten Maximums

$$l_m = \frac{1}{2} * [l_1 + l_2] \text{ (Ergebnisse in Tabelle 5 auf der nächsten Seite)}$$

Abbildung 2: Schalldruck (s)

f in Hz	λ in cm	
	Steinwolle	Watte
500	68,3	70,6
900	38,2	37,8
1300	26,8	26,3

Tabelle 3: Wellenlänge - gedämpft

f in Hz	s	
	Steinwolle	Watte
500	5,30	3,88
900	3,30	3,53
1300	4,17	3,33

Tabelle 4: Welligkeit 's'

f in Hz	l_m in cm	
	Steinwolle	Watte
500	33,08	32,95
900	18,85	18,55
1300	12,3	12,88

Tabelle 5: Lage der ersten Maxima

Betrag des Reflexionsfaktors

$$|r_0| = \frac{s-1}{s+1} \text{ (Ergebnisse in Tabelle 6 auf der nächsten Seite)}$$

f in Hz	r ₀	
	Steinwolle	Watte
500	0,683	0,590
900	0,535	0,559
1300	0,613	0,538

Tabelle 6: |r₀|

Phasenlage des Reflexionsfaktors

$$\varphi_{r_0} = \left[\frac{l_2 + l_1}{l_2 - l_1} \right] * 180^\circ \text{ (Ergebnisse in Tabelle 7)}$$

f in Hz	ϕ _{r₀} in Grad	
	Steinwolle	Watte
500	348,67	336,03
900	355,29	353,33
1300	330,45	352,47

Tabelle 7: ϕ_{r₀}

Grafische Darstellung des komplexen Reflexionsfaktors

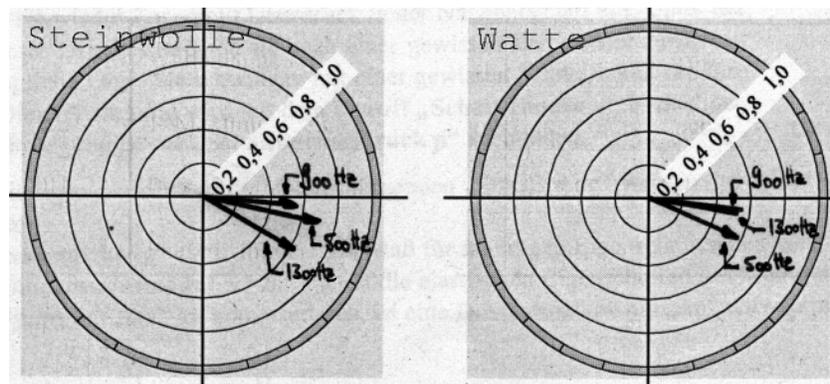


Abbildung 3: komplexe Darstellung der Reflexionsfaktoren