

Jürgen Nickel,  
Mette Husted

# Auslegung von Kanalschalldämpfern

**Die akustischen Anforderungen an Lüftungsanlagen sind in den letzten Jahren gestiegen. Dies erfordert eine genauere Berechnung sowie exakte Daten für die Einfügungsdämpfung und Schallgenerierung der eingesetzten Kanalschalldämpfer. Der Beitrag beschreibt Probleme bei der Ermittlung der technischen Daten nach den verschiedenen Normen und die Auswirkungen auf die Auslegung.**

## Dimensioning of ducted silencers

Demands to noise from ventilation systems have become stricter. Therefore correct catalogue data for sound attenuation and generation of the silencers has become increasingly important. This article describes problems with the measurements according to different standards and the impact on the dimensioning.

*Keywords:* acoustic, ventilation, silencer, insertion loss, attenuation

## Einleitung

Die Anforderungen an die akustische Auslegung von Lüftungsanlagen sind in den letzten Jahren stark gestiegen. Einerseits werden in den Räumen geringere Schallpegel angestrebt und andererseits bewirkt der verstärkte Konkurrenzdruck, dass die eingesetzten Schalldämpfer nicht wesentlich überdimensioniert werden können. Dementsprechend gewinnen reproduzierbare, nach entsprechenden Standards ermittelte technische Daten zunehmend an Bedeutung. Die für die Auslegung wichtigsten Daten von Kanalschalldämpfern sind die Einfügungsdämpfung  $\Delta L$ , der im Schalldämpfer generierte Strömungsschalleistungspegel  $L_W$  sowie der Druckverlust  $\Delta p$  über den Schalldämpfer.

Um den Anforderungen an die technischen Daten der Lüftungskomponenten als Grundvoraussetzung für eine exakte akustische Auslegung zu entsprechen, hat Lindab 1999/2000 ein neues akustisches Labor zur Messung von Kanalschalldämpfern in Betrieb genommen, das die Anforderungen des ISO 7235 Standards [1] erfüllt. Dieser Standard beschreibt detailliert die Messmethoden zur Ermittlung von  $\Delta L$ ,  $L_W$  und  $\Delta p$  in einem gemeinsamen Versuchsaufbau, während viele andere Standards nur die Ermittlung der Einfügungsdämpfung beschreiben.

## Messmethode

Die Messungen werden nach der sogenannten Substitutionsmethode durchgeführt. Bei der Bestimmung der Einfügungsdämpfung wird zunächst ein leeres Kanalstück (Substitutionskanal) mit gleichem Anschlussdimensionen wie der zu untersuchende Schalldämpfer in die Teststrecke eingebaut. Im Lautsprecherraum wird ein Breitbandrauschen erzeugt und das durch die Teststrecke zum Hallraum übertragene Geräusch wird in Terzbändern gemessen. Anschließend wird der Substitutionskanal

mit dem Schalldämpfer ausgetauscht und die Messungen werden mit gleichem Breitbandrauschen vom Lautsprecherraum wiederholt. Die Differenz der Messwerte im Hallraum ist die gewünschte Einfügungsdämpfung  $\Delta L$  in den einzelnen Terzbändern. Die Messungen können dabei bei verschiedenen Volumenströmen durch den Schalldämpfer durchgeführt werden. Das im Hallraum gemessene Geräusch (Schalldruckpegel) bei ausgeschalteter Schallquelle im Lautsprecherraum ist ein Maß für das erzeugte Strömungsgeräusch und lässt sich entsprechend dem Standard direkt in den generierten Schalleistungspegel des Schalldämpfers umrechnen. Dazu ist es notwendig, das die Übergangs- und Anschlussstücke vom Kanal zum Hallraum und zum Lautsprecherraum entsprechend dem Standard mit relativ geringen Querschnittsänderungen (Winkel  $\leq 12^\circ$ ) ausgeführt werden. Dies erfordert allerdings lange Anschlussstücke, wenn der zu messende Kanalquerschnitt stark variiert werden soll. Lindab hat mit einer Gesamtlänge von 21 m zwischen dem Lautsprecherraum und dem Hallraum eine der zur Zeit längsten Messstrecken für Schalldämpfermessungen zur Verfügung [2] und kann damit Kanalquerschnitte von  $\varnothing 80$  mm bis zu 1,8 m Breite entsprechend dem ISO 7235 Standard realisieren.

## Frequenzspektren in Lüftungsanlagen

Akustische Berechnungen in Lüftungsanlagen werden normalerweise in Oktavbändern von 63 Hz (Centerfrequenz) bis 8000 Hz durchgeführt. Bei der Auslegung von Schalldämpfern sind dabei oft die Oktavbänder 125 Hz und 250 Hz ausschlaggebend.

Zur Zeit existieren verschiedene nationale und internationale Messmethoden und Standards zur Ermittlung von  $\Delta L$ ,  $L_W$  und  $\Delta p$ . Die meisten älteren Standards fordern entsprechend der

Dr.-Ing. J. Nickel, Frederiksberg C, Dänemark,  
M. Sc. M. Husted, Lindab, Farum, Dänemark



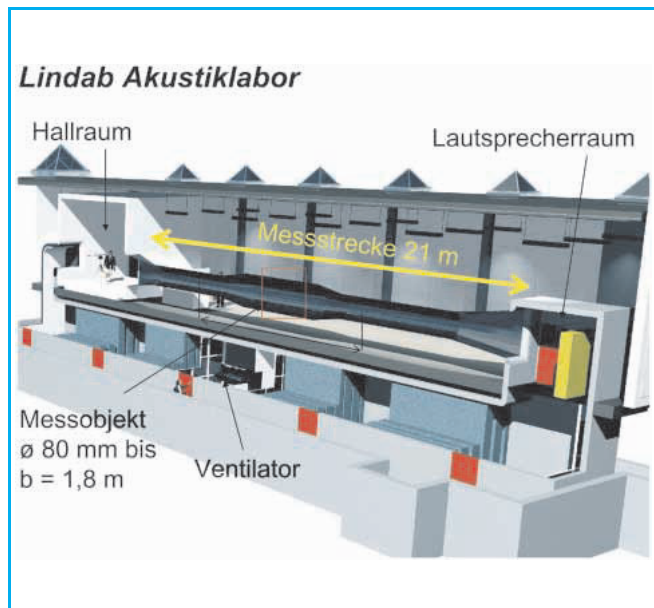
**KI** Kälte · Luft ·  
**Klimatechnik**  
INGENIEURWISSEN IN FORSCHUNG UND PRAXIS



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
[ki-portal.de](http://ki-portal.de)!

**Hier klicken & informieren!**





**Bild 1: Schematischer Aufbau des Labors**

Auslegungspraxis und dem damaligen Stand der Messtechnik Messungen der Einfügungsdämpfung  $\Delta L$  und des Strömungsgeräusches  $L_W$  in Oktavbändern. Eine genaue Analyse der technischen Daten zeigt jedoch, dass insbesondere die Einfügungsdämpfung innerhalb jedes einzelnen Oktavbandes stark variieren kann. Besonders stark tritt dies in den wichtigen Oktavbändern 125 Hz (von 90 Hz bis 180 Hz) und 250 Hz (von 180 Hz bis 355 Hz), was weiter unten näher erläutert wird. Dementsprechend fordern neue Standards wie z.B.

ISO 7235 (Messung der Einfügungsdämpfung und des Strömungsgeräusches von Kanalschalldämpfern) die Messung der akustischen Eigenschaften in Terzbändern, d.h. jedes Oktavband wird in 3 Terzbänder unterteilt. Auch bei anderen bauakustischen Messungen und Berechnungen, wie z.B. der Schalldämmung von Wänden und Zwischendecken nach ISO 140, werden Terzbänder zur Bewertung der frequenzabhängigen Eigenschaften gefordert.

Am Beispiel eines Schalldämpfers mit den im Bild 4 abgebildeten Einfügungs-

dämpfungswerten soll der Einfluss der Frequenzbandbreite bei der Messung (Oktavband oder Terzband) sowie der Einfluss des angewandten Testgeräusches gezeigt werden.

Diese Frequenzverteilung der Einfügungsdämpfung mit maximalen Werten im mittleren Frequenzbereich (500 Hz bis 2000 Hz) ist typisch für praktisch alle in der Lüftungstechnik eingesetzten Absorptionsdämpfer. Der Abfall der Dämpfungswerte im oberen Frequenzbereich ( $> 2000$  Hz) ist dabei in der Praxis ohne Bedeutung, da man in diesem Bereich immer genügend Dämpfung im Kanalsystem hat. Im unteren Bereich dagegen resultiert dieser typische Abfall darin, dass oft wie oben erwähnt der Frequenzbereich von ca. 100 Hz bis 400 Hz für die Auslegung ausschlaggebend ist. Bei noch geringeren Frequenzen ( $> 100$  Hz) tritt dagegen hauptsächlich durch die Mündungsreflexion zum Raum hin wieder eine größere Dämpfung im gesamten System auf, so dass diese Frequenzen meist nicht dimensionierend sind. Im Bild 5 ist dies grafisch dargestellt.

### Frequenzbandbreite und Testgeräusch

Bei den meisten Standards wird als Testgeräusch ein Breitbandrauschen empfohlen (z.B. ISO 7235 [1], BS 4718 [3]). Im amerikanischen ASTM E 477-99

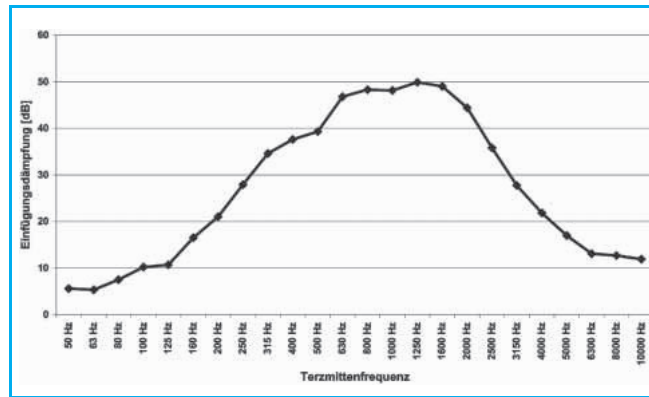


**Bilder 2 + 3: Lindab Akustiklabor – Messung von Kanalschalldämpfern nach ISO 7235 links – Messstrecke rechts – Hallraum**

[4] ist das Rauschen genauer als „Pink Noise“ (gleicher Schalleistungspegel pro Frequenzband) definiert.

Allerdings wird dabei nur das vom Lautsprecher ausgesendete Signal definiert, und nicht der tatsächlich im Hallraum gemessene Schalldruckpegel. Durch die verschiedenen Reflexionen und Dämpfungen vom Lautsprecher in den Testkanal, im Testkanal, in der Mündung des Testkanals sowie im Hallraum ergibt sich aber je nach Laboraufbau und Ausführung der Übergangsstücke ein unterschiedliches Frequenzspektrum, das die Messungen bei Anwendung von Oktavbandfiltern beeinflusst.

Generell ist der Einfluss der eingesetzten Schallquelle um so geringer, je schmaler die Frequenzbänder bei der Messung sind. Bei Messungen in Terzbändern kann man davon ausgehen, dass der Einfluss vernachlässigbar ist, da die meisten Dämpfer innerhalb jedes Terzbandes ein relativ gleichmäßiges Dämpfungsverhalten aufweisen. Bei Oktavbandmessungen kann jedoch durch geeignete Wahl der Frequenzverteilung des Testrauschens das Messergebnis positiv manipuliert werden. Dies wurde bei Messungen nach alten Standards wie z.B. einem alten DIN-Standard, der das eingesetzte Rauschen nicht genauer spezifiziert, teilweise bewusst ausgenutzt. Die Schalldämpferhersteller, die bereits nach dem ISO 7235 Standard die Einfügungsdämpfung dokumentieren, mussten dementsprechend ältere Katalogwerte korrigieren und geringere Dämpfungswerte in Kauf nehmen.



**Bild 4 - Einfügungsdämpfung SLGU Ø 200**

In Tabelle 1 wird der Einfluss des Testrauschens für das 250 Hz Oktavband dargestellt.

Beim Beispiel mit einem manipulierten Testrauschen wird durch das sehr viel höhere Schallpegelniveau im 315 Hz Terzband bei der Oktavbandanalyse dieses Terzband stark überbewertet. Da dieses Terzband einen sehr viel höheren Dämpfungswert aufweist als die beiden anderen des 250 Hz Oktavbandes, führt eine Oktavbandmessung im gezeigten Beispiel zu einem fast 8 dB höherem Oktavbandwert als bei einer korrekten Messung in Terzbändern und anschließender Berechnung des Oktavbandwertes.

Dieses Beispiel zeigt deutlich, dass Messungen der Einfügungsdämpfung in Terzbändern durchgeführt werden müssen, wenn man exakte und reproduzierbare Werte erhalten möchte.

### Einfügungsdämpfung bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Strömungsgeräusch

Oftmals wird diskutiert, ob die Einfügungsdämpfung in Kanalschalldämpfern von der Luftströmungsgeschwindigkeit im Schalldämpfer beeinflusst wird. Im Lindab Labor sind dazu viele Messungen durchgeführt worden, von denen ein Beispiel im Bild 6 dargestellt ist.

Die Messungen zeigen nur minimale Unterschiede in der Einfügungsdämpfung. Vergleicht man übliche Strömungsgeschwindigkeiten in Lüftungsanlagen (normal 3–10 m/s, selten bis zu 15–20 m/s) mit der Schallgeschwindigkeit (ca. 340 m/s bei Raumtemperatur), so werden diese Ergebnisse auch plausibel. Aus diesen Überlegungen sowie den Erfahrungen aus vielen Messungen bei

**Tabelle 1: Einfluss des Testrauschens für das 250 Hz Oktavband**

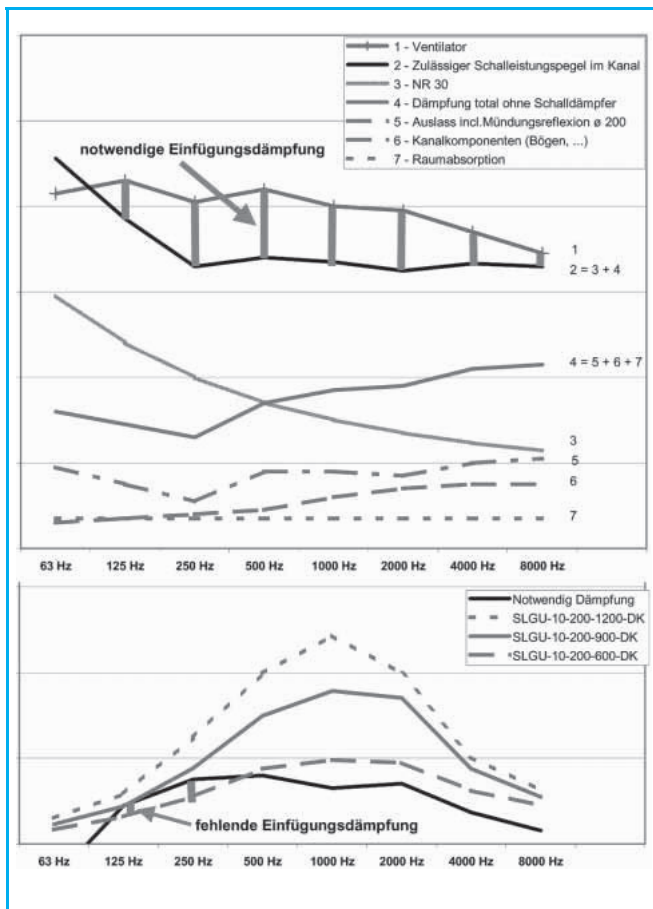
Messung Einfügungsdämpfung in Terz- und Oktavbändern	„Pink Noise“				manipuliert „Broadband Noise“			
	Terz			Oktav	Terz			Oktav
	200 Hz	250 Hz	315 Hz	250 Hz	200 Hz	250 Hz	315 Hz	250 Hz
Schalldruckpegel Hallraum mit Sub.kanal $L_{p,sub}$	75.0	75.0	75.0	<sup>B</sup> 79.8	65.0	75.0	85.0	<sup>B</sup> 85.5
Schalldruckpegel Hallraum mit Dämpfer $L_{p,Dämp}$	54.0	47.1	40.4	<sup>B</sup> 55.0	44.0	47.1	50.4	<sup>B</sup> 52.7
Einfügungsdämpfung SLGU-Ø 200 $\Delta L_E$	<sup>A</sup> 21.0	<sup>A</sup> 27.9	<sup>A</sup> 34.6	<sup>A</sup> 24.8	<sup>A</sup> 21.0	<sup>A</sup> 27.9	<sup>A</sup> 34.6	<sup>A</sup> 32.8
Berechnung Oktavdämpfung aus Terzwerten		<sup>C</sup> 24.8				<sup>C</sup> 24.8		
Unterschied Terz-/Oktavbandmessung				0.0				7.9

$$\Delta L_E = L_{p,sub} - L_{p,Dämp}$$

$$L_{250,okt} = 10 \cdot \log \left( 10^{L_{200,terz}/10} + 10^{L_{250,terz}/10} + 10^{L_{315,terz}/10} \right)$$

$$\Delta L_{250,okt} = -10 \cdot \log \left[ \frac{1}{3} \cdot \left( 10^{-\Delta L_{200,terz}/10} + 10^{-\Delta L_{250,terz}/10} + 10^{-\Delta L_{315,terz}/10} \right) \right]$$

- (A) Luftgeschwindigkeiten im genannten Bereich kann gefolgert werden, dass
- (B) bei normalen Lüftungsanlagen die Einfügungsdämpfung praktisch nicht von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt.
- (C)



**Bild 5: Frequenzspektren in Lüftungsanlagen**

Allerdings darf diese Konklusion nicht auf die tatsächlich erreichbare Schallpegelminderung durch den Schalldämpfer in einer konkreten Anlage übertragen werden. Im Gegensatz zur genau definierten Einfügungsdämpfung, die im Labor bei beliebigen, sehr hohen Testschallpegeln ermittelt wird, überlagert sich in einer realen Anlage das durch den Dämpfer reduzierte Kanalgeräusch mit dem im Schalldämpfer generierten Strömungsrauschen. Dies sei an folgendem Beispiel (Bild 7) und nachfolgender Tabelle 2 im 630 Hz Terzband erläutert:

Obwohl der Dämpfer in der betrachteten Frequenz 630 Hz eine Einfügungs-

dämpfung von 56 dB aufweist, wird im konkreten Fall bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 15 m/s nur eine effektive Schallpegelreduktion von 39 dB erreicht. Diese effektive Schallpegelreduktion ist sowohl von der Strömungsgeschwindigkeit aber auch vom Niveau des Kanalgeräusches abhängig. Wäre im Beispiel das Kanalgeräusch 100 dB, so würde die effektive Reduktion 52 dB betragen.

Aus den gezeigten Beispielen lässt sich folgern, dass der Einfluss der Strömungsgeschwindigkeit auf die Einfügungsdämpfung vernachlässigbar ist. Bei der konkreten Auslegung einer Lüf-

tungsanlage muss jedoch auch das Strömungsgeräusch berücksichtigt werden, da es keinen Sinn macht, einen Schalldämpfer in Bezug auf die Einfügungsdämpfung überzudimensionieren, wenn gleichzeitig das Strömungsrauschen die effektive Schallpegelreduktion begrenzt.

### Katalogdaten

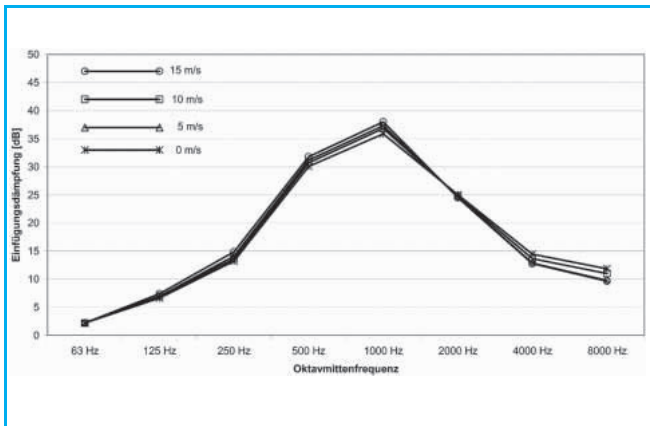
Die bekannten Standards zur Bestimmung der Einfügungsdämpfung beschreiben mehr oder weniger genau, wie ein konkreter Schalldämpfer zu messen ist. Aussagen über andere Baugrößen werden in den Standards nicht gemacht. Da es sowohl in den Querschnittsabmessungen als auch in den Längen eine unbegrenzte Vielfalt gibt, ist es in der Praxis nicht möglich, alle Baugrößen, die oft projektspezifisch angepasst werden, durchzumessen. Hier bleibt es leider jedem Hersteller selbst überlassen, aus wie vielen Messungen die restlichen Baugrößen berechnet werden. Auch gibt es keine verlässlichen Literaturangaben dazu, wie von einer zur nächsten Baugröße umgerechnet werden kann. Ein Vergleich der bei Lindab getesteten verschiedenen Baugrößen hat ergeben, dass Extrapolationen sehr vorsichtig vorzunehmen sind. Gerade bei Kulissenschalldämpfern sollten mindestens 3–4 parallele Kulissen getestet werden, was zu einer Mindestbreite von ca. 1 m führt.

Ein weiteres Problem beim Vergleich von Katalogdaten verschiedener Hersteller ist die unterschiedliche Handhabung der Messtoleranzen und der Einfluss der verschiedenen Einbausituationen im Labor und in der Praxis. Beim ISO 7235 Standard werden durch die geforderten langen Übergangsstücke in einem weiten Frequenzbereich ebene Schallwellen erzeugt, die in Bezug auf das Dämpfungsverhalten die schwierigsten Bedingungen schaffen. Dadurch ist sichergestellt, dass in der Praxis mindestens die im Labor ermittelten Dämpfungswerte erreicht werden. Bei anderen Standards werden nicht so strenge Anforderungen gestellt. In [5] gibt es Angaben zur Verbesserung der Einfügungsdämpfung bei diffusen Schallwellen, wie sie hinter verschiedenen Einbauten und Richtungsänderungen auftreten können.

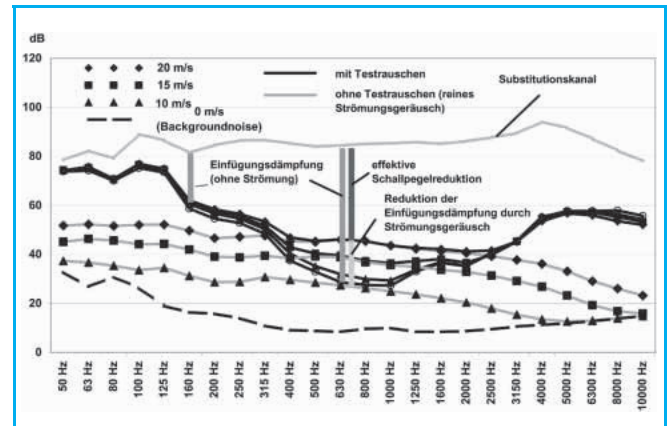
In einigen Ländern werden die Messwerte aus den Labormessungen noch korrigiert, bevor sie als Katalogwerte publi-

**Tabelle 2: Einfügungsdämpfung und effektive Schallpegelreduktion**

1 Schallpegel mit Substitutionskanal und Testrauschen		85 dB
2 Einfügungsdämpfung des Schalldämpfers		56 dB
3 Schallpegel mit Dämpfer und Testrauschen, ohne Strömung	(85 – 56) dB	29 dB
4 Strömungsgeräusch bei 15 m/s		46 dB
5 Summe 3 + 4 (mit Strömung 15 m/s und Testrauschen)	log. Addition 29 dB + 46 dB	46 dB
6 Effektive Schallpegelreduktion	(85 – 46) dB	39 dB



**Bild 6: Einfügungsdämpfung bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten Schalldämpfer mit großem freien Querschnitt**



**Bild 7: Einfügungsdämpfung bei verschiedenen Luftgeschwindigkeiten Kulissenschalldämpfer mit geringem freien Querschnitt**

ziert werden. Im Prüfbericht eines englischen Akustik Labors werden die genannten Korrekturen [5] als „Random Incidence Correction for Normal Site Conditions“ im Bereich 3 dB (125 Hz), 6 dB (250 Hz) bzw. 9–10 dB (500–8000 Hz), sowie die Messunsicherheit 2–3 dB zu den tatsächlichen Messwerten addiert, so dass die Katalogwerte bis zu 12 dB höher als die tatsächlichen Messwerte sind. Dies wird im Prüfbericht als „adjusted in the normal fashion for publication“ erläutert. Hier bleibt nur abzuwarten, ob diese Form der Katalogangaben auch dann noch zu brauchbaren Ergebnissen führen, wenn bei der Berechnung der Anlagen alle Komponenten berücksichtigt werden und dadurch die extra Sicherheiten verschwinden.

**Konklusion**

Auch wenn es (zu) viele Standards für die Messung von Kanalschalldämpfern gibt, sichern diese noch lange nicht, dass Katalogdaten verschiedener Hersteller ver-

gleichbare Daten aufweisen. Der inzwischen in neuer Fassung von 2001 gültige ISO-Standard 7235 sollte von allen Herstellern als Grundlage für die Messungen und Dokumentation der technischen Daten angewandt werden, um vergleichbare Katalogdaten zu erhalten. Bei Vergleichsmessungen des selben Schalldämpfers im Fraunhofer Institut für Bauphysik in Stuttgart, der staatlichen Prüfungsanstalt in Borås in Schweden sowie dem Lindab Labor (alle nach dem ISO 7235 Standard) wurde eine sehr gute Übereinstimmung der Messwerte gefunden.

Da nicht alle Schritte vom Produkt über die Labormessung bis zu den endgültigen Katalogdaten standardisiert sind, hat das know-how und die technische Ausstattung des Schalldämpferherstellers weiterhin eine große Bedeutung. Bei wichtigen Projekten mit hohen akustischen Anforderungen ist eine Überprüfung der konkreten Situation nach wie vor zu empfehlen. Durch den notwendigen Platzbedarf und die oft

schwer zugänglichen Installationen können bei Problemen in ausgeführten Anlagen sonst notwendige Nachrüstungen fast unmöglich werden oder unverhältnismäßig teuer sein.

**Literatur**

- [1] ISO 7235 Acoustics – Laboratory measurement procedures for ducted silencers and air-terminal units – Insertion loss, flow noise and total pressure loss (1995)
- [2] Lindab Sound Laboratory – for measuring silencers according to ISO 7235 (2000)
- [3] BS 4718 Methods of test for silencers for air distribution systems (1971)
- [4] ASTM E 77-99 Standard Test Method for Measuring Acoustical and Airflow Performance of Duct Liner Materials and Prefabricated Silencers (1999)
- [5] Noise Control in Building Services by Allan Fry (1987) ISBN:0080340679

**Schlüsselwörter**

Akustik  
 Lüftung  
 Schalldämpfer  
 Einfügungsdämpfung