

# Erweiterte Schallschutzmaßnahmen an RLT-Geräten

Christoph Kaup, Brücken

Zur Erfüllung der Schallschutzanforderungen wird bei RLT-Geräten meist vom Ort der Immission im Rahmen eines schalltechnischen Gutachtens die noch zu tolerierende Schallleistung der Geräuschquelle berechnet, die nicht überschritten werden darf.

In akustisch anspruchsvollen Fällen wird hierbei oft mit behördlichen Vorgaben unter 70 dB(A) Schallleistung und darunter gearbeitet. Insbesondere bei großen Geräten ergeben sich durch die nicht unbedeutenden Abmessungen sehr leicht schallabstrahlende Flächen über 100 m<sup>2</sup>. Da sich die Schallleistung aus der Beziehung:

$$L_w = L_p + 10 \times \log(S)$$

wobei:

$L_w$  Schalleistungspegel

$L_p$  Schalldruckpegel

$S$  Schallabstrahlende Fläche

berechnet, bedeutet eine Fläche von 100 m<sup>2</sup> bereits ein Hüllflächenmaß von  $10 \times \log(100) = 20$  dB.

Also muss der Schalldruckpegel des Ermittlens um 20 dB niedriger liegen als die einzuhaltende Schalleistungsvor-

gabe. Bei einer max. Schallleistung von z. B. 60 dB(A) ergibt sich damit ein Schalldruckpegel von 40 dB(A), der nicht überschritten werden darf.

Die weitere Problematik liegt in der Breitbandigkeit des Frequenzspektrums eines RLT-Gerätes. Da der Summenpegel sich logarithmisch aus den Einzeloktaven zusammensetzt, bestimmt der höchste Wert des Spektrums den Summenpegel maßgeblich.

Bei einer max. Schallleistung von z. B. 60 dB(A) ergibt sich damit ein Schalldruckpegel von 40 dB(A), der nicht überschritten werden darf.

$$L_p = 10 \times \log \left( \sum_{i=63}^{8K} 10^{(L_{p_i}/10)} \right)$$

wobei:

$L_p$  Summenschalldruckpegel

$L_{p_i}$  Oktavschalldruckpegel 63 bis 8K Hz

Dies bedeutet, dass letztendlich sämtliche Oktavwerte deutlich unter der Pegelforderung bleiben müssen, um den Summenpegel nicht zu überschreiten.

Da die Geräuschquelle eines RLT-Gerätes der Ventilator ist, muss mit einem

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Hz
DE	9	11	20	22	23	27	35	40	dB

Tabelle 1

Schalldämmwerte einer doppel-schaligen Konstruktion 40 mm thermisch getrennt<sup>2)</sup>



Bild 1

Doppelte Einhausung mit je 40 mm Wandstärke thermisch getrennt<sup>3)</sup>

üblichen Emissionsschalldruckpegel des Ventilators von 90 bis 100 dB(A) gerechnet werden, der im Wesentlichen durch den geförderten Volumenstrom bestimmt wird.

$$L_{wV} = L_{wSM} + 10 \times \log(V) + 20 \times \log(dp_t)^{1)}$$

wobei:

$L_{wV}$  Schalleistungspegel des Ventilators

$L_{wSM}$  Spezifischer Schalleistungspegel

z. B. 34 dB ± 1 dB (rückwärtsgekrümmte Schaufeln im Wirkungsgradoptimum)

$V$  Volumenstrom in m<sup>3</sup>/s

$dp_t$  Totaldruckerhöhung des Ventilators in Pa

## Autor



Dr.-Ing. Christoph Kaup, Jahrgang 1963, studierte Verfahrenstechnik und Wirtschaftsingenieurwesen, Promotion 1992. Seit 1993 Geschäftsführer eines Mittelstandsunternehmens für innovative Produkte der Lüftungs- und Klimatechnik.

<sup>1)</sup> VDI 2081 Blatt 1: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumlufttechnischen Anlagen, 07/2001.

<sup>2)</sup> Werte HOWATHERM / Messung RWTÜV-EU-ROVENT 04/2001.

<sup>3)</sup> Bild HOWATHERM System TwinBox 2005.

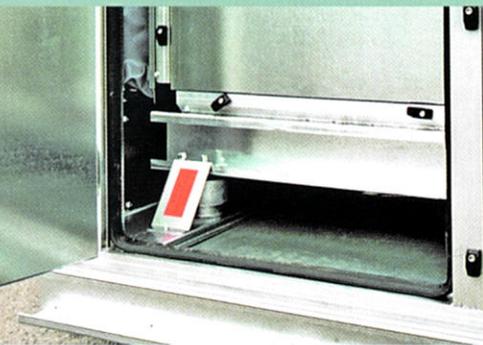


Bild 2

Doppelte Einhausung körperschallentkoppelt (mit Transportsicherung)



Bild 3

Doppelte Einhausung Zuluft mit einer Hüllfläche von 9,5 m x 3,355 m x 3,155 m

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Σ	Hz
$L_p$	58	63	67	78	75	74	71	66	81	dB(A)

Tabelle 2

Herstellerangabe des Prüflings  
D = 400 mm

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Σ	Hz
$L_p$	55	68	82	88	86	83	77	67	92	dB(A)

Tabelle 3

Prüfstandsmessung des Schalleistungspegels des Prüflings D = 400 mm<sup>4)</sup>

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Σ	Hz
$L_p$	63	77	82	85	80	78	80	76	89	dB(A)

Tabelle 4

Messung Schalldruckpegel des Ventilators<sup>5)</sup>

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	Σ	Hz
$L_{p \text{ Ventil}}$	63	77	82	85	82	78	80	76	89	dB(A)
DE	35	41	50	55	70	75	72	67		dB (einschl. K2)
$L_p$	28	36	32	30	12	3	8	9	39	dB(A)

Tabelle 5

Messung Schalldruckpegel in der Hüllfläche<sup>6)</sup>

Damit werden große Geräte aus zwei Gründen problematisch: Zum einen durch den hohen Volumenstrom, der die Emission des Ventilators maximiert, und zum anderen durch die großen Flächen des RLT-Gerätes, die das Hüllflächenmaß anheben.

Aus diesen Gründen müssen die Schalldämmung des Gehäuses und die Schalldämpfung in den Luftanschlüssen (Außenluftansaugung und Fortluftausblas) so ausgelegt werden, dass sämtliche zu erwartende Pegel unter der Vorgabe des Schallschutzes liegen. Das schwächste Glied bestimmt auch hier die Haltbarkeit der Kette.

## Gehäuse

Aus den o.g. Zusammenhängen ergibt sich, dass die Schalldämmung des Gehäuses eine Größenordnung von 40 bis 50 dB erreichen muss, um die hohen Anforderungen des Schallschutzes zu erfüllen! Mit üblichen doppelschaligen und einwandigen Gehäusekonstruktionen werden Werte von ca. 20 dB erreicht (Tabelle 1). Demnach sind „normale“ einwandige Konstruktionen nicht geeignet, die besonderen Anforderungen an den Schallschutz einzuhalten.

Eine Lösung stellt die doppelte Kapselung dar (Bild 1). Dabei werden im günstigsten Fall die Schalldämmwerte der einfachen Dämmung verdoppelt. Dies jedoch nur, wenn auf die Körperschallentkopplung der beiden Schalen ein besonderes Augenmerk gelegt wird (siehe Bild 2).

Durch Körperschallbrücken kann ansonsten der Körperschall nach außen gelangen, wo er wieder in Luftschall umgewandelt wird. Damit wäre dieser Schallnebenweg ein limitierender Faktor!

## Messung der Gehäuseabstrahlung am Beispiel

Für einen Anwendungsfall im Industriebereich wurde folgende Anlage geplant und errichtet:

Luftmenge 25 000 m<sup>3</sup>/h für Zu- und Abluft. Die Schallemissionsvorgaben lagen bei 58,5 dB(A) für das Zuluftgehäuse und 57,5 dB(A) für das Abluftgehäuse.

Im Vorfeld wurden verschiedene Baumuster von Ventilatoren verschiedener Hersteller auf einem Prüfstand im Hinblick auf ihre Schallemission untersucht. Dabei lag die Bandbreite des

Emissionspegels bei 7 dB zwischen dem lautesten und leisesten Prüfling.

Im Rahmen der Messungen ergaben sich nicht nur große Unterschiede zwischen den Herstellern, sondern auch zwischen den Herstellerangaben und den ermittelten Messwerten (Tabelle 2 und 3).

Aus den Tabellen wird ersichtlich, dass die Angaben des Herstellers zur Beurteilung des Einbauzustandes nicht geeignet sind. Erstens werden die Werte der Hersteller auf einem Normprüfstand ermittelt, der nicht die Einbausituation des Ventilators widerspiegelt und zweitens werden die Raumrückwirkungen (Reflektions- und Absorptionseffekte) des RLT-Gehäuses (Ventilatorraum) nicht berücksichtigt. Der Unterschied zwischen Tabelle 2 und 3 zeigt die deutliche Diskrepanz, die im konkreten Fall 10 dB betrug!

Im Rahmen der Auslegung auf der Basis der Prüfstandsmessungen berechnete sich für die Ventilatoren (D = 900 mm)

<sup>4)</sup> Berechnung auf Basis der Messung Prüfstand HOWATHERM 02/2005.

<sup>5)</sup> Messung TÜV Saarland – 04/2005.

<sup>6)</sup> Messung TÜV Saarland – 04/2005.

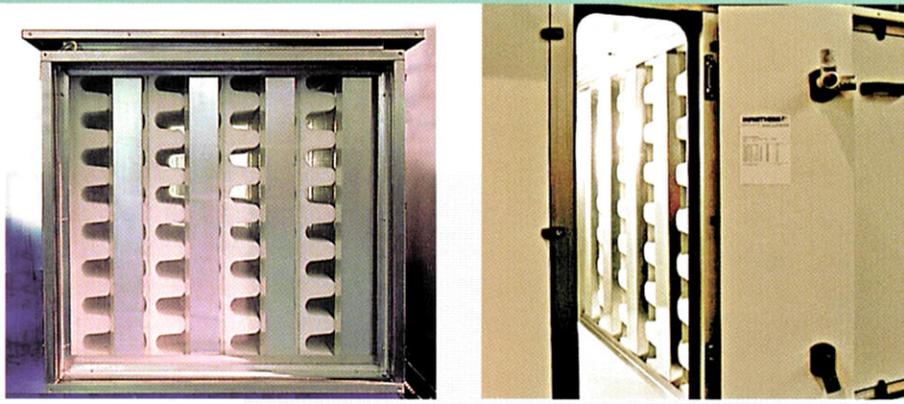


Bild 4

Kanalspaltchalldämpfer<sup>8)</sup>

Messung am Ventilator	$V_{\text{eff}} = 10,1 \text{ mm/s}$
Messung erstes Gehäuse	$V_{\text{eff}} = 0,758 \text{ mm/s}$ = Entkopplung mit einem Wirkungsgrad von 0,925
Messung zweites Gehäuse	$V_{\text{eff}} = 0,196 \text{ mm/s}$ = Entkopplung mit einem Wirkungsgrad von 0,741

Tabelle 6

Effektive Schwinggeschwindigkeiten

	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	$\Sigma$	Hz
$L_{p \text{ Ventilator}}$	63	78	79	81	80	76	77	74	87	dB(A)
DE	11	13	19	22	21	26	34	43		dB (einschl. SR)
$L_p$	52	65	60	59	59	50	43	31	68	dB(A)

Tabelle 7

Messung Schalldruckpegel Fortluftstutzen<sup>9)</sup>

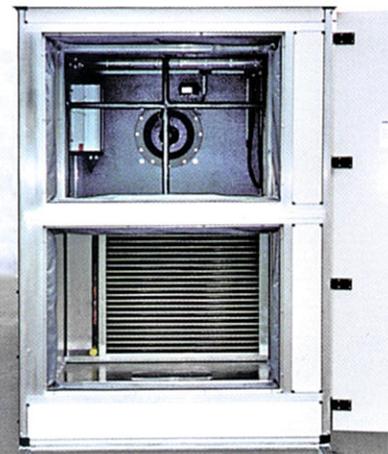


Bild 5

Kanalanschluss innenliegend



Bild 6

RLT-Gerät mit Fortluftkanalanschluss und weiteren Kanalschalldämpfern

$$L_w = L_p + 10 \times \log(S) - K_1 - K_2$$

wobei:

$K_1$  Fremdgeräuschkorrektur (0 dB)

$K_2$  Raumrückwirkung (3,2 dB Messwert Aufstellungsort)

$$L_w = 39 + 10 \times \log(100,5) - 3,2$$

$$L_w = 55,1 \text{ dB(A)}$$

Damit wurde die Vorgabe von 58,5 dB(A) sicher eingehalten. Bedingt durch die großen Abmessungen konnte weiterhin festgestellt werden, dass die Schalldämmwerte der beiden Kapseln gegenüber der gem. DIN EN 1886 an einer Modellbox ermittelten Werte (siehe Tabelle 1) gesteigert werden konnten. Dieses Ergebnis war vor allem deshalb möglich, da die Körperschallentkopplung sicher gewährleistet wurde.

Folgende effektive Schwinggeschwindigkeiten wurden im Betriebspunkt gemessen, siehe Tabelle 6.

Die gesamte Entkopplung lag damit bei 98,1 % (ohne Berücksichtigung der entkoppelten Aufstellung des gesamten RLT-Gerätes auf dem bauseitigen Träger).

ein Schalldruckpegel von 91 dB(A), der sich durch die Messung im Anwendungsfall (Einbauzustand) durch die Messwerte in Tabelle 4 bestätigte.

Das RLT-Gerät selbst wurde mit einer doppelten Kapselung aufgebaut, wobei die äußere Hüllfläche eine schallabstrahlende Fläche von 100,5 m<sup>2</sup> (Zuluft) aufwies (Bild 3). In dieser Hüllfläche wurden 10 Messpunkte definiert, die zur Summenpegelermittlung verwendet wurden. Messtechnisch ergaben sich dabei die Werte in Tabelle 5.

Aus diesem Schalldruckpegel ergibt sich ein Schallleistungspegel des RLT-Gerätes von:

<sup>7)</sup> Kaup, C.: *Erweiterte Möglichkeiten der Schalldämmung in raumluftechnischen Geräten*, HLH Bd. 25 (2001) Nr.12, S. 20–23.

<sup>8)</sup> Kaup, C.: *Deutsches Patent DE 101 21 940*.

<sup>9)</sup> Messung TÜV Saarland – 04/2005.

### Messung der Kanalabstrahlung im Beispiel

Neben der Abstrahlung des Gehäuses haben die Emissionen an den Außenluft- und Fortluftöffnungen eine ebenso große Bedeutung. Insbesondere bei erhöhten akustischen Anforderungen spielt die Koordination zwischen den einzelnen Maßnahmen eine entscheidende Rolle.

Denn Fehler, die hier gemacht werden, konterkarieren die Bemühungen der Schalldämmmaßnahmen am Gehäuse. Aus diesem Grund ist es notwendig, zumindest teilweise schalldämpfende Maßnahmen im RLT-Gerätegehäuse zu implementieren, damit die Anschlüsse des Kanals nicht zur Schallbrücke werden können. Schalltechnisch optimal ist der Einsatz der gesamten schalldämpfenden Maßnahmen im RLT-Gerät, da



Bild 7

RLT-Gerät mit Außenluftkanalanschluss und weiteren Schalldämpfern

Bild 8

RLT-Dachgerät in einem Stück mit zu öffnender zweiter Kapsel

somit sämtliche Störeinflüsse ausgeschlossen sind. Außerdem sind durch die dann nicht mehr vorhandenen Schnittstellen auch Gewährleistungsfragen im Vorfeld ausgeschlossen.

Im konkreten Beispiel wurden im RLT-Gerät neuartige Kanalspaltschalldämpfer<sup>7)</sup> eingesetzt, welche die Schalleistung auf 70 dB(A) dämpfen sollen. Da die Gerätelänge limitiert war, musste auf sehr kurzem Weg eine wesentliche Pegelreduktion erreicht werden. Hierzu wurden Kanalspaltschalldämpfer mit einer effektiven Länge von 700 mm (Zuluft) bis 900 mm (Abluft) eingesetzt (siehe Bild 4).

Messtechnisch ergaben sich damit die in Tabelle 7 aufgeführten Werte.

Aus dieser Schalldruckpegelreduktion von 19 dB im Summenpegel ergibt sich ein Schalleistungspegel am Fortluftstutzen von:

$$L_w = L_p + 10 \times \log(S) - K_1 - K_2$$

$$L_w = 67,7 + 10 \times \log(1,53) - 3,2$$

$$L_w = 66,4 \text{ dB(A)}$$

Damit wurde die Vorgabe von 70 dB(A) ebenfalls sicher eingehalten.

Um die Schallübertragung über Schallnebenwege zu vermeiden, wurden auch im Bereich der Kanalanschlüsse beide Gehäusekapseln entkoppelt und die elastischen Kanalanschlüsse wurden nach innen verlegt (Bild 5).

Selbstverständlich musste der Pegel im Anschlussstutzen zum Auslass hin und damit zur Umgebung weiter reduziert werden. Die Vorgabe durch die Behörde lag hier bei 55 dB(A) Schalleistungspegel in den jeweiligen Luftöffnungen.



Aus diesem Grund wurden bauseits weitere Schalldämpfer (Membranschalldämpfer und Absorptionsschalldämpfer) in das Kanalnetz integriert (Bild 6).

Diese Schalldämpfer wurden aus maßlichen und baulichen Gründen nicht im RLT-Gerät integriert.

Da der Pegel im Anschlussstutzen jedoch um ca. 20 dB durch die integrierten Kanalspaltschalldämpfer gedämpft werden konnte, bestand nicht mehr die Gefahr der Schallübertragung über die angeschlossenen Kanäle durch Schallabstrahlung des Kanals vor dem ersten Schalldämpfer. Trotzdem wurden die Kanäle aufwändig schalltechnisch isoliert (Bild 7).

### Konstruktive Anforderungen

Da solch hohe akustische Anforderungen praktisch nur an RLT-Geräte gestellt werden, die außen (z. B. Dachzentrale) aufgestellt werden, ist die konstruktive Betrachtung als gesamte Einheit aus mehreren Gründen sinnvoll. Hierzu bie-

tet es sich an, das RLT-Gerät in einer Einheit aufzustellen, da der Aufbau in einem Stück Undichtigkeiten und damit Schallbrücken bei der Montage vermeidet. Gerade bei einer doppelten Kapselung ist die Montage und das Verbinden von einzelnen Geräteeinheiten sehr schwierig und damit fehlerbehaftet (Bild 8).

Weiterhin wird der Montageaufwand einer Konstruktion aus einem Guss wesentlich reduziert. In dem konkreten Fall wurde die Zentrale, die eine Gesamtlänge von ca. 20 m hatte, komplett in ca. 15 Minuten auf den vorgefertigten Stahlträgern aufgestellt (Bild 9).

### Zusammenfassung

Mit einem entsprechenden konstruktiven Aufwand lassen sich sehr hohe akustische Anforderungen erfüllen. Pegelreduktionen von 50 dB sind realistisch erreichbar. Wichtig ist hierbei, dass sämtliche schalltechnischen Erfordernisse beachtet werden. Insbesondere die Schalldämmung des Gehäuses, die Schalldämpfung durch Schalldämpfer und sämtliche Nebenwege (Körperschallentkopplung, Brücken etc.) müssen ganzheitlich betrachtet werden. Werden hier Fehler gemacht, lassen sich diese nicht oder wenn überhaupt nur noch mit erheblichem Aufwand beheben. Und die Fehlermöglichkeit ist gerade in diesen Fällen sehr groß. 60 dB(A) Schalleistung bedeuten im konkreten Fall, dass die Anlagen unter normalen Umweltbedingungen nicht mehr „hörbar“ sind!

Deshalb sollte bei hohen akustischen Anforderungen eine Abnahmemessung vor der Aufstellung der Geräte obligatorisch sein.

Bild 9

Krantransport und Montage des RLT-Dachgerätes

