

15 (1988) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

U. Ackermann

Ein vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung des Druckverlustes von Schalldämpfern

Mit dem Schalldämpfer-Prüfstand steht im IBP ein extrem lärmarmen Windkanal zur Verfügung, in dem Schalldämpfer und andere Komponenten von Raumlufttechnischen Anlagen hinsichtlich

- Einfügungsdämpfung mit und ohne Strömung,
- Strömungsgeräusch,
- Druckverlust

nach DIN 45 646 [1] gekennzeichnet werden können. Zur Bestimmung des Gesamtdruckverlustkoeffizienten ζ_s beschreibt die Norm ein grafisches Verfahren, bei dem durch die doppellogarithmisch aufgetragenen Meßwerte die bestangepaßte Gerade mit der Steigung 2:1 gelegt wird [2]. Wie sich gezeigt hat, erfordert die Auswertung einen großen Zeitaufwand. Deshalb wurde im IBP ein vereinfachtes Verfahren entwickelt und erprobt, mit dem ζ_s direkt aus den Meßwerten mit eingebautem Schalldämpfer berechnet werden kann.

Schalldämpfer-Prüfstand im IBP

Die 12 m lange Meßstrecke ist zwischen zwei großen Beruhigungskammern dem sogenannten Sendehallraum ($V = 106 \text{ m}^3$) und dem Empfangshallraum ($V = 187 \text{ m}^3$) aufgespannt. Ein 2 m langer Einlauftrichter am Anfang und ein 3,4 m langer Diffusor am Ende der Meßstrecke sorgen für eine drallfreie Strömung mit einem extrem glatten und zur Kanalachse symmetrischen Profil. In der Mitte ist die Meßstreckenbreite auf 6 m Länge von 0,5 m bis 1,3 m veränderlich. Die Meßstreckenhöhe beträgt 0,5 m.

Bestimmung des Volumenstromes

Bei der Bestimmung von ζ_s ist es sehr wichtig, den Volumenstrom Q durch den Schalldämpfer und die Meßstrecke möglichst genau zu bestimmen. Üblicherweise wird Q durch den Einbau von Blenden in das Kanalsystem ermittelt. Im Schalldämpfer-Prüfstand ist ein solches Verfahren jedoch nicht praktikabel, da die Blenden bei der Durchströmung Geräusche erzeugen, die eine Messung des Strömungsgeräusches des Schalldämpfers unmöglich machen. Als Ausweg bietet sich an, die mittlere Strömungsgeschwindigkeit \bar{U} an einem Querschnitt des Kanals zu bestimmen [3]. Dazu wird ein Netz aus äquidistanten Meßpunkten gespannt und der dynamische Druck gemessen. Der Volumenstrom ergibt sich dann aus dem Produkt von \bar{U} und der Meßfläche A . Dieses sehr aufwendige Meßverfahren läßt sich im Schalldämpfer-Prüfstand des IBP extrem vereinfachen. Spannt man ein Netz aus z.B. 5×10 Meßpunkten über die $0,5 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ große Meßstrecke und bestimmt \bar{U} durch

Mittelung über alle Meßpunkte, ergibt sich, daß \bar{U} um maximal 2% kleiner ist als die Strömungsgeschwindigkeit U_M auf der Meßstreckenachse. Damit wird Q um höchstens 2% zu niedrig bestimmt, was im Rahmen der Meßgenauigkeit tolerabel ist. Der optimale Ort für die Messung des dynamischen Druckes p_{dM} mit einem Prandtl-Rohr befindet sich $0,5 \text{ m}$ vom Einlauftrichter entfernt auf der Meßstreckenachse. An dieser Stelle hat weder der Einbau von Schalldämpfern noch eine Veränderung der Meßstreckenbreite in der Mitte einen signifikanten Einfluß auf die Form des Strömungsprofils. Darüber hinaus wird dort die Querschnittsfläche nie geändert, und damit ist immer $A = 0,5 \text{ m}^2$. Im Schalldämpfer-Prüfstand des IBP wird deshalb Q aus der einfachen Formel

$$Q = \sqrt{\frac{2}{\rho}} p_{dM} \cdot 0,5 \text{ m}^2 \quad (1)$$

berechnet, mit ρ Dichte der Luft in kg/m^3 am Meßtag und p_{dM} in Pa.

Vereinfachtes Verfahren zur Bestimmung von ζ_s

Nach DIN 45 646 gilt

$$\zeta_s = \frac{\Delta p_{sI} \cdot \Delta p_{sII}}{p_{dE}} \quad (2)$$

- mit Δp_{sI} = Druckdifferenz Sendehallraum - Empfangshallraum mit Schalldämpfer in der Meßstrecke
 Δp_{sII} = Druckdifferenz Sendehallraum - Empfangshallraum ohne Schalldämpfer in der Meßstrecke
 p_{dE} = dynamischer Druck im Eintrittsquerschnitt des Schalldämpfers.

Da sich die Strömungsgeschwindigkeiten im Kanal und im Eintrittsquerschnitt umgekehrt proportional zu den durchströmten Flächen verhalten, ist:

$$p_{dE} = \left(\frac{1 \text{ m}}{S}\right)^2 \cdot p_{dM} \quad (3)$$

mit S = Summe der Spaltbreiten im Schalldämpfer.

Setzt man Gl. (3) in (2) ein, ergibt sich

$$\zeta_s = \frac{S^2}{1 \text{ m}^2} \left(\frac{\Delta p_{sI}}{p_{dM}} - \frac{\Delta p_{sII}}{p_{dM}} \right) \quad (4)$$

Die beiden Verhältnisse $\Delta p_s / \Delta p_{dM}$ sind in erster Näherung konstant und unabhängig von ρ . $\Delta p_s / p_{dM}$ hängt nur von der Breite der Meßstrecke im mittleren Bereich ab und muß deshalb für jede Breite nur einmal bestimmt werden.

Ist ζ_s für einen Schalldämpfer bestimmt, erhält man den Druckverlust Δp in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit im Kullissenspalt U_s aus

$$\Delta p = \zeta_s \frac{\rho}{2} U_s^2 \quad (5)$$

Anwendungsbeispiel

Für die Benutzung des vereinfachten Verfahrens muß zunächst in der leeren Meßstrecke $\Delta p_{sII} / p_{dM}$ bestimmt werden. In **Tabelle 1** sind Meßwerte in der 1 m breiten leeren Meßstrecke von Δp_{sII} und p_{dM} in Abhängigkeit von Q (nach Gl. (1)) aufgetragen.

Mit genügender Genauigkeit ist $\Delta p_{sII} / p_{dM} = 1$. Damit vereinfacht sich Gl. (4) zu

$$\zeta_s = \frac{S^2}{1m^2} \left(\frac{\Delta p_{sI}}{p_{dM}} - 1 \right) \quad (6)$$

Der Summand 1 in der Klammer bedeutet, daß in der Meßstrecke Reibungs- und turbulente Verluste vernachlässigbar sind. Selbst wenn man die Meßstrecke in der Mitte auf 1,2 m erweitert, gilt $\Delta p_{sII} / p_{dM} \approx 1$. Erst wenn die Meßstrecke in der Mitte deutlich verengt wird, treten signifikante Abweichungen von 1 auf, die bei der Berechnung von ζ_s berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 2 zeigt am Beispiel zweier 3 m langen, 0,2 m breiten Kullissen die Berechnung von ζ_s nach Gl. (6). Beim Einbau in die 1 m breite Meßstrecke ergibt sich $S = 0,6$ m.

Man sieht, daß ζ_s für genügend großes Q den konstanten Wert von 0,55 erreicht. Die Abweichungen bei kleinem Q sind in erster Linie auf Meßtoleranzen zurückzuführen. Bereits ein Unterschied von 1 Pa verändert den Wert von ζ_s deutlich. Im **Bild** wird ζ_s nach dem grafischen Verfahren bestimmt. Eingesetzt wurden die Meßwerte aus den beiden Tabellen. Die fast nicht wahrnehmbare Streuung der Meßwerte um die beiden bestangepaßten Geraden zeigt die Qualität der Druckverlustmessungen im Schalldämpfer-Prüfstand des IBP.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, daß das vereinfachte Verfahren zur Bestimmung von ζ_s zu gleichen Werten führt wie das grafische Verfahren. Das vereinfachte Verfahren hat den Vorteil, daß bei größeren Meßserien, wie zum Beispiel der Güteüberwachung von Schalldämpfern, die Auswertzeit deutlich verringert wird. Darüber hinaus hat sich gezeigt, daß das vereinfachte Verfahren eine sehr genaue Bestimmung von ζ_s erlaubt. So läßt sich der Einfluß einer Loch- oder Glattblechabdeckung auf den Druckverlust einer Kullisse aus porösem Material feststellen. Dieses ist mit dem grafischen Verfahren nahezu unmöglich, da die bestangepaßten Geraden praktisch aufeinander fallen.

Literatur

- [1] DIN 45 646. "Messungen an Schalldämpfern in Kanälen." September 1988.
- [2] Ackermann, U.; Fuchs, H.V.: Bestimmung des Druckverlustes im Schalldämpfer-Prüfstand. IBP-Mitteilung 108 (1986).
- [3] Wieland, H.: Zur Problematik von Druck-/Volumenstrommessungen an Raumluftechnischen Anlagen. Teil 2: Vorbereitung und Durchführung von Druck-/Volumenstrommessungen. HLH 35 (1984) 266-270.

Δp_{sII} [Pa]	p_{dM} [Pa]	Q [m ³ /s]	U_M [m/s]	$\frac{\Delta p_{sII}}{p_{dM}}$ [-]
5	5	1,4	2,9	1,00
28	26	3,3	6,6	1,08
78	75	5,6	11,1	1,04
105	100	6,4	12,9	1,05
145	140	7,6	15,2	1,04
210	200	9,1	18,2	1,05
259	251	10,2	20,4	1,03
313	307	11,3	22,5	1,02
390	385	12,6	25,2	1,01
432	426	13,3	26,5	1,01
553	546	15,0	30,1	1,01
619	612	15,9	31,8	1,01
725	715	17,2	34,4	1,01
801	794	18,1	36,2	1,01
882	877	19,0	38,1	1,01
946	936	19,7	39,4	1,01

Tabelle 1: Meßwerte in der 1 m breiten leeren Meßstrecke

Δp_{sI} [Pa]	p_{dM} [Pa]	U_M [m/s]	Q [m ³ /s]	U_s [m/s]	ζ_s [-]
7	3	2,2	1,1	3,7	,48
11	4	2,6	1,3	4,3	,63
34	13	4,6	2,3	7,7	,58
47	18	5,5	2,7	9,1	,58
68	27	6,7	3,3	11,1	,55
110	43	8,4	4,2	14,1	,56
162	64	10,3	5,1	17,2	,55
249	100	12,9	6,4	21,4	,54
302	121	14,1	7,1	23,6	,54
363	143	15,4	7,7	25,6	,55
405	161	16,3	8,2	27,2	,55
468	186	17,5	8,8	29,2	,55

Tabelle 2: Meßwerte mit eingebautem Schalldämpfer

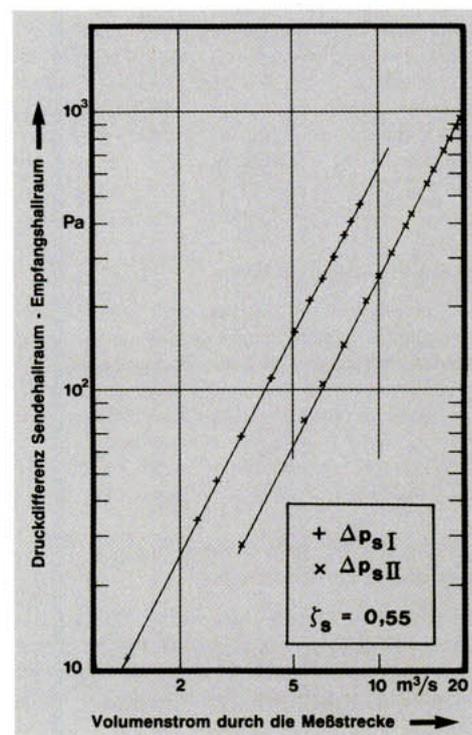


Bild: Bestimmung von ζ_s nach dem grafischen Verfahren



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK
 Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis
 70569 Stuttgart, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00
 83601 Holzkirchen, Postfach 1152, Tel. (08024)643-0
 13053 Berlin, Plauener Str. 163-165, Tel. (030)9783-3115

Herstellung und Druck:
 IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU
 der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart
 Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
 Fraunhofer-Instituts für Bauphysik