

**Autor**

Prof. Dr.-Ing. Karl-Josef Albers  
FHT Esslingen,  
Fachbereich Versorgungstechnik  
und Umwelttechnik

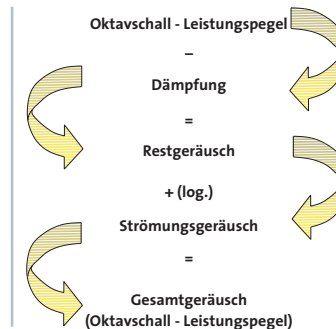


Bild 1: Die Überlagerungsmethode

# Akustische Anlagendimensionierung

## Anwendung der neuen VDI 2081

Der Beitrag wurde auf Grundlage eines bei der Kälte-Klima-Tagung 2004 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV) im November 2004 geführten Vortrags verfasst.

**Die akustische Dimensionierung von RLT-Anlagen ist so aufwendig, dass sie ohne EDV-Unterstützung praktisch nicht durchführbar ist. Auf dem Markt sind akustische Berechnungsprogramme jedoch nicht erhältlich. Die Folge ist, dass solche Berechnungen in der Regel nicht durchgeführt werden. Vielmehr hat es sich eingeschlichen, die erforderlichen Einfügungsdämpfungen von Schalldämpfern nur grob abzuschätzen und anschließend zu hoffen, dass es in den Räumen leise genug ist. Da sich diese groben Abschätzungen nicht in allen Fällen als tauglich erweisen, kommt es bei den heutzutage gestiegenen akustischen Anforderungen vermehrt zu Mängelanzeigen.**

In der alten VDI 2081 [1] erfolgte die Berechnung der Geräuscherzeugung und Lärminderung in raumlufttechnischen Anlagen häufig mit Hilfe von Diagrammen und Nomogrammen, aus denen die entsprechenden Werte abgelesen werden mussten. Da auf dem Markt keine akustischen Berechnungsprogramme erhältlich waren, konnte die akustische Berechnung nicht mit Hilfe einer EDV-Unterstützung durchgeführt werden. Der Zeitaufwand für eine „von Hand“ durchgeführte Berechnung ist jedoch so groß, dass man weitestgehend auf diese verzichtet. Stattdessen versucht man mit verkürzten Rechenverfahren, den im Raum zu erwartenden Schalldruckpegel grob abzuschätzen. Bedingt durch die damit verbundenen Ungenauigkeiten sowie die gestiegenen akustischen Anforderungen sind bei dieser Vorgehensweise vermehrt Reklamationen zu verzeichnen.

Heutzutage ist es daher bei hohen akustischen Anforderungen unerlässlich, eine vollständige akustische Anlagenberechnung durchzuführen. Um den zeitlichen Aufwand in einem vertretbaren Rahmen zu halten, ist hierfür eine EDV-Unterstützung notwendig. Grundvoraussetzung für den EDV-Einsatz ist die vollständige Beschreibung aller Lösungsschritte mit Hilfe von Gleichungen. Daher sind in der neuen VDI 2081-1 [2] zu allen Diagrammen und Nomogrammen auch die notwendigen Berechnungsgleichungen angegeben. Eine geeignete EDV-Unterstützung sind Tabellenkalkulationsprogramme, die standardmäßig auf nahezu jedem PC verfügbar sind.

Um Tabellenkalkulationsprogramme optimal zu nutzen, bietet sich als Berechnungsverfahren die so genannte Überlagerungsmethode an. Eine akustische Anlagenberechnung gemäß VDI 2081 ist jedoch

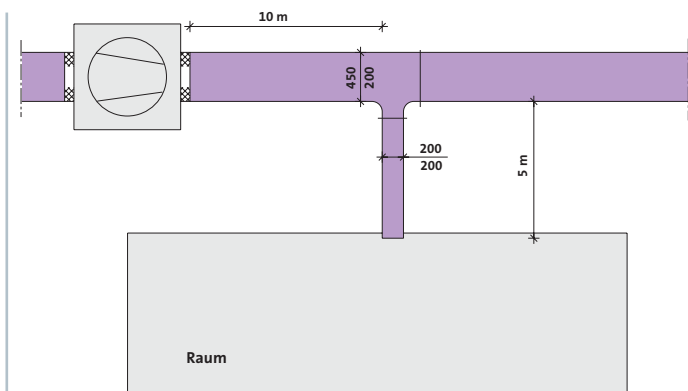
keine Gewähr dafür, dass die geforderten Raumschalldruckpegel auch eingehalten werden. Ursache hierfür sind Fehler bei der Planung von Schalldämpfern. Weiterhin besteht in der Praxis häufig darüber Unsicherheit, wie groß die Telefonieschalldämpfung des Luftleitungssystems zwischen zwei Räumen sein muss. Auf all diese Punkte wird nachfolgend näher eingegangen.

### Akustische Anlagenberechnung

#### Vorstellung der Überlagerungsmethode

Die Überlagerungsmethode betrachtet für alle acht Oktavbänder – bei der größten Schallquelle (in der Regel der Ventilator) beginnend – systematisch alle dämpfenden und geräuscherzeugenden Elemente. Die Vorgehensweise ist dabei die folgende (siehe auch Bild 1):

Vom Oktavschall-Leistungspegel der 1. Komponente (Position n) wird die Dämpfung der folgenden Komponente abgezogen (Position n+1). Dieses ist das Restgeräusch an der Position n+1. Zum Restgeräusch an der Position n+1 wird logarithmisch das Strömungsgeräusch dieser Komponente addiert (überlagert). Dieses ergibt das Gesamtgeräusch (Oktavschall-Leistungspegel) am Ende der Position n+1. Vom Oktavschall-Leistungspegel am Ende der Position n+1 wird die Dämpfung der folgenden Komponente abgezogen (Position n+2). Dieses ist das Restgeräusch an der Position n+2 u. s. w., bis bei der Zu- oder Abluftleitung im letzten Schritt das Oktavraumdämpfungsmaß vom Oktavschall-Leistungspegel am Ende der letzten Komponente (dem Luftdurchlass) abgezogen wird. Dadurch erhält man den Oktavschalldruckpegel im Raum. Bei der Außen- oder Fortluftleitung ist die letzte Kom-



**Bild 2: Skizzenhafte Darstellung einer Zuluftanlage, die einen Raum lufttechnisch versorgt**

ponente das Wetterschutzgitter. Hier muss abschließend die Schallausbreitung im Freien berechnet werden, um daraus dann den Schalldruckpegel am maßgeblichen Immissionsort ermitteln zu können.

#### Ein Beispiel für die Überlagerungsmethode

Bild 2 zeigt skizzenhaft eine Zuluftanlage, die u. a. den dort dargestellten Raum lufttechnisch versorgt. Zu der Zuluftanlage und vom Raum liegen die folgenden Angaben vor:

- Schall-Leistungspegel des Ventilators bei  $f_{\text{Okt}} = 500 \text{ Hz}$ :  $L_{\text{W,Okt}} = 80,3 \text{ dB}$
  - $V_{\text{gesamt}} = 2500 \text{ m}^3/\text{h}$ ;  $V_{\text{Raum}} = 600 \text{ m}^3/\text{h}$
  - Kubischer Raum mit einem Raumvolumen von  $95 \text{ m}^3$  und einer Nachhallzeit von  $0,5 \text{ s}$
  - Der Aufenthaltsbereich hat einen Abstand zum Zuluftgitter von  $2 \text{ m}$ .
  - Das Zuluftgitter ist in der Mitte der Decke angeordnet und hat einen Druckverlustbeiwert  $\zeta = 4$ . Der Abstrahlwinkel des Gitters beträgt  $45^\circ$ .
- Die Schallpegelreduzierungen sowie die Geräuscherzeugungen der einzelnen Komponenten werden gemäß den Gleichungen der VDI 2081-1 [2] berechnet. Die Ergebnisse dieser Einzelberechnungen werden dann in das Schema der Überlagerungsmethode übernommen (Tabelle 1). Nachdem so der Schalldruckpegel im Raum ermittelt wurde, gilt es im nächsten Schritt Schalldämpfer so auszulegen, dass der gewünschte Soll-Schalldruckpegel im Raum eingehalten wird.
- Zunächst wird der so genannte Primär-Schalldämpfer betrachtet, der hinter dem Ventilator (der größten Geräuschquelle) angeordnet wird (siehe Tabelle 1). Im 1. Schritt der Schalldämpferauslegung wird nur die Einfügungsdämpfung ermittelt. Die erforderliche Einfügungsdämpfung  $D_e$  ergibt sich aus der Differenz zwischen Ist-Wert (berechneter Wert) des Schalldruckpegels in der Aufenthaltszone des Raumes und dem Soll-Wert (maximal zulässiger Schalldruckpegel). Diese Differenz ist für alle acht Oktav-Bänder zu ermitteln. Bei Vorgabe einer Grenzkurve als Soll-Wert ist die erforderliche Einfügungsdämpfung eindeutig bestimmt. In der Regel wird allerdings ein A-bewerteter Gesamtschalldruckpegel als Soll-Wert vorgegeben. In diesen Fällen werden aus dem einzuhaltenden A-bewerteten Gesamtschalldruckpegel ( $L_{\text{A,soll}}$ ) die maximal zulässigen Oktavschalldruckpegel ( $L_{\text{Okt,max}}$ ) entsprechend der Gleichung  $L_{\text{Okt,max}} = L_{\text{A,soll}} + K_{\text{A}}$  bestimmt. Der Korrekturwert  $K_{\text{A}}$  (Tabelle 2) beinhaltet neben den Werten aus der inversen A-Bewertungskurve auch die Pegeladdition der acht Oktavbänder. Da der Frequenzverlauf der in RLT-Anlagen vorkommenden Geräusche

nicht dem Verlauf der inversen A-Bewertungskurve folgt, wird in [3] für den Pegelzuwachs bei acht Oktavbändern nur ein Wert von 5 dB zugrunde gelegt. Somit erhält man die Werte für die erforderliche Einfügungsdämpfung  $D_e$ . Negative Differenzen sind gleichbedeutend mit  $D_e = 0$ .

Setzt man diese Werte für die Einfügungsdämpfung in die akustische Berechnung in Tabelle 1 ein, muss nun der Soll-Wert für den Raum-Schalldruckpegel eingehalten werden. Ist dieses nicht der Fall, deutet dieser Umstand auf eine Komponente zwischen Primär-Schalldämpfer und Raum hin, deren Geräusch so hoch ist, dass es zu einer Pegelerhöhung führt. Diese Komponente ist in dem Schema der Überlagerungsmethode durch Vergleich der Werte für das Restgeräusch und für das Strömungsgeräusch leicht zu identifizieren. Hinter dieser Komponente muss nun ein Sekundär-Schalldämpfer angeordnet werden. Das Schema in Tabelle 1 muss dann entsprechend erweitert werden. Werden mehrere Komponenten identifiziert, die zu einer Pegelerhöhung führen, wird der Sekundär-Schalldämpfer hinter der

Komponente angeordnet, die am nächsten zum Raum liegt. Die Auslegung dieses Sekundär-Schalldämpfers erfolgt dann analog zu der des Primär-Schalldämpfers. Identifiziert man, wie es in diesem Berechnungsbeispiel der Fall ist, den Luftdurchlass als eine Komponente, die zu einer Pegelerhöhung führt, gibt es natürlich nicht die Möglichkeit einen Sekundär-Schalldämpfer zu platzieren. Jetzt besteht in der Regel nur die Möglichkeit einen leiseren Luftdurchlass zu suchen oder die Luftmenge pro Luftdurchlass zu reduzieren. Letztere Möglichkeit hat eine Umplanung des Zuluftnetzes zur Folge, da jetzt mehr Luftdurchlässe benötigt werden. Ggf. kann der Soll-Wert noch durch einen überdimensionierten Primär-Schalldämpfer erreicht werden. Das Restgeräusch am Zuluftgitter muss in diesem Fall nämlich so weit reduziert werden, dass die Oktav-Schall-Leistungspegel hinter dem Gitter gleich den Oktav-Schall-Leistungspegeln des Gittergeräusches sind.

Mit den Werten für die erforderliche Einfügungsdämpfung kann man nun einen Schalldämpfertyp aus den technischen Unterlagen der

**Tabelle 1: Schema der Überlagerungsmethode**

Oktavfrequenz	in Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Oktavschall-Leistungspegel Ventilator	in dB	84,3	80,9	82,0	80,3	80,5	80,4	77,8	69,5
Einfügungsdämpfung des Schalldämpfers	in dB	Bei der akustischen Anlagenberechnung wird zunächst kein Schalldämpfer berücksichtigt. Das Einfügen von Werten für die Einfügungsdämpfung sowie für das Strömungsgeräusch des Schalldämpfers erfolgt erst später bei der Schalldämpferauslegung.							
Restgeräusch am Schalldämpfer	in dB								
Strömungsgeräusch des Schalldämpfers	in dB								
Oktavschall-Leistungspegel nach dem Schalldämpfer	in dB								
Dämpfung Kanal	in dB	6,0	6,0	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Restgeräusch am Kanal	in dB	78,3	74,9	79,0	78,8	79,0	78,9	76,3	68,0
Strömungsgeräusch Kanal	in dB	35,9	34,6	32,4	28,9	24,0	18,1	11,3	4,1
Oktavschall-Leistungspegel nach Kanal	in dB	78,3	74,9	79,0	78,8	79,0	78,9	76,3	68,0
Dämpfung Verzweigung	in dB	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Restgeräusch an Verzweigung	in dB	73,2	69,8	73,9	73,7	73,9	73,8	71,2	62,9
Strömungsgeräusch der Verzweigung	in dB	40,9	37,5	33,4	28,7	23,5	17,8	11,8	5,3
Oktavschall-Leistungspegel nach der Verzweigung	in dB	73,2	69,8	73,9	73,7	73,9	73,8	71,2	62,9
Dämpfung Kanal	in dB	3,0	3,0	2,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Restgeräusch am Kanal	in dB	70,2	66,8	71,6	72,2	72,4	72,3	69,7	61,4
Strömungsgeräusch Kanal	in dB	17,9	15,8	12,4	7,7	1,9	-4,8	-12,0	-19,5
Oktavschall-Leistungspegel nach Kanal	in dB	70,2	66,8	71,6	72,2	72,4	72,3	69,7	61,4
Mündungsreflexion	in dB	14,8	9,3	4,6	1,7	0,5	0,2	0,1	0,1
Restgeräusch am Gitter	in dB	55,4	57,5	67,1	70,5	71,8	72,1	69,6	61,3
Strömungsgeräusch Gitter	in dB	43,3	44,3	44,3	43,8	40,3	32,3	21,3	11,3
Oktavschall-Leistungspegel nach Gitter	in dB	55,7	57,7	67,1	70,5	71,8	72,1	69,6	61,3
Raumdämpfung $\Delta L_{\text{Raum}}$	in dB	7,7	7,7	7,6	7,4	7,2	7,0	6,9	6,9
$L_{\text{RaumOkt}}$	in dB	47,9	50,0	59,5	63,1	64,6	65,1	62,6	54,4
A-Bewertung	in dB(A)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1
$L_{\text{RaumOkt,A}}$	in dB(A)	21,7	33,9	50,9	59,9	64,6	66,3	63,6	53,3
$L_{\text{Raum,A}}$	70	dB(A)							

Hersteller auswählen. Die Anzahl der Kulissen wird nun im 2. Schritt der Schalldämpferauslegung ermittelt. Diese wird durch das maximal zulässige Strömungsrauschen des Schalldämpfers bestimmt. Damit es nicht zu einer Anhebung des Restgeräusches kommt, soll es in jeder Oktav 10 dB niedriger als das jeweilige Restgeräusch sein. Da man in der Praxis keinen Schalldämpfer findet, der genau die Werte für die erforderliche Einfügungsdämpfung besitzt, sucht man quasi einen leicht überdimensionierten Schalldämpfer aus. Dieser Umstand lässt es zu, dass von der o. g. Regel für das maximal zulässige Strömungsrauschen abgewichen werden kann. Da man nun auch die Werte für das Strömungsrauschen in die akustische Berechnung in Tabelle 1 einsetzt, kann unmittelbar beurteilt werden, ob das Strömungsrauschen niedrig genug ist. Denn letztendlich zählt nur das Ziel, den maximal zulässigen Schalldruckpegel in der Aufenthaltszone im Raum einzuhalten.

#### Fehlerquellen bei der Planung von Schalldämpfern

Falsch ausgelegte Schalldämpfer machen sich beim späteren Betrieb der Anlagen sofort bemerkbar. Hier treten vor allem zwei Punkte auf. Zum einen wird nicht immer beachtet, dass das Einfügungsdämpfungsmaß von in Luftleitungssystemen eingebauten Schalldämpfern durch Schallnebenwege begrenzt ist, und zum anderen werden Schalldämpfer öfters sehr schlecht angeströmt.

#### Begrenzte Einfügungsdämpfung von Schalldämpfern

Das Einfügungsdämpfungsmaß gemäß DIN EN ISO 7235 [4] wird in Prüfständen ohne nennenswerte Schallnebenwege ermittelt. Die so ermittelte Einfügungsdämpfung von Schalldämpfern wird in raumlufttechnischen Anlagen durch unvermeidbare Schallnebenwege, sowie gelegentlich durch Schalleinstrahlung in die Luftleitung begrenzt. Grenzwerte für das Einfügungsdämpfungsmaß von Kulissenschalldämpfern in Luftleitungen sind im Bild 3 angegeben, das auch in der VDI 2081-1 [2] enthalten ist. Sind höhere als die in Bild 3 angegebenen Dämpfungswerte erforderlich, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden. Solche Maßnahmen sind im Wesentlichen:

- Minderung der Körperschalllängsleitung durch Entdröhnen der Luftleitungswände und Einbau von elastischen Zwischenstücken
- Minderung der Luftschallaus- und -einstrahlung durch schalldämpfende Ummantelung der Schalldämpfer und ggf. auch der angeschlossenen Luftleitungen
- Anordnung von räumlich getrennten Teilschalldämpfern

Wie solche Maßnahmen in der Praxis aussehen können, wird in [6] am Beispiel des Abluftschalldämpfers der Plenarsaalanlage in der Kuppel des Reichstags gezeigt.

Bei ungünstigen Situationen können die in Bild 3 gezeigten Grenzwerte noch deutlich reduziert werden. Solch ungünstige Situationen liegen dann vor, wenn Körperschall direkt in das Schalldämpfergehäuse geleitet wird. Dieses ist in RLT-Geräten gegeben. Hier wird vom Ventilator Körperschall in das Gerätegehäuse eingeleitet. Durch die üblicherweise verwendeten Schwingungsdämpfer kann diese Körperschalleinleitung nicht verhindert werden. Dieser Sachverhalt führte in einem Bauprojekt zu folgendem Mangel. In einem Versammlungsraum wurde der geforderte Schalldruckpegel nicht eingehalten. Laut den technischen Daten des Schalldämpferherstellers hatten die im RLT-Gerät eingebauten, 2 m langen Schalldämpferkulissen nach DIN EN ISO 7235 eine Einfügungsdämpfung bei  $f_{\text{Okt}} = 250$  Hz von  $D_e = 42$  dB. Vor Ort wurde dagegen im eingebauten Zustand eine Dämpfung

bei  $f_{\text{Okt}} = 250$  Hz von nur  $D_e = 24$  dB gemessen. Das RLT-Gerät war auf dem Flachdach unmittelbar über dem Versammlungsraum angeordnet. Da das Luftleitungsnetz sehr kurz war, führte diese, im eingebauten Zustand eingeschränkte Dämpfung unmittelbar zu einem erhöhten Schalldruckpegel im Raum. Bei längeren Luftleitungsnetzen, in denen noch Sekundärschalldämpfer eingebaut sind, muss die eingeschränkte Dämpfung des Geräteschalldämpfers nicht zwangsläufig zu einem erhöhten Schalldruckpegel im Raum führen. Es bleibt aber der Sachverhalt, dass der 2 m lange Geräteschalldämpfer nicht voll wirksam ist. Es ist daher empfehlenswert, in RLT-Geräten maximal nur einen 1 m langen Schalldämpfer vorzusehen. Reicht die Einfügungsdämpfung dieses kurzen Schalldämpfers nicht aus, muss hinter dem Gerät ein weiterer Schalldämpfer in der Luftleitung angeordnet werden.

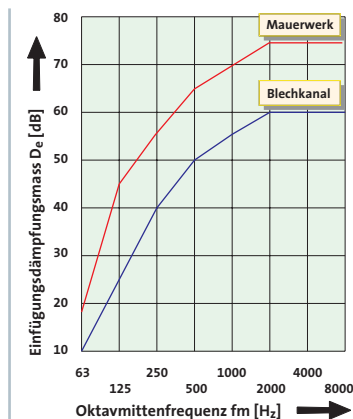
#### Sehr schlecht angeströmte Schalldämpfer

Strömungsgeräusche in RLT-Anlagen haben näherungsweise Dipol-Charakter. Damit gilt:  $L_w \sim 60 \cdot l \cdot v$ . Die Strömungsgeschwindigkeit  $v$  wird dabei allgemein aus dem Quotienten Volumenstrom dividiert durch den geometrischen Querschnitt berechnet. Korrekt muss sie aus dem Quotienten Volumenstrom dividiert durch den Strömungsquerschnitt berechnet werden. Der Strömungsquerschnitt kann aber infolge von Strömungsablösungen bei einer sehr schlechten Anströmung deutlich kleiner als der geometrische Querschnitt sein. Die Folge ist, dass in solchen Fällen die Strömungsgeschwindigkeit und damit das Strömungsgeräusch gegenüber der Berechnung deutlich höher sind. Extrem schlechte Einbausituationen führen unweigerlich zu Mängeln. In Bild 4 ist das Beispiel eines sehr schlecht angeströmten Schalldämpfers zu sehen. Solche Situationen kommen u. a. immer wieder bei der Ausfädelung von Luftleitungen aus dem Schacht in die einzelnen Geschosse vor. Ursache dafür ist oftmals der Platzmangel innerhalb der abgehängten Decke. Da die Strömung dem sehr großen Öffnungswinkel nicht folgen kann, wird nur der untere Bereich des im Bild 4 gezeigten Schalldämpfers durchströmt. Daraus resultiert eine gegenüber der Berechnung annähernd doppelt so große Strömungsgeschwindigkeit. Gemäß der obigen Gesetzmäßigkeit zwischen Strömungsgeräusch und Strömungsgeschwindigkeit bedeutet eine Verdoppelung der Strömungsgeschwindigkeit eine Erhöhung des Strömungsgeräusches um 18 (!) dB.

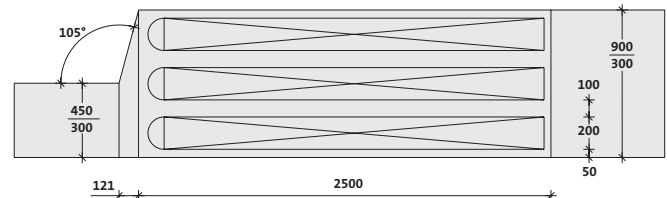
Neben dem erhöhten Strömungsgeräusch ist noch die Festigkeit des Schalldämpfers zu beachten. Übersteigt infolge einer sehr schlechten Anströmung die Strömungsgeschwindigkeit einen Wert von 20 m/s, führt dieses zur allmählichen Zerstörung der Schalldämpferkulissen. Normale Absorptionskulissen sind in der Regel nur bis zu einer Strömungsgeschwindigkeit von 20 m/s abriebfest. Dass in solchen Fällen Teile von Absorptionskulissen in den nachfolgenden Luftleitungen gefunden werden, braucht dann nicht zu verwundern.

#### Telefonieschalldämpfung

Die Telefonieschalldämpfung (Schalldruckpegeldifferenz)  $L_1-L_3$  zwischen zwei benachbarten Räumen lässt sich gemäß der VDI 2081-1 [2] berechnen. Die Berechnung ist allgemein akzeptiert. Jedoch bestand in der Vergangenheit Unklarheit darüber, ob die so berechnete Telefonieschalldämpfung ausreichend groß ist. Darum wird in der VDI 2081-2 [3] zur erforderlichen Telefonieschalldämpfung Stellung genommen. Diese ergibt sich aus einer Forderung der DIN 4109 [7], nach der die Schallübertragung über die Luftleitungen so zu bedämpfen ist, dass dadurch die Schalldämmung über die Trennwand nicht ver-



**Bild 3: Grenzwerte für das Einfügungsdämpfungsmaß von Kulissenschalldämpfern**



**Bild 4: Beispiel eines sehr schlecht angeströmten Schalldämpfers**

ringert wird. Zur Einhaltung dieser Forderung muss die Schalldruckpegeldifferenz  $L_1 - L_3$  über die Luftleitungen in den Oktaven 125...2000 Hz jeweils mindestens 10 dB höher sein als die über die Wand. Damit ergibt sich für die erforderliche Telefoneschalldämpfung die folgende Bedingung:

$$L_1 - L_3 \geq R' - 10 \cdot \lg \frac{S}{A_3} + 10 \text{ dB, mit}$$

$S$  = Trennwandfläche

$R'$  = Oktav-Schalldämm-Maß der Trennwand

$A_3$  = äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes

Liegen keine Oktav-Schalldämmmaße sondern nur das bewertete Schalldämm-Maß  $R'_w$  der Wand vor, können näherungsweise die Oktav-Schalldämmmaße mit Hilfe der Bezugskurve der DIN EN ISO 717-1 [8] wie folgt aus dem bewerteten Schalldämm-Maß berechnet werden:

$$R'(125 \text{ Hz}) = R'_w - 16 \text{ dB}$$

$$R'(250 \text{ Hz}) = R'_w - 7 \text{ dB}$$

$$R'(500 \text{ Hz}) = R'_w$$

$$R'(1000 \text{ Hz}) = R'_w + 3 \text{ dB}$$

$$R'(2000 \text{ Hz}) = R'_w + 4 \text{ dB}$$

### Fazit

Die Schallpegelreduzierungen sowie die Geräuscherzeugungen der einzelnen Komponenten von RL-Anlagen können mit Hilfe der in der VDI 2081-1 veröffentlichten Gleichungen berechnet werden. Um zu einer kompletten akustischen Anlagenberechnung zu gelangen, werden

diese Einzelergebnisse in das Schema der Überlagerungsmethode eingefügt. Mit Hilfe der Überlagerungsmethode, die in der VDI 2081-2 angewendet wird, können dann auch die notwendigen Schalldämpfer ausgelegt werden. Um zu einer mängelfreien Anlage zu gelangen, muss zusätzlich auch auf mögliche Fehlerquellen bei der Planung geachtet werden. In Bezug auf Schalldämpfer sind dieses vor allem die begrenzte Einfügungsdämpfung im eingebauten Zustand sowie eine sehr schlechte Anströmung. Schließlich wird in der VDI 2081-2 noch eine Antwort auf die bisher offene Frage nach der erforderlichen Telefoneschalldämpfung gegeben.

### Literatur

- [1] VDI 2081 03/1983; Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen; Berlin, Beuth Verlag 1983
- [2] VDI 2081-1 07/2001, korrigierter Nachdruck 08/2003; Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen – Blatt 1; Berlin, Beuth Verlag 2003
- [3] VDI 2081-2 E 10/2003; Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen – Blatt 2: Beispiele; Berlin, Beuth Verlag 2003
- [4] DIN EN ISO 7235 02/2004; Labormessungen an Schalldämpfern in Kanälen – Einfügungsdämpfung, Strömungsgeräusch und Gesamtdruckverlust; Berlin, Beuth Verlag 2004
- [5] Esche, V.; Lüftungstechnische Anlagen und Schalldämpfer; Kapitel 6.7 in: Fasold, W.; Kraak, W.; Schirmer, W., Taschenbuch Akustik Teil 2; Berlin, Verlag Technik 1984
- [6] Albers, K.-J.: Besonderheiten der raumluftechnischen Anlage des Plenarsaals im umgebauten Reichstag Berlin; Tagungsbericht über die Kälte-Klima-Tagung 1999 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins, Berlin 17. bis 19. November 1999, Band IV S. 22-30
- [7] DIN 4109 11/1989; Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise; Berlin, Beuth Verlag 1989
- [8] DIN EN ISO 717-1 01/1997; Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung; Berlin, Beuth Verlag 1997

**Tabelle 2: Korrekturwerte**

Oktavfrequenz in [Hz]	Korrekturwert $K_A$ in [dB]
63	21
125	11
250	4
500	-2
1000	-5
2000	-6
4000	-6
8000	-4