

Schalldämpfer in RLT-Anlagen

Effektiver Schallschutz durch Einsatz von Resonanzschalldämpfern

Dipl.-Ing. Diethard Niehoff, Entwicklungsleiter

Zur Reduzierung der Ventilatorgeräusche werden Schalldämpfer eingesetzt. Das Geräuspektrum von Ventilatoren reicht über einen weiten Frequenzbereich. Im Interesse geringer Schalldämpferlängen und der damit verbundenen Vorteile - wie geringer Druckverlust und niedrige Investitions- und Betriebskosten, ist eine gute Anpassung der frequenzabhängigen Dämpfungscharakteristik des Schalldämpfers an das Geräuspektrum anzustreben (s. VDI 2081, VDI 3803). Dazu werden Schalldämpfer mit Absorptions- und Resonanzeigenschaften miteinander kombiniert.

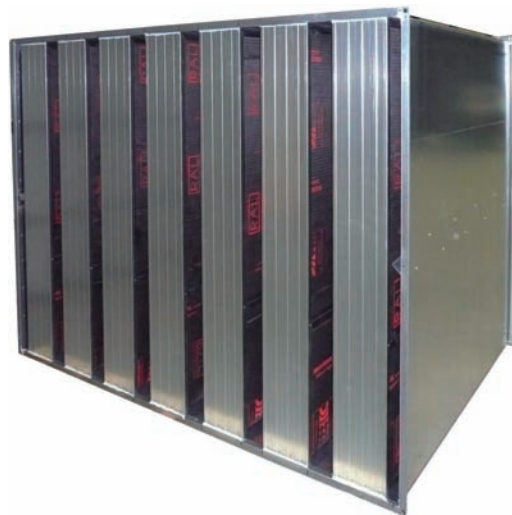


Abb. 1 Kulissenschalldämpfer

Vergleich der Schalldämpfertypen

Schalldämpfer besitzen grundsätzlich die Aufgabe, den von einem Ventilator oder einer anderen Lärmquelle ausgehenden Schall zu reduzieren, ohne die Fortleitung des Luftstroms wesentlich zu behindern. Gleich ob runde oder eckige Bauform: In beiden Fällen strömt die Luft durch Kanäle, deren Wandungen mit absorbierenden oder reflektierenden Eigenschaften ausgestattet sind. Bei eckiger Bauform werden quaderförmige Kulissen als schalldämpfende Einbauten verwendet.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf Kulissenschalldämpfer, obgleich die Aussagen prinzipiell auch auf Rohrschalldämpfer übertragbar sind.

Nach dem Dämpfungsmechanismus können folgende Typen unterschieden werden:

▶ Absorptionsschalldämpfer

Die durch den Schall bedingten Schwingungen der Luftmoleküle werden im porösen Absorptionsmaterial abgebremst. So wird die Schallenergie letztlich in Wärmeenergie umgewandelt. Schalldämpfer, die nach dem reinen Absorptionsprinzip arbeiten, besitzen hervorragende Dämpfungswerte bei mittleren

und hohen Frequenzen. Für tiefe Frequenzen sind Absorptionsschalldämpfer uneffektiv, da die Absorberschichten sehr dick ausgeführt werden müssen, was sehr voluminöse Schalldämpfer zur Folge hat.

▶ Resonanzschalldämpfer

Der Begriff „Resonanzschalldämpfer“ steht für unterschiedliche Konstruktionsprinzipien, denen gemeinsam ist, dass eine Feder, meist in Form eines Luftvolumens, in Verbindung mit einer akustischen Masse, z.B. einer den Luftraum abschließenden Platte, zur Resonanz angeregt wird. Dieser Effekt ist im wesentlichen auf tiefe Frequenzen und auf eine bestimmte Frequenz beschränkt, kann jedoch durch Hintereinanderschaltung unterschiedlich abgestimmter Resonatoren über einen breiteren Frequenzbereich wirksam sein. Obwohl Resonanzschalldämpfer grundsätzlich nicht auf poröses Absorptionsmaterial angewiesen sind, kann durch eine zusätzliche Bedämpfung des akustischen Resonanzkreises eine breitbandigere Wirkung erzielt werden.

▶ Kammer-Absorptionsschalldämpfer

In der Raumlufttechnik werden häufig sogenannte Kammer-Absorptionsku-

lissen eingesetzt. Bei diesem Typ wird der Absorber (Mineralwolle) halbseitig durch ein dünnes Vollblech abgedeckt. Im Inneren der Kulisse bildet der Kulissenrahmen in Verbindung mit einem Schottblech eine Kammer. Die Masse des Vollbleches und das Kammervolumen bewirken im Zusammenspiel einen Resonanzeffekt, während die nicht abgedeckte Kulissenoberfläche als Absorber wirksam wird. Die Resonanzfrequenz ist auf etwa 250 Hz abgestimmt. Gegenüber dem „reinen“ Absorptionsschalldämpfer kann eine Dämpfungsverbesserung von etwa 6 dB bei 250 Hz (Spaltmaß 100 mm, Schalldämpferlänge 1000 mm) erzielt werden.

▶ Aktive Schalldämpfer

Eine interessante Möglichkeit bieten Schalldämpfer mit elektroakustischem Wirkprinzip (Antischall oder elektronisch verstärkte Resonatoren) an. Der Vorteil dieser Technik liegt vor allem darin, dass auf kurzer Länge hohe Dämpfungswerte ohne zusätzlichen Druckverlust erreichbar sind. Allerdings funktionieren aktive Schalldämpfer, ähnlich wie die passiven Resonanzschalldämpfer, nur im unteren Frequenzbereich, so dass in vielen Fällen ist ein zusätzlicher Absorp-

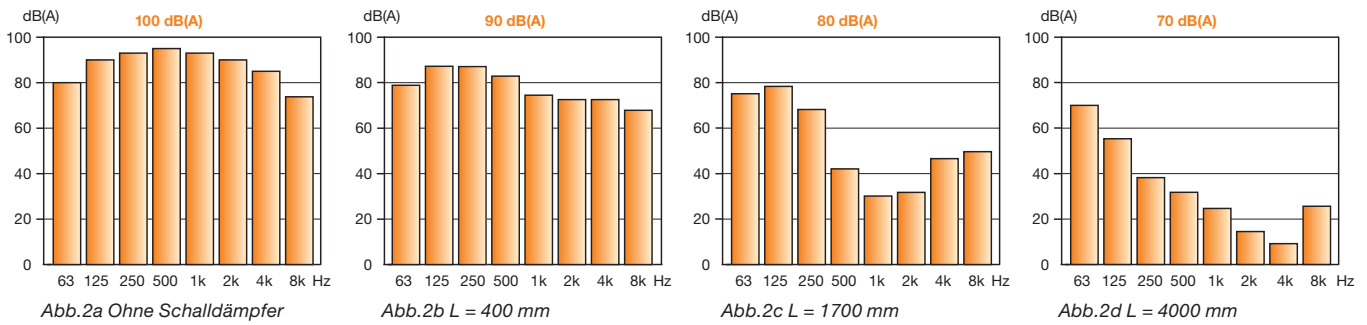


Abb.2 Dämpfung mit Absorptionsschalldämpfer

tionsschalldämpfer erforderlich wird. Dies mag einer der Gründe sein, weshalb sich aktive Schalldämpfer trotz Serienreife bisher nicht in großem Umfang durchsetzen konnten.

Aktive Schalldämpfer benötigen Hilfsenergie (daher „aktiv“). Seitlich am Strömungskanal angebrachte Lautsprecher speisen ein elektronisch aufbereitetes und verstärktes Signal ein, das die Störgeräusche des Ventilators kompensiert. Die folgenden Betrachtungen zu den Resonanzschalldämpfern gelten sinngemäß auch für den Einsatz aktiver Technik, ohne dass dies gesondert erwähnt wird.

entspricht. Das kann durch Kombination von Resonanz- und Absorptionsschalldämpfern erreicht werden. Die Oktavpegel des Geräusches hinter dem Schalldämpfer sind dann im Idealfall über alle Frequenzen gleich oder anders ausgedrückt: Es gibt keinen Frequenzbereich, der schlecht gedämpft wird.

Besonders die häufig eingesetzten Ventilatoren mit rückwärts gekrümmten Schaufeln strahlen auch bei tiefen Frequenzen hohe Pegel ab. Der Einsatz von Absorptionsschalldämpfern wird hier ineffektiv.

Es bietet sich an, für mittlere und hohe Frequenzen das Absorptions- und für tiefe Frequenzen das Resonanzprinzip zu nutzen.

quelle wurde ein typisches Geräuschspektrum eines Radialventilators mit rückwärts gekrümmten Schaufeln angenommen, Abb.2a. Die Schalleistung beträgt im Beispiel $L_{wA} = 100$ dB(A).

Es wird zunächst der „reine“ Absorptionsschalldämpfer mit 200 mm dicken Kulissen und einem Kulissenspalt von 100 mm betrachtet:

Um die Schalleistung um 10 dB(A) auf 90 dB(A) zu reduzieren, ist ein 400 mm langer Schalldämpfer erforderlich. Das Spektrum ist hier relativ ausgeglichen. Für eine Reduzierung um 20 dB(A) beträgt die Länge bereits 1700 mm, Abb.2c. Die Reduzierung um 30 dB(A) erfordert gar einen

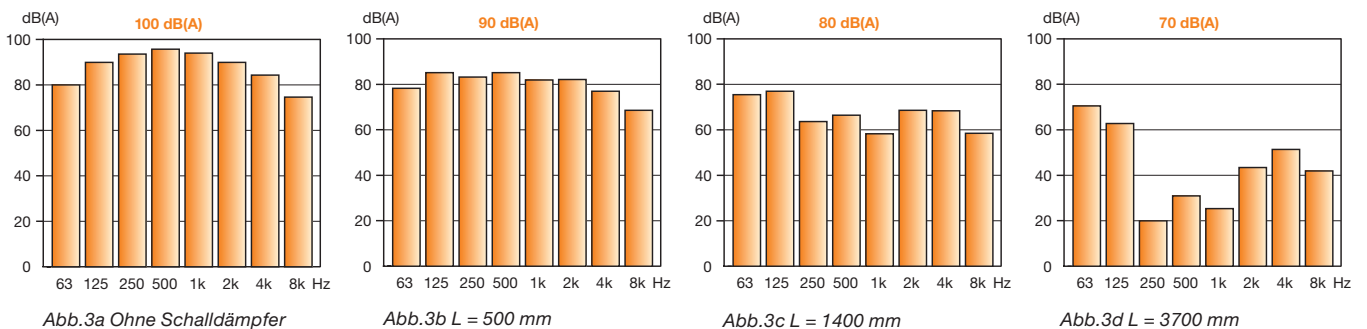


Abb.3 Dämpfung mit Kammer-Absorptionsschalldämpfer

Anpassung der Schalldämpfer an das Geräuschspektrum

Das breitbandige Ventilatorgeräusch erfordert hinreichende Dämpfung im gesamten Frequenzbereich. Um mit möglichst geringer Schalldämpferlänge auszukommen, sollte der Schalldämpfer eine Dämpfungscharakteristik besitzen, die dem Verlauf des zu dämpfenden Geräusches etwa

Je höher die Dämpfungsanforderungen sind, desto problematischer wird es, in den Oktavbändern 125 Hz oder 63 Hz ausreichende Dämpfung zu erzielen [3]. Mit speziellen, auf diese Frequenzen abgestimmten Resonanzschalldämpfern lässt sich eine gute Anpassung erreichen.

Folgende Beispiele sollen diese Zusammenhänge veranschaulichen. Als Schall-

4000 mm langen Schalldämpfer. Es wird deutlich, dass sich das Spektrum mit steigender Dämpfungsanforderung zu den tiefen Frequenzen verschiebt, da der Absorptionsschalldämpfer sehr gute Dämpfungseigenschaften bei mittleren und hohen Frequenzen aufweist, jedoch bei höheren Dämpfungsanforderungen im 125 Hz und 63 Hz-Band überfordert ist.

Hohe Ansprüche an Komfort? Wir haben die Produkte!



Der **Opticlean** vereint die wichtigsten Eigenschaften eines Zuluft-Deckenluftdurchlasses für diffuse Raumströmung in **einer Komponente!**

- Unauffällige Integration in abgehängte Raumdecken
- Geringe Deckenverschmutzung
- Hohe thermische Behaglichkeit



Das **Statische Kühldeckensystem** SKS-5/3 besteht aus Hochleistungs-Kühlelementen zur Installation als sichtbare Deckenelemente in **attraktiver Panelstruktur**.

- Vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten als freihängendes Kühldeckensegel
- Geringe Einbauhöhe, für Sanierung und Nachrüstung gut geeignet
- Für Räume bis 110 W/m² Kühllast unter Komfortbedingungen



LUVAS-Hochleistungs-Konvektions-systeme werden zur Raumkühlung und -beheizung auf Fassadenprofilen, Wänden oder an Decken installiert.

- Multifunktional einsetzbare Stab- oder Deckensysteme mit hoher Leistungsdichte zum Kühlen und Heizen
- Kompakte Abmessungen gewährleisten große architektonische Gestaltungsfreiräume
- Geringe Aufbaumaße, für Nachrüstung hervorragend geeignet

Fragen Sie an per E-Mail: special@krantz.de

caverion GmbH | Geschäftsbereich KRANTZ KOMponenten

Uersfeld 24 | 52072 Aachen | Deutschland

Tel. +49 241. 441-1 | Fax +49 241. 441-555 | www.krantz.de

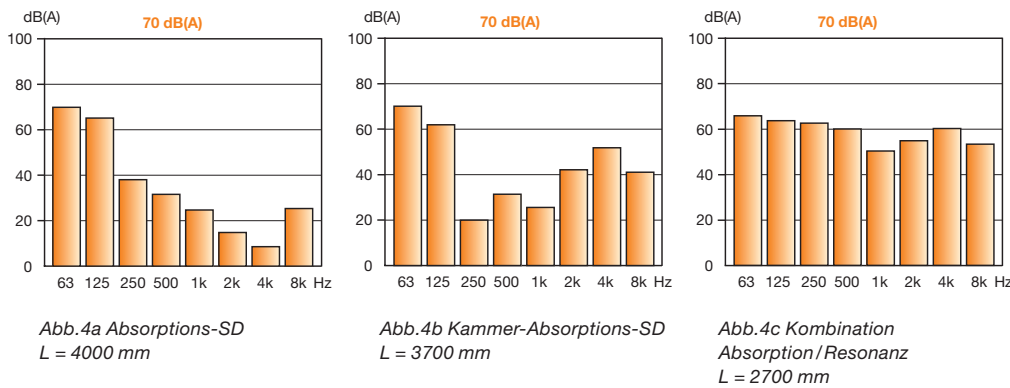


Abb. 4 Dämpfung um 30 dB(A) mit unterschiedlichen Schalldämpfertypen

Der Kammer-Absorptionsschalldämpfer benötigt für eine Pegelreduzierung um 10dB(A) mit 500 mm etwas mehr Länge als der Absorptionsschalldämpfer. Bei mittleren Schallschutzansprüchen von 20 dB(A) Pegelsenkung werden 1400 mm benötigt, also 24 % weniger als der Absorptionsschalldämpfer. Das ausgeglichene Spektrum zeigt, dass eine optimale Anpassung an das Ventilatorspektrum erreicht wird, Abb.3c.

Für eine Pegelsenkung um 30 dB(A) sind 3700 mm Länge erforderlich, Abb.3d. Die Verkürzung beträgt gegenüber dem Absorptionsschalldämpfer mit lediglich 300 mm nicht einmal 10 %. Die hohe Dämpfung des Kammer-Absorptionsschalldämpfers bei 250 Hz ist im Spektrum deutlich zu erkennen, bleibt jedoch praktisch ohne Einfluss, da der Summenpegel von 125 Hz und 63 Hz bestimmt wird.

Eine bessere Anpassung bei 30 dB(A) Pegelsenkung lässt sich durch Kombination eines Absorptionsschalldämpfers mit Resonanzschalldämpfern erreichen. Für die Pegelminderung um 30 dB(A) ist eine Schalldämpferlänge von 2700 mm erforderlich, also rund 30 % weniger als bei dem Einsatz der konventionellen Schalldämpfertypen, Abb.4c. Dies gleicht die etwas höheren Kosten der Resonanzschalldämpfer aus. In vielen Fällen sind neben Platzersparnis auch Kostenvorteile zu erzielen. Dies muss im Einzelfall geprüft werden.

Abb.4 zeigt die Dämpfungswirkung der verschiedenen Schalldämpfertypen bei einer Pegelsenkung von 30 dB(A) im Vergleich.

Im gewählten Beispiel wurde davon ausgegangen, dass sich hinter dem Schalldämpfer keine weiteren Kanalbauteile befinden. Wird beispielsweise die Dämpfung von Bogenkanälen bei der Schalldämpferauslegung einbezogen, ergibt sich bereits nach wenigen Umlenkungen, dass bei mittleren und hohen Frequenzen nur noch geringer Dämpfungsbedarf vorhanden ist. Der Einsatz von Resonanzkulissen oder eine Kombination beider Kulissentypen ist dann sehr effektiv und führt zur Verkürzung der Baulänge von bis zu 50 %. Da die Möglichkeiten der Anlagengestaltung sehr vielfältig sind, wird auf Beispiele verzichtet und stattdessen darauf verwiesen, dass die Suche nach dem optimalen Schalldämpfertyp rechnergestützt erfolgen sollte (s. u.).

Hier noch ein Hinweis zum hörakustischen Eindruck, den die in Abb.3 dargestellten Spektren vermitteln: Obwohl ein Schallpegelmessgerät in allen vier Fällen 70

dB(A) anzeigen würde, ist der Höreindruck unterschiedlich. Ein gleichmäßig über alle Frequenzen verteiltes Rauschen, Abb.3d wird leiser und angenehmer empfunden, als ein Geräusch mit gleichem Pegel, dass nur auf ein schmales Frequenzband begrenzt ist Abb.3a. Geräusche unterhalb 100 Hz werden als besonders lästig empfunden und geringfügige Pegelminderungen bereits deutlich wahrgenommen.

Die Anpassung der Schalldämpfer an das Spektrum der Schallquelle stellt auch aus dieser Sicht eine Verbesserung dar.

Empfehlungen zur Anwendung von Schalldämpfern bei hohen Schallschutzforderungen

Ein wenig beachtetes Problem des Einsatzes von Schalldämpfern ist, dass aufgrund verschiedener Nebenwege, wie Körperschallfortleitung über Metallteile (Gehäuse, Kulissenrahmen) sowie Schalleinstrahlung über die Wandungen des Luftleitungssystems, die maximal erzielbare Dämpfung eines Schalldämpfers begrenzt ist. Für tiefe Frequenzen gilt dies in besonderem Maß.

Die ohne Zusatzmaßnahmen erzielbare „Grenzdämpfung“ ist in Abb.5 dargestellt.

Das Grenzdämpfungsmaß kann durch folgende Maßnahmen erhöht werden:

- ▶ Schalldämmende Ummantelung der angeschlossenen Luftleitung und des Schalldämpfergehäuses nach dem Doppelmantelprinzip
Alternativ: Einbau in Betonkanäle oder Nutzung von massiven Trennwänden (Einbau in Durchbrüchen mit elastischem Fugenverschluss)
- ▶ räumlich getrennte Einzelschalldämpfer
- ▶ Abdichten der Spalte zwischen Kulissenrahmen und Gehäuse durch elastische Dichtmittel (wichtig für hohe Frequenzen)
- ▶ Beschichtung des Gehäuses mit Schwerfolie bzw. Antidröhnbelag
- ▶ Vermeidung des direkten Kontaktes der Kulissenrahmen untereinander und

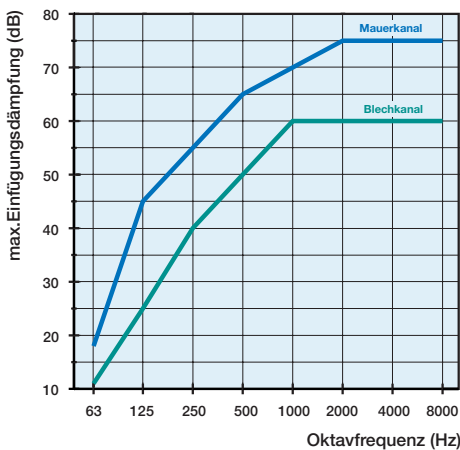


Abb. 5 Erzielbare Einfügungsdämpfung eines einzelnen Kulissenschalldämpfers nach V. Esche [in 1]

- zum Gehäuse durch elastische Zwischenschichten
- ▶ Körperschallisolierte Aufstellung bzw. Abhängung des Schalldämpfers
 - ▶ Einsatz von (schallisolierten) Elastikstützen beim Anschluss von Luftleitungen
 - ▶ Schalldämpfer durch Trennwand führen, keine starren Verbindungen zur Wand
 - ▶ Positionierung des Resonanzschalldämpfers möglichst nahe der Schallquelle

Die Grenzdämpfungsmaße von Schalldämpfern sind unabhängig vom Schalldämpfertyp grundsätzlich zu beachten. Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist wesentlich von der fachgerechten Ausführung abhängig. Um unnötigen Aufwand zu vermeiden, ist in kritischen Fällen bereits in der Planungsphase die Einbeziehung eines Schallschutzbüros anzuraten.

Weitere Hinweise zum fachgerechten Einsatz von Schalldämpfern sind in VDI 3803 und VDI 2081 zu finden.

Bestimmung des geeigneten Schalldämpfertyps

Die von den Schalldämpfern zu fordernde Einfügungsdämpfung entspricht der Differenz zwischen dem Schalleistungspegel der Geräuschquelle und dem zulässigen Schalleistungspegel am Luftaus- bzw. eintritt abzüglich der Dämpfung der dazwischen liegenden Bauteile. Die Ermittlung der erforderlichen Einfügungsdämpfung ist im Frequenzbereich von 63 Hz bis 8 kHz durchzuführen.

Für die Kombination von Resonanz- und Absorptionsschalldämpfern sind die jeweiligen Längen der Teilschalldämpfer auf das Spektrum abzustimmen, so dass eine möglichst gute Anpassung (s. o.) erzielt wird. Es liegt nahe, dass diese Aufgabe ohne geeignete Software sehr aufwändig ist.

BerlinerLuft.Technik bietet mit AKUSWIN eine Software an, die den optimalen Schalldämpfertyp automatisch ermittelt. Im Sortiment sind neben Absorptions- und Kammer-Absorptionsschalldämpfern auch Resonanzschalldämpfer für 63 Hz und 125 Hz verfügbar.

Die Software kann auf der Internetseite www.berlinerLuft.de kostenlos heruntergeladen werden.

Zusammenfassung

Die Anpassung der Dämpfungscharakteristik von Schalldämpfern führt zur Verkürzung der Baulänge des Schalldämpfers.

Bei hohen Schallschutzforderungen können durch speziell auf 125 Hz oder 63 Hz abgestimmte Resonanzschalldämpfer deutliche Platz- und Kostenvorteile erzielt werden.

Autor

Dipl.-Ing. Diethard Niehoff

Entwicklungsleiter, BerlinerLuft, Berlin

Fotos und Grafiken: BerlinerLuft und s. [1]

www.berlinerLuft.de

Literatur

[1] VDI 2081 Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen

[2] VDI 3803 Raumluftechnische Anlagen - Bauliche und technische Anforderungen

[3] Niehoff, D.: Schalldämpfer in Lüftungstechnischen Anlagen – 250 Hz-Methode?, FACH.JOURNAL der IHKS, Ausgabe 2002/2003



Zeichen setzen für die Zukunft

testo 435

Das Multitalent für Lüftung und Raumluftqualität



- Luftströmung kontrollieren, Raumluftqualität analysieren und die raumluftechnische Anlage einregeln
- alle klima-relevanten Messgrößen
- kabellose Funkfühler erhöhen den Messkomfort

testo AG · Testo-Str. 1 · 79853 Lenzkirch
Tel. 07653 681-700 · Fax 07653 681-701
www.testo.de/klima · E-Mail: vertrieb@testo.de