

# Lärminderung im Pkw-Innenraum durch Kunststoffschläuche mit Innenwendel

U. Ackermann

Labor für Lärmbekämpfung (LfL) der Märkischen Fachhochschule (MFH), Iserlohn

M. Donner, H.J. Weinheimer

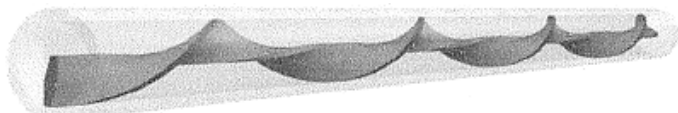
Kunststoffwerk Voerde Hueck & Schade GmbH, Ennepetal-Voerde

Kunststoffschläuche werden in PKW mit Schiebedach eingesetzt, um Wasser, das z. B. bei Regen oder in Autowaschanlagen in die am Fahrzeugdach vorhandenen Spalte eindringt, durch die Fahrzeugsäulen nach unten abzuleiten. Am Wasseraustritt der Schläuche kann der durch Fahrtwind und Reifenrollgeräusche erzeugte Lärm von außen in die Fahrgastzelle eindringen und den Fahrkomfort erheblich beeinträchtigen. In umfangreichen Untersuchungen wurde ein Innenwendelschlauch entwickelt, der die Geräusche deutlich reduziert, und das Wasser genau so gut ableitet, wie der Standardschlauch.

## Aufbau eines Innenwendelschlauchs



**Bild 1** Standardschlauch und Innenwendelschlauch  
Bild 1 zeigt den Querschnitt durch einen Innenwendelschlauch im Vergleich zum Standardschlauch. Der Innendurchmesser beider Schläuche beträgt jeweils  $B = 10\text{mm}$ , die Wandstärke ist  $2\text{mm}$ . Damit ergibt sich ein Außendurchmesser von  $14\text{mm}$ . Die äußeren Pufferrippen des Innenwendelschlauchs vermeiden Klappergeräusche beim Fahren. Die Länge und die Anzahl der Windungen der Wendel pro Meter (siehe in Bild 2) können unterschiedlich eingestellt werden. Durch die Innenwendel ist es unmöglich, durch einen Innenwendelschlauch hindurch zu sehen, selbst wenn er nur eine Windung aufweist.



**Bild 2** Innerer Aufbau eines Innenwendelschlauchs

## Versuchsdurchführung

Die Lärminderung der Schläuche wird durch die Einfügungsdämpfung  $D_e$  nach DIN EN ISO 7235 beschrieben.  $D_e$  ist die Verringerung der Schalleistung durch die Einfügung eines Schlauchs in das Kanalsystem, anstelle eines hartwandigen Substitutionskanals. Für die Messungen steht im LfL ein normgerechter Rohrschalldämpfer-Prüfstand [1] zur Verfügung, der sich bereits bei Untersuchungen an Ansaugschläuchen für Kfz-Motoren bewährt hat.

Die runde Messstrecke des Prüfstands hat einen Innendurchmesser von  $100\text{mm}$ . Da die cut-on Frequenz der 1. Kanalmode erst bei  $2000\text{Hz}$  liegt, wird mit einem stationären Mikrofon auf der Messstreckenachse genau genug gemessen. Dadurch verringern sich der Messaufwand und die Untersuchungskosten erheblich.

Die Schläuche und der Substitutionskanal werden mit Hilfe zweier  $20\text{mm}$  dicker Scheiben aus Pressspan in die Messstrecke eingefügt, wie Bild 3 zeigt. In die Mitte jeder Scheibe wurde ein Loch mit  $14\text{mm}$  Durchmesser gebohrt.

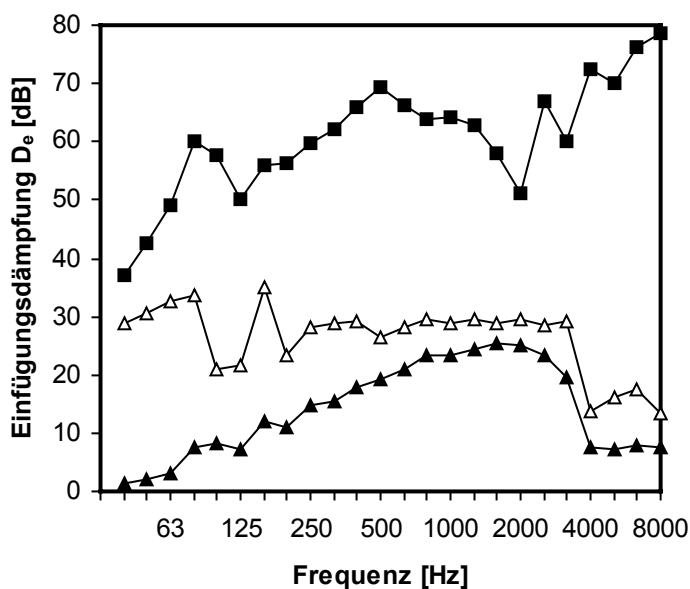


**Bild 3** Einbau eines Schlauchs in die Messstrecke  
Der Substitutionskanal ist ein Eisenrohr mit jeweils der gleichen Länge und dem gleichen Innen- und Außendurchmesser wie der untersuchte Schlauch.

Die Stossstellendämpfung  $D_{S1}$  am Übergang zwischen Messstrecke und Schlauch ergibt sich aus dem Transmissionsgrad  $\tau$  bzw. dem Reflexionsfaktor  $r$  der Schlauchöffnung:

$$D_{S1} = 10 \log \tau = 10 \log(1 - r^2) \quad [\text{dB}]$$

Für hohe Frequenzen konvergiert  $\tau$  gegen das Verhältnis  $\sigma$  der freien Querschnittsflächen von Messstrecke und Übergangstück. Am Ende von offenen Rohren ist der Reflexionsfaktor bei schallweicher Reflexion höchstens  $r = 0,7$ , d.h. die Stossstellendämpfung am Ende des Schlauchs ergibt zusätzlich maximal  $D_{S2\text{max}} = 3\text{dB}$ .



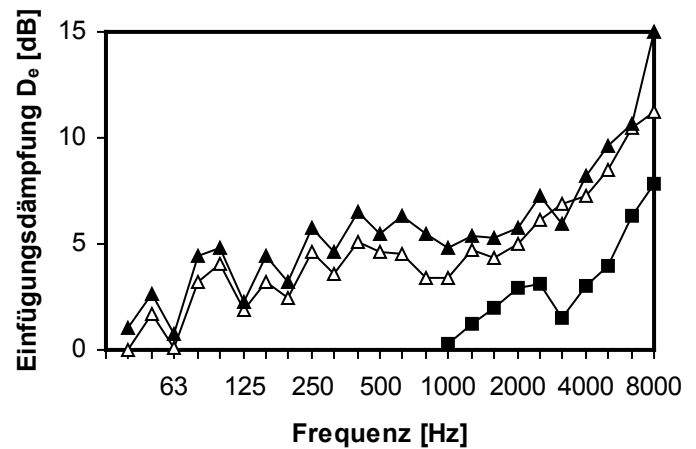
**Bild 4** Dämpfung der Übergangsstücke

- ▲ Lochscheiben allein, Kanallänge  $L = 40\text{mm}$   
 $\sigma = 51 \quad \Rightarrow D_{S1\text{max}} = 10 \log \sigma = 17\text{dB}$
- △ Lochscheiben+Substitutionskanal,  $L = 1,5\text{m}$   
 $\sigma = 100 \quad \Rightarrow D_{S1\text{max}} = 10 \log \sigma = 20\text{dB}$
- Grenzeinfügungsdämpfung  
 beide Öffnungen des 1,5m langen Substitutionskanals mit Terostat dicht verschlossen

Bild 4 verdeutlicht den Einfluss der Übergangsstücke auf die Messergebnisse. Bei Wellenlängen von  $\lambda/2$  und den Harmonischen geraten Substitutionskanal und Schläuche in Resonanz, und lassen z.B. für  $L = 1,5\text{m}$  Schall bei  $f = 113\text{Hz}$ ,  $f = 226\text{Hz}$  usw. durch. Bei allen anderen Frequenzen sperrt der Kanal den Schall zusätzlich zur Stossstellendämpfung. Nur bei genau gleichen Längen und Innen-

durchmessern von Substitutionskanal und Schlauch sind die Messergebnisse deshalb brauchbar.

### Messergebnisse



**Bild 5** Dämpfung von Innenwendelschläuchen

Länge  $L = 2\text{m}$ , Innendurchmesser  $B = 10\text{mm}$

- Standardschlauch
- △ Innenwendelschlauch mit 13 Windungen
- ▲ Innenwendelschlauch mit 16 Windungen

Standardschlauch und Innenwendelschlauch bestehen aus dem gleichen Kunststoff. Da der starre Substitutionskanal keinen Schall absorbiert, ergibt sich die Dämpfung  $D$  des Standardschlauchs aus der Pieningschen Formel für absorbierende Rohre:

$$D = 6\alpha L/B \quad [\text{dB}]$$

Wird der Schallabsorptionsgrad  $\alpha$  aus gemessenen Dämpfungswerten bestimmt, liegt  $\alpha$  in der gleichen Größenordnung, wie in Kanälen mit PVC-Wänden (nach [2]). Die höhere Dämpfung der Innenwendelschläuche beruht auf zusätzlicher Reflektion des Schalls an der Innenwendel. Experimente mit unterschiedlichen Windungslängen in einem Schlauch ergaben keine weitere Verbesserung der Dämpfung. Messungen an gekrümmten Schläuchen zeigen keine signifikante Änderung der Dämpfung.

[1] U. Ackermann, T. Wilde: Kleinprüfstand für Rohrschalldämpfer. Fortschr. der Akustik, DAGA'94

[2] W. Fasold, E. Sonntag, H. Winkler: Bau- und Raumakustik. VEB Verlag für Bauwesen 1987