



# Schalldämpfer in Lüftungstechnischen Anlagen

## Liefert die 250Hz - Methode aussagekräftige Ergebnisse?

Dipl.-Ing. Diethard Niehoff

**Der Ventilator ist die bedeutendste Lärmquelle in Lüftungstechnischen Anlagen. Das Geräuschspektrum reicht von tiefsten, gerade noch als Schall wahrnehmbaren Frequenzen bis zu über 10.000Hz. Zur Geräuschreduzierung werden Schalldämpfer eingesetzt. Sowohl das Spektrum des Ventilators als auch die Dämpfung des Schalldämpfers sind von der konstruktiven Gestaltung, den Abmessungen und den Betriebsparametern abhängig, und zwar in Bezug auf die Lage kritischer ebenso wie günstiger Frequenzbereiche. Hinzu kommen die frequenzabhängigen Einflüsse bei der Schallausbreitung im Kanalnetz. In Anbetracht dieser Zusammenhänge ist absehbar, dass die Auslegung von Schalldämpfern auf lediglich 250Hz zwangsläufig zu Fehlern führen muss.**

Das häufig in der Praxis anzutreffende Kurzverfahren nach der 250Hz - Methode sollte durch die Pegelrechnung in Oktaven im Bereich von 63Hz bis 8kHz ersetzt werden.

### Der Einfluss des Geräuschspektrums auf die Wirksamkeit von Schalldämpfern

Das Spektrum von Ventilatoren ist breitbandig mit typ- und konstruktionsbedingten Besonderheiten. Bei Ventilatoren mit rückwärtsgekrümmten Schaufeln bleibt das Spektrum im Bereich der tiefen Frequenzen nahezu konstant und fällt nach hohen Frequenzen hin stetig ab. Das Spektrum von Axialventilatoren hingegen fällt nach tiefen und hohen Frequenzen ab, besitzt hingegen also im mittleren Frequenzbereich ein Maximum. Die Drehzahl beeinflusst bei allen Ventilatorarten die Lage der Spektren in Bezug auf die Frequenzachse (siehe Abb.1).

Hinzu kommen drehzahlabhängige tonale Komponenten: Drehklang mit Obertönen. Zwischen Ventilator und

Schalldämpfer befindliche Bauteile bzw. die Nutzung des Schalldämpfers als Sekundärschalldämpfer beeinflussen das Geräuschspektrum nochmals. Aufgrund des frequenzabhängigen Dämpfungsverhaltens folgt zwangsläufig, dass der Schalldämpfer auf verschiedene Geräuschpegel

beizupunkt einen bis 10dB höheren Schall-Leistungspegel erzeugen als Radialventilatoren, schneidet der Axialventilator hinsichtlich des Dämpfungsaufwandes erheblich besser ab [1], [2]. Schalldämpfer, insbesondere Kullissenschalldämpfer, können durch konstruktive Maßnah-

dB(A)] des gedämpften Geräusches möglichst niedrig wird. Beispielsweise ist der Einsatz von Kulissen mit einer Dicke von 100 mm für die Dämpfung hoher Frequenzen wesentlich effektiver, während für sehr tiefe Frequenzen mindestens 300 mm dicke Kulissen oder Resonanzkulissen die bessere Wahl darstellen. Um diese Optimierung durchzuführen, muss das gesamte, technisch interessante Frequenzband in die Rechnung einbezogen werden. Das betrifft in den meisten Fällen den Bereich von 63Hz bis 8kHz.

### Welche Rolle spielt die A-Bewertung?

Das menschliche Gehör ist im mittleren Frequenzbereich am empfindlichsten. Tiefe Frequenzen werden deutlich leiser wahrgenommen. Diese Tendenz wird im Schallpegelmessung durch die A-Bewertung nachgebildet. Die gehörliche Bewertung in dB(A) kann nur auf ein hörbares Schallereignis angewendet werden, nicht aber auf die Dämpfung eines Schalldämpfers an sich. Ein Schalldämp-

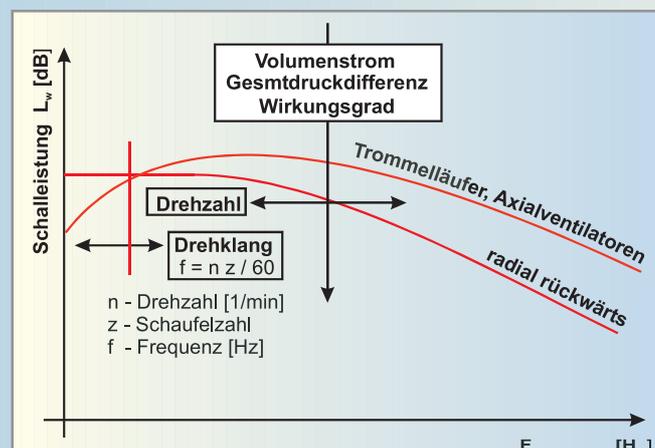


Abb.1 Schall-Leistungsspektrum von Ventilatoren (Prinzip)

gleicher Lautstärke mit unterschiedlichen Summenpegeln am Schalldämpferausgang reagiert. So kann ein Absorptionsschalldämpfer das Geräusch eines Axialventilators deutlich besser dämpfen, als das eines gleich lauten Radialventilators. Obwohl Axialventilatoren im gleichen Ar-

men auf das Spektrum der Schallquelle abgestimmt werden. Neben der Nutzung unterschiedlicher Wirkprinzipien, wie Absorptions- und Resonanzmechanismen, ist es möglich, Spaltmaß und Kullissendicke so zu optimieren, dass der Summenpegel [in

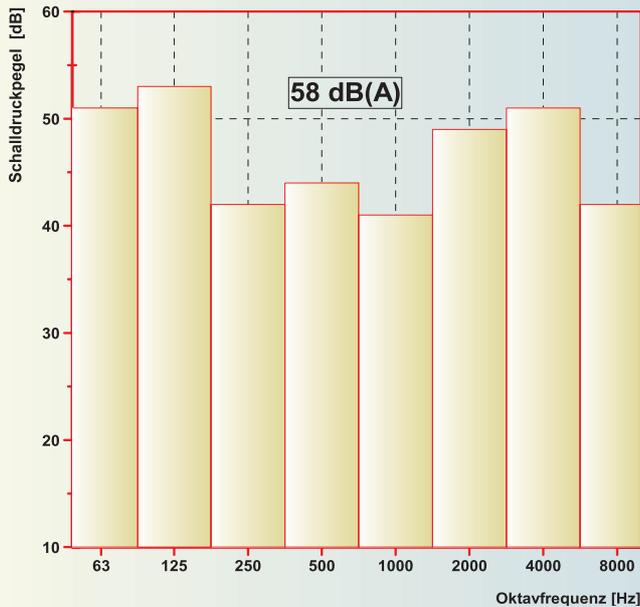


Abb. 2 A-bewertetes Oktavspektrum zum 1. Beispiel, Schalldämpferlänge 1500 mm

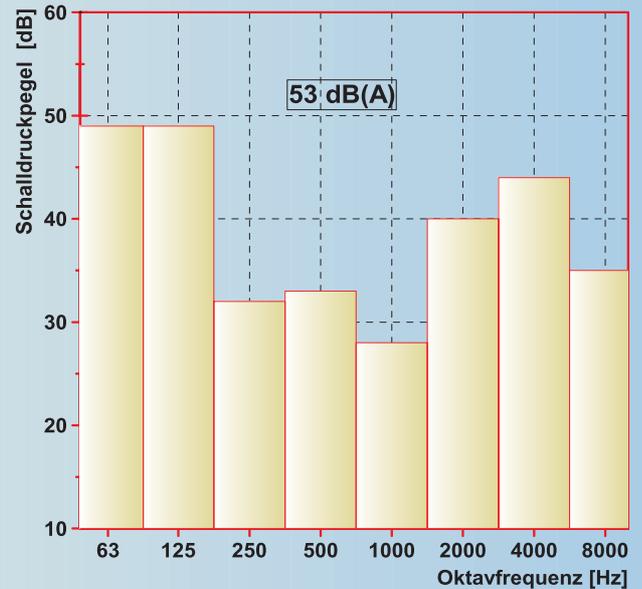


Abb. 3 A-bewertetes Oktavspektrum zum 2. Beispiel, Schalldämpferlänge 2000 mm

fer kann ein bestimmtes Geräusch um z.B. 20dB(A) dämpfen, in anderen Fällen wird der gleiche Schalldämpfer je nach spektraler Zusammensetzung des Geräusches vielleicht nur 10dB(A) Pegelabsenkung erreichen.

Die A-Bewertung führt dazu, dass die schlechte

Dämpfung von Absorptions-schalldämpfern bei tiefen Frequenzen im Ergebnis etwas kompensiert wird. Bei sehr kurzen Schalldämpfern erscheint deshalb das gedämpfte, A-bewertete Geräusch hinter einem Radialventilator mit rückwärts gekrümmten Schaufeln nahezu

linear, d.h., alle Oktavfrequenzen sind etwa gleichmäßig belegt. Je höher die Dämpfung ist, desto ausgeprägter wird die „Wannenform“ des Spektrums hinter dem Schalldämpfer, desto stärker treten besonders die tiefen Frequenzen unterhalb 250Hz in Erscheinung. Bei hohen Schall-

schutzforderungen und in Verbindung mit Radialventilatoren wird der A-bewertete Summenpegel am Messort deshalb von tiefen Frequenzen (< 200Hz) bestimmt, es sei denn, dass Strömungsgeräusche an Drosselklappen, am Auslass usw. die eigentliche Geräuschursache darstellen. Die Bekämpfung tieffrequenter Geräusche im Bereich bis 200Hz ist eine wichtige Aufgabe der Lüftungstechnik, da dies erfahrungsgemäß schwierig ist und es nicht selten trotz Einhaltung des vorgeschriebenen A-bewerteten Summenschalldruckpegels zu Beanstandungen kommt [3].

Es sei angemerkt, dass die A-Bewertung zwar die Lautstärkeempfindung näherungsweise nachbildet, jedoch können gleich laute Geräusche unterschiedlich lästig sein. Deshalb ist zu beachten, dass zum Messwert in einer konkreten Geräuschsituation noch Zuschläge addiert werden, die beispielsweise die Tonhaltigkeit des Geräusches (Drehklang!) berücksichtigen (siehe **TA-Lärm**). Weiterhin

**1. Beispiel:**

a) 250Hz-Methode:

Ventilator: Summenpegel 80dB(A),  
Schalldämpfer mit 30dB (250Hz) ➔ 50dB(A)

Die gleiche Rechnung in Oktaven, wobei praxisnahe Werte für das Ventilatorspektrum (Verlauf nach **VDI 2081**) und den Schalldämpfer eingesetzt wurden:

b) Pegelrechnung in Oktaven:

Oktavfrequenz	[Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Ventilatorspektrum	[dB]	81	81	81	77	75	70	65	60
A -Bewertung	[dB]	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
K-200T-950x1000x1500-3 *)	[dB]	-4	-12	-30	-30	-34	-22	-15	-17
Pegeladdition	[dB]	51	53	42	44	41	49	51	42

Summenpegel 58 dB(A)

Wie die Pegelrechnung über alle Oktaven zeigt, werden als Gesamtergebnis lediglich 58dB(A) erreicht, also 8dB mehr, als nach der 250Hz-Methode zu erwarten gewesen wäre. Der Grund: Der Summenpegel wird in diesem Beispiel durch die Oktavfrequenzen 125Hz sowie 4kHz, 63Hz und 2kHz bestimmt. Die Pegeladdition dieser Anteile ergibt 58dB(A). Der Pegel bei 250Hz liegt deutlich unter diesem Wert und liefert keinen nennenswerten Beitrag zum Summenpegel, wie auch leicht aus der Darstellung des Spektrums erkennbar ist (Abb.2).



gibt es zur Bewertung sehr tieffrequenter Geräusche im Bereich < 90 Hz spezielle Vorschriften (**DIN 45680**), welche von der üblichen A-Bewertung abweichen und der Lästigkeit dieser Geräusche besondere Bedeutung beimessen [3], [4], [5].

## 250Hz-Dämpfungsforderung - bestimmender Maßstab für Schalldämpfer?!

Es war einmal...

In einer Zeit, als es noch keine PCs und erst recht keine für jedermann zugängliche Software gab, musste die Zusammenfassung der Oktavwerte zum Summenpegel in dB(A) mit Zahlentafeln, Rechenstab oder graphischen Methoden erfolgen. Kein Wunder also, dass eine Vereinfachung sehr willkommen war und dankbar angenommen wurde: das Rechnen mit einer Zahl anstelle der andernfalls notwendigen acht Oktavwerte. Der Nachteil: Diese Methode ist zwangsläufig mit erheblichen Einbußen an Genauigkeit verbunden oder liegt vollkommen daneben.

Natürlich gibt es auch Fälle, bei denen die 250Hz tatsächlich dominieren, aber eines ist klar: Die 250Hz - Methode kann gründlich daneben gehen!

### Schalldämpferdimensionierung in Oktaven sollte selbstverständlich sein

Im Folgenden werden nochmals die wichtigsten Gründe genannt, weshalb die Auslegung von Schalldämpfern in Oktaven erfolgen sollte:

► Das Ventilatorgeräusch ist nicht nur auf **eine** Frequenz beschränkt, sondern er-

## 2. Beispiel:

Nehmen wir an, eine vorhandene Anlage mit einem Schalldämpfer wie beschrieben ist zu laut. Der Messwert beträgt 58dB(A) am Nachweisort. Der vorhandene Schalldämpfer muss verlängert werden, so dass maximal 50dB(A) am Nachweisort erreicht werden. Wie lang muss der zusätzliche Schalldämpfer sein?

### a) 250Hz-Methode:

Der Schalldämpfer müsste zusätzlich 58 - 50, also 8dB bei 250Hz erbringen. Ein 500mm langes Stück des Schalldämpfers mit dem o. a. Querschnitt und 3 Kulissen bringt bei 250Hz bereits 10dB. Das sollte also ausreichen...

### b) Pegelrechnung in Oktaven:

Es wird ein Spektrum nach Abb.1 angenommen.

Oktavfrequenz	[Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Ventilatorspektrum	[dB]	81	81	81	77	75	70	65	60
A -Bewertung	[dB]	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
K-200T-950x1000x1500-3	[dB]	-4	-12	-30	-30	-34	-22	-15	-17
K-200T-950x1000x 500-3	[dB]	-2	-4	-10	-11	-13	-9	-7	-7
Pegeladdition	[dB]	49	49	32	33	28	40	44	35

Summenpegel 53 dB(A)

Das Ergebnis der kompletten Pegelrechnung ist 53dB(A). Der Summenpegel wird durch 63Hz, 125Hz und 4kHz bestimmt. Der Pegel bei 250Hz liefert keinen Beitrag zum Summenpegel, ist demnach als Rechengröße vollkommen ungeeignet! (Abb.3)

Es ist eine Verlängerung um 1000mm erforderlich, um die 50dB(A) zu erreichen:

Oktavfrequenz	[Hz]	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k
Ventilatorspektrum	[dB]	81	81	81	77	75	70	65	60
A -Bewertung	[dB]	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1
K-200T-950x1000x1500-3	[dB]	-4	-12	-30	-30	-34	-22	-15	-17
K-200T-950x1000x1000-3	[dB]	-3	-8	-20	-21	-24	-17	-12	-13
Pegeladdition	[dB]	48	45	22	23	17	32	39	29

Summenpegel 50 dB(A)

Die o. a. „Wannenform“ des Spektrums mit starker Dominanz der tiefen Frequenzen ist bei dieser Schalldämpferlänge sehr deutlich ausgeprägt (Abb.4).

streckt sich über einen weiten Frequenzbereich. Der prinzipielle Verlauf wird vom Ventilator typ bestimmt. Hinzu kommen herstellerspezifische Besonderheiten. Das Spektrum sowie hervortretende Töne (Drehklang) sind abhängig von der Drehzahl des Ventilators und können den Schallpegel bei unterschiedlichen Frequenzen beeinflussen.

► Das Ventilatorgeräusch unterliegt auf dem Ausbreitungsweg im Kanalnetz unterschiedlichen Einflüssen, die das Spektrum in Abhängigkeit von der Bauteilart und der Streckenlänge verändern.

► Schalldämpfer besitzen eine ausgeprägte frequenzab-

hängige Dämpfungs-Charakteristik, die nicht durch einen einzelnen Wert (250Hz-Angabe) ausreichend charakterisiert werden kann.

► In vielen Fällen ist die Dämpfung bei sehr tiefen, aber auch hohen Frequenzen für den Summenpegel bestimmend. Durch Einsatz geeigneter Schalldämpfertypen, deren Dämpfung in diesen Bereichen maximal ist, lässt sich das Lärmproblem effektiver lösen. Das bedeutet nicht zwangsläufig, dass diese Schalldämpfer bei 250Hz eine hohe Dämpfung besitzen müssen!

► Die Rechnung in Oktavbändern im Bereich von 63Hz bis 8kHz liefert deutlich ge-

nauere Ergebnisse als die Rechnung mit nur einer Oktavfrequenz (250Hz) und ist mit wenig Aufwand durchführbar. Oktaven sind ein guter Kompromiss zwischen der erforderlichen Genauigkeit und dem Aufwand, zumal die notwendigen Daten für den Ventilator, den Schalldämpfer und die Bauteildämpfung in Oktaven zur Verfügung stehen. Eine noch feinere Frequenzaufteilung beispielsweise in Terzbänder ist aufwändig und nur in wenigen speziellen Fällen gerechtfertigt.

► Die Rechnung in Oktaven ist in Richtlinien vorgeschrieben (s.a. **VDI 3803**). Ungeachtet dessen wird in technischen Unterlagen (z. B.

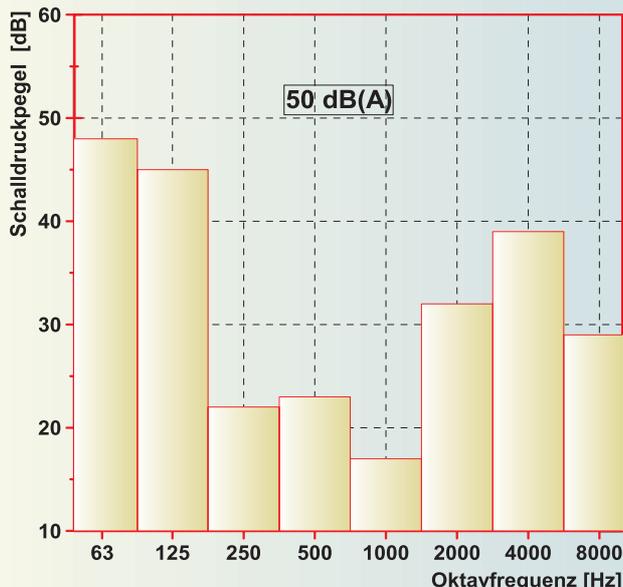


Abb.4 Endergebnis: 50 dB(A), erzielt mit 2500 mm langem Schalldämpfer

Ausschreibungen) die Dämpfung von Schalldämpfern fast ausschließlich bei nur einer Oktavfrequenz, der 250Hz - Oktave, angegeben.

**Was ist zu tun?**

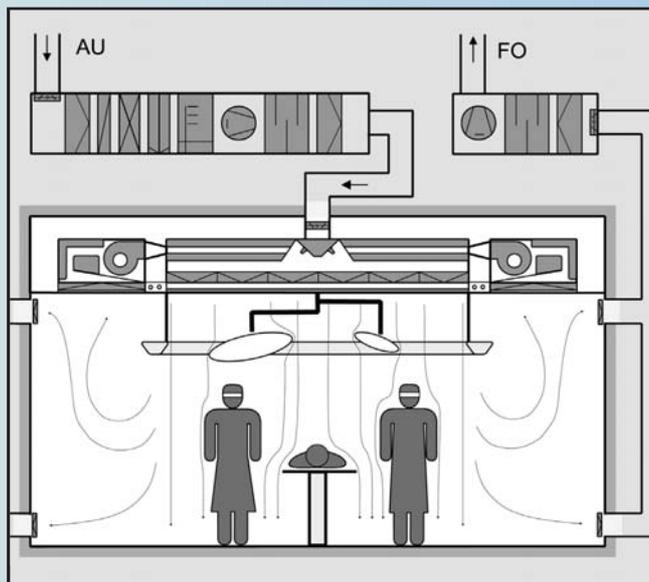
Aus heutiger Sicht ist es nicht notwendig, das Risiko der Rechnung mit Einzahlwerten (250Hz) einzugehen, denn ein PC dürfte jedem Planer zur Verfügung stehen. Die Berechnung sollte also grundsätzlich in Oktaven durchgeführt werden (z.B. mit AKUSWIN®-Software der LTA; Download unter: www.berlinerluft.de (kostenlos). Die errechneten Werte müssen in die Ausschreibungen einfließen. Eine Liste von Herstellern, die sich den strengen Qualitätsvorschriften der RAL-Gütegemeinschaft Schalldämpfer verpflichtet haben, findet man unter www.guete-schall.de.

Autor: Dipl. Ing. Diethard Niehoff, LTA Lufttechnische Komponenten, Zweigniederlassung der BerlinerLuft Technik, Ottendorf-Okrilla

**Literatur**

- [1] Schlender, F; Klingenberg, G.: Ventilatoren im Einsatz. Düsseldorf: VDI Verl., 1996
- [2] Schmidt, L : Ventilatorgeräusche. In: Technischer Lärmschutz. Hrsg. Schirmer, W. Düsseldorf: VDI Verl., 1996
- [3] Frommhold, W. : Schalltechnische Anforderungen an Klimaanlageanlagen im Frequenzbereich 20 bis 200 Hz. In: Bericht aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik B-TA/91 1991
- [4] Brandstätt, P., Leistner, P. : Akustische Modellierung bei tiefen Frequenzen. HLH 3/2000, S. 45-56
- [5] Niehoff, D. : Schwingungsanregung und Schallabstrahlung dünnwandiger Blechkanäle. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 42 (1995), S. 107-112

Normen und Richtlinien (Auswahl):  
 - VDI 3803 Raumlufttechnische Anlagen, Bauliche und technische Anforderungen 10/2002  
 - VDI 2081 Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumlufttechnischen Anlagen 7/2001  
 - DIN 45680 Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschmissionen in der Nachbarschaft



**PARTIKELREDUKTION IN OP-RÄUMEN**

Die Klimatechnik fordert einen niedrigen Kontaminationsgrad, die Hygiene verlangt einen hohen Partikelreduktionsfaktor im Schutzbereich, das OP-Team benötigt optimale Arbeitsbedingungen für erfolgreiche Operationen. Moderne Medizintechnik erfordert große Zuluftdecken für laminare Verdrängungsströmung. Die neue ROX-Mischluftdecke Typ LCM bietet bei niedrigem Schalldruckpegel eine homogene Mischung und ein praktisch gleichmäßiges Geschwindigkeitsprofil. Filter und Umluftventilatoren sind zur Wartung leicht zugänglich. Eine umlaufende Medienbrücke mit Glasabschottung und die OP-Raumbeleuchtung sind kombinierbar.

**WIR LIEFERN FÜR KRANKENHÄUSER**

- Klimakompaktgeräte steckerfertig in Hygieneausführung mit Zertifikat VDI 6022
- Zentralgeräte Baureihe HYD mit Zertifikat VDI 6022
- ROX-HighF®-KVS-Wärmerückgewinnungs-System mit Rückwärmzahl bis 0,8
- Zuluftdecken für OP-Räume
- Mischluftdecken für OP-Räume
- Pathologieauslässe
- Flusenabscheider

Besuchen Sie uns im Internet-Shop: [www.rox-online.de](http://www.rox-online.de)



ROX Lufttechnik GmbH - Langenbacher Straße 25 - 57586 Weitefeld  
 Telefon 02743/8070 · Fax 02743/807153  
 eMail: info@rox-online.de · Internet: www.rox-online.de