

Schallberechnung für Lüftungssysteme

Teil 1: Betrachtung des Raumes

In vielen Normen und Richtlinien werden Geräuschpegel für Räume vorgegeben. Deren Einhaltung ein Schutzziel der Menschen darstellt, die sich längerfristig in diesen Räumen aufhalten. Lüftungsanlagen erzeugen einen hohen Anteil an dem Dauerschallpegel, der sich in Gebäuden einstellt. Daher sollte dieser schon bei der Auslegung der Lüftungsanlage berechnet und entsprechend reduziert werden.

Die Verursacher von Geräuschen in raumlufttechnischen Anlagen sind vorrangig die Ventilatoren der Lüftungsgeräte, deren Schall sich durch das Luftleitungssystem in die Räume überträgt. Aber auch das Rauschen, welches sich durch strömungstechnisch ungünstige Bauteile oder Drosselklappen in Verbindung mit zu hohen Luftgeschwindigkeiten ergibt, ist eine häufige Störquelle. Weiterhin kann das Luftführungssystem zu einem Schallüberträger zwischen Räumen werden.

Teil 1 dieses Artikels betrachtet die theo-

retische Betrachtung der belüfteten Räume. Im Teil 2 fokussiert sich der Autor auf die Schallerzeugung innerhalb des Lüftungssystems und im Teil 3 wird das Berechnungsprogramm „CADvent“ vorgestellt.

Die Basis der Berechnung

Richtwerte für maximale Schalldruckpegel in belüfteten Räumen sind u.a. in der DIN EN 16798-1 „Lüftung von Gebäuden – Eingangsparameter für das Innenraumklima zur Auslegung und Bewertung der

Energieeffizienz von Gebäuden bezüglich Raumlufthausqualität, Temperatur, Licht und Akustik“ zu finden, sowie in der DIN 4109, VDI 2081 oder in den Arbeitsstättenrichtlinien. Zu berücksichtigen ist hier stets, dass die Vorgaben meist nicht für die Lüftung allein gelten, sondern als Summe aller Schallquellen zu verstehen sind. Daher sollten die in den Normen vor-

Tabelle 1: Auslegungswert des äquivalenten Dauerschallpegels, $LA_{eq,NT}$ – [dB(A)], für dauerhafte Quellen in Abhängigkeit der Kategorie nach DIN EN 16798-1

Gebäude	Art des Raumes	Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{eq,NT}$ in dB		
		I	II	III
Wohngebäude	Wohnzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Schlafzimmer	≤ 27	≤ 30	≤ 30
Versammlungsorte	Hör- und Zuschauersäle	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bibliotheken	≤ 30	≤ 30	≤ 35
	Kinos	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Museen	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Geschäftsgebäude	Ladengeschäfte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
	Kaufhäuser, Supermärkte	≤ 40	≤ 45	≤ 50
Krankenhäuser	Schlafzimmer	≤ 25	≤ 30	≤ 35
	Stationen	≤ 25	≤ 35	≤ 35
	Operationssäle	≤ 48	≤ 48	≤ 48
Hotels	Hotelzimmer	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Empfang, Eingangsbereich	≤ 35	≤ 45	≤ 45
Büros	Kleine Büros	≤ 30	≤ 35	≤ 35
	Bürolandschaften	≤ 35	≤ 45	≤ 45
	Konferenzräume	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Restaurants	Cafeterien	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Bars, Speiseräume	≤ 35	≤ 45	≤ 50
	Küchen	≤ 50	≤ 55	≤ 60

Quelle: Beuth

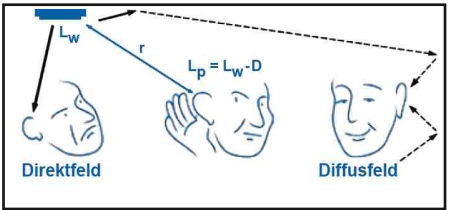


Bild1: Erklärung Direktfeld und Diffusfeld.

gegebenen maximalen Schalldruckpegel (Tabelle 1) durch die von der Lüftungsanlage erzeugten Werte unterschritten werden. Die Räume, in denen Luft abgesaugt oder eingeblasen wird, sind die Zonen, für die Schallvorgaben gegeben sind. Die Wände absorbieren oder reflektieren zum Teil den Schall der Luftdurchlässe. Eine Kenngröße für das akustische Verhalten eines Raumes ist die Nachhallzeit. Sie wird definiert als diejenige Zeit, in der ein Schalldruckpegel nach beendeter Schallsendung um 60 dB abfällt. Je härter die Umgebungsflächen eines Raumes ist, desto länger ist die Nachhallzeit und umso sensibler sind die Einflüsse von Schallquellen zu behandeln.

Je größer der Abstand zu einer Schallquelle ist, desto größer wird der Einfluss der Raumeigenschaften auf den Schall (Diffusfeld). Bei kleinem Abstand zur Schallquelle wirkt die direkte Schallabstrahlung – genannt Direktfeld (Bild 1). Ein weiteres Kriterium ist die Anordnung der Schallquelle im Raum. Sie bestimmt das Ausbreitungsfeld (Bild 2) der Schallenergie

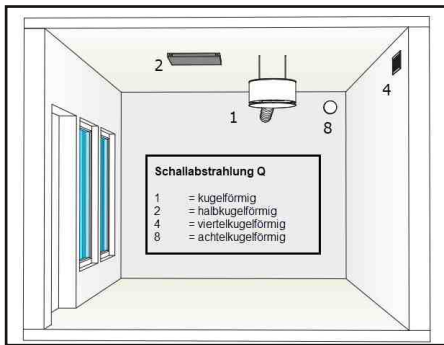


Bild 2: Abstrahlungsfaktor Q. Der Wert ist dem jeweiligen Luftdurchlass zugeordnet.

und hat somit direkten Einfluss auf den Schalldruckpegel. Was von einem Menschen in einem Raum wahrgenommen wird ist somit der Schalldruckpegel als Ursache aus einer oder mehrerer Schallquellen, die Schallenergie in den Raum abgeben, welche durch die Umgebungsflächen und den Abstand gedämpft wird. Hersteller geben die Schallleistung ihrer Lüftungskomponenten in Abhängigkeit vom Volumenstrom an. Die Umrechnung des Schallleistungspegels in den Schalldruckpegel erfolgt somit in Abhängigkeit der Eigenschaften des Raumes. So kann der Schalldruckpegel einer Schallquelle für jeden Punkt im Raum errechnet werden. Es gelten dafür folgende Formeln:

$$L_p = L_w + 10 \cdot \log \left\{ \frac{Q \cdot r_{ref}}{4 \cdot \pi \cdot r^2} + \frac{4 \cdot A_{ref}}{A} \right\} \text{ und } A = 0,163 \frac{V}{T}$$

L_p = Schalldruckpegel im Abstand r
 L_w = Schallleistung der Schallquelle
 Q = Abstrahlungsfaktor (Bild 2), für Deckenauslässe i.d.R. $Q = 2$
 r = Abstand zur Schallquelle in Meter
 r_{ref} = Referenzabstand 1 m
 A = äquivalente Schallabsorptionsfläche (m^2 Sabine)
 A_{ref} = Referenzfläche $1 m^2$ Sabine
 V = Raumvolumen [m^3]
 T = Nachhallzeit [s]

Info: Die Formel für die äquivalente Schallabsorptionsfläche geht auf Forschungen des amerikanischen Physikers und Pionier auf dem Gebiet der Raumakustik, Wallace Clement Sabine (* 13. Juni 1868; † 10. Januar 1919), zurück. Die „Sabinesche Formel“ beschreibt den Zusammenhang zwischen der Nachhallzeit und den räumlichen Randbedingungen. Er entwickelte zudem als erster Kenngrößen

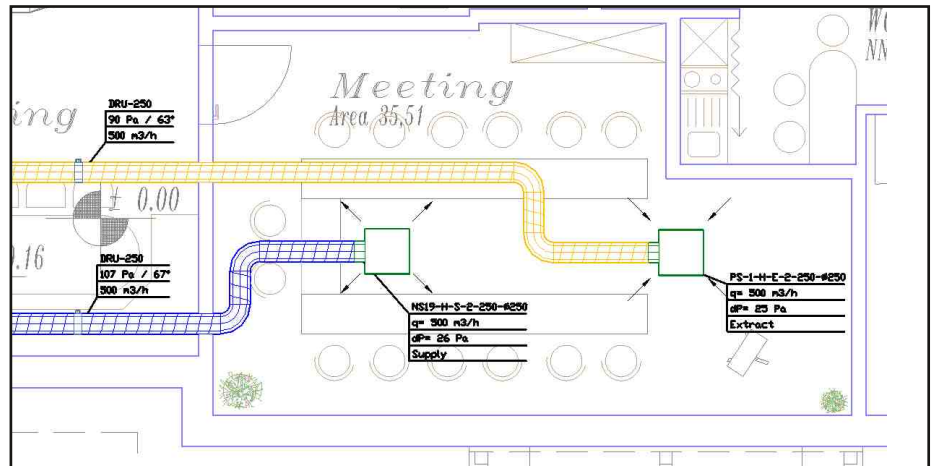


Bild 3: Zeichnung Tagungsraum eines Gästehauses.

Tabelle 2: Eigenschaften und Anforderungen – Tagungsraum.

Datenübersicht Tagungsraum	
Raumfläche	35,5 m ²
Raumhöhe	2,80 m
Zuluft	500 m ³ /h (139 l/s)
Abluft	500 m ³ /h (139 l/s)
Maximaler Schalldruckpegel	35 dB(A)
Nachhallzeit	0,5 s

Quelle: Lindab

für die Nachhallzeit, Schallabsorption und Schalltransmission in Gebäuden.

Ermittlung der Eigenschallerzeugung

Das folgende Beispiel soll zunächst den Einfluss der Eigenschallerzeugung von Luftdurchlässen auf den Raum aufzeigen. In Bild 3 ist ein kleiner Tagungsraum eines Gästehauses dargestellt. Die Eigenschaften des Raumes können der Tabelle 1 entnommen werden. Die Diagramme (Bild 4 und 5) zeigen den Schallleistungspegel der gewählten Luftdurchlässe in Abhängigkeit des Volumenstroms und der Drosselwerte, welche sich aus der Druckverlustberechnung ergeben haben. Es sei erwähnt, dass für diesen Einsatzzweck bessere Anschlusskästen geeignet wären, die auch bei hohem Einreguliertdruck nur geringen Schall erzeugen, z. B. Lindab „MBB“, oder „MBV“ mit integriertem Volumenstromregler. Für dieses Berechnungsbeispiel wurden jedoch einfache Durchlässe gewählt.

Aus den Diagrammen der Luftdurchlässe ergeben sich Schallwerte in Abhängigkeit vom Volumenstrom und der Drossel-

stellung. Diese ist meist bei der Auswahl der Durchlässe noch nicht bekannt. Die Auswahl der Durchlässe erfolgt daher oft auf Basis der geöffneten Drossel. Die Diagramme (Bild 4 und 5) zeigen bei geöffneter Drossel einen Schallleistungspegel der Durchlässe von unter 35 dB(A) und haben durch diese Betrachtungsweise ihren Weg in die Planung erhalten. Aus einer Druckverlustberechnung ergeben sich jedoch folgende Drosselwerte für die Abzweigung zu den Luftdurchlässen:

Zuluft: Aus der Druckverlustberechnung ergibt sich ein Regelbedarf von 133 Pa. Der gewählte Zuluftdurchlass kann diesen Wert nicht erbringen. Es wird die notwendige Drosselung somit auf eine Regulierklappe (107 Pa) und den Luftdurchlass (26 Pa) aufgeteilt. Aus dem Diagramm in Bild 4 ergibt sich ein Schallleistungspegel von 34 dB(A).

Abluft: Aus der Druckverlustberechnung ergibt sich ein Regelbedarf von 90 Pa. Der gewählte Abluftdurchlass arbeitet mit dieser Anforderung im oberen Bereich seines Regelfeldes und wäre damit zu laut. Es wird auch hier die notwendige Drosselung

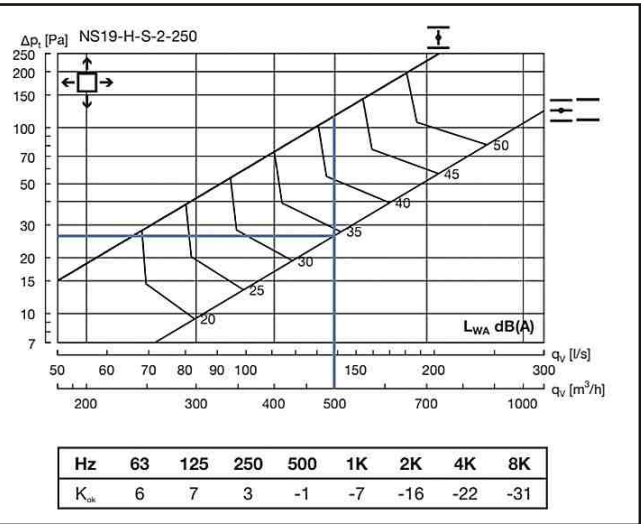


Bild 4: Diagramm Zuluftdurchlass, ermittelter Schallleistungspegel = 34 dB(A).

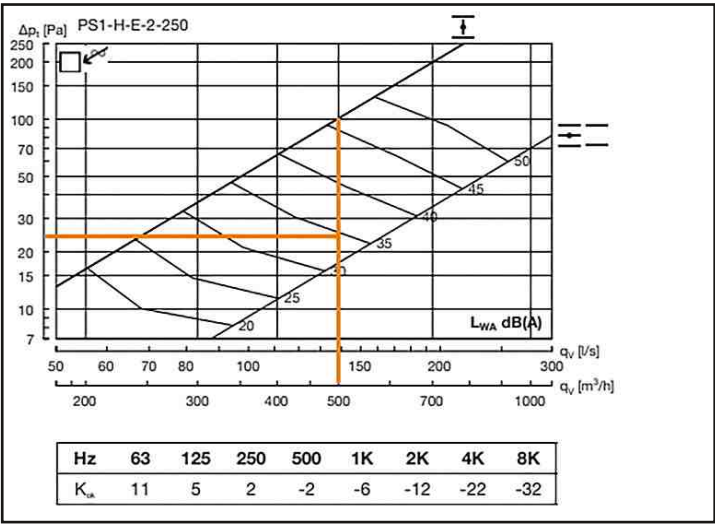


Bild 5: Diagramm Abluftdurchlass, ermittelter Schallleistungspegel = 35 dB(A).

auf eine Regulierklappe (64 Pa) und den Luftdurchlass (26 Pa) aufgeteilt. Der Schallleistungspegel beträgt in diesem Fall 35 dB(A) (Bild 5).
Für den Punkt A in Bild 6 ist der Schalldruckpegel zu berechnen. Mit den Daten aus Bild 3 und Tabelle 1 ergibt sich ein Schalldruckpegel von 30 dB(A) für den Zuluft- und 26 dB(A) für den Abluftdurchlass. Die logarithmische Summierung der beiden Schallquellen (Luftdurchlässe) mit nachfolgender Formel ergibt einen Gesamtschalldruckpegel von 31 dB(A) aus der Eigenschallerzeugung.

$$L_{p \text{ Durchlässe}} = 10 \cdot \log \left(10 \frac{L_{p \text{ Sup}}}{10} + 10 \frac{L_{p \text{ Ext}}}{10} \right) = 31 \text{ dB(A)}$$

- $L_{p \text{ Durchlässe}}$ = Gesamt-Schalldruckpegel im Punkt A durch die Luftdurchlässe.
- $L_{p \text{ Sup}}$ = Schalldruckpegel im Punkt A durch den Zuluftdurchlass.
- $L_{p \text{ Ext}}$ = Schalldruckpegel im Punkt A durch den Abluftdurchlass.

Diese Berechnung zeigt, dass die gewählten Durchlässe die schalltechnischen Anforderungen des Raumes von 35 dB(A) unter den genannten Bedingungen erfüllen können.

Vorschau Teil 2
Weiter geht es im zweiten Teil der Beitragsreihe, der in der Ausgabe 8/2024 erscheinen wird. Der Fokus liegt darin auf der Schallerzeugung innerhalb des Lüftungssystems und welchen Einfluss die vorgeschalteten Drosselklappen in dem behandelten Beispiel haben wird.

Autor: Dipl. Ing. Jan Behrens, technischer Leiter, Lindab GmbH

Bilder: Lindab, Bargteheide

www.lindab.de

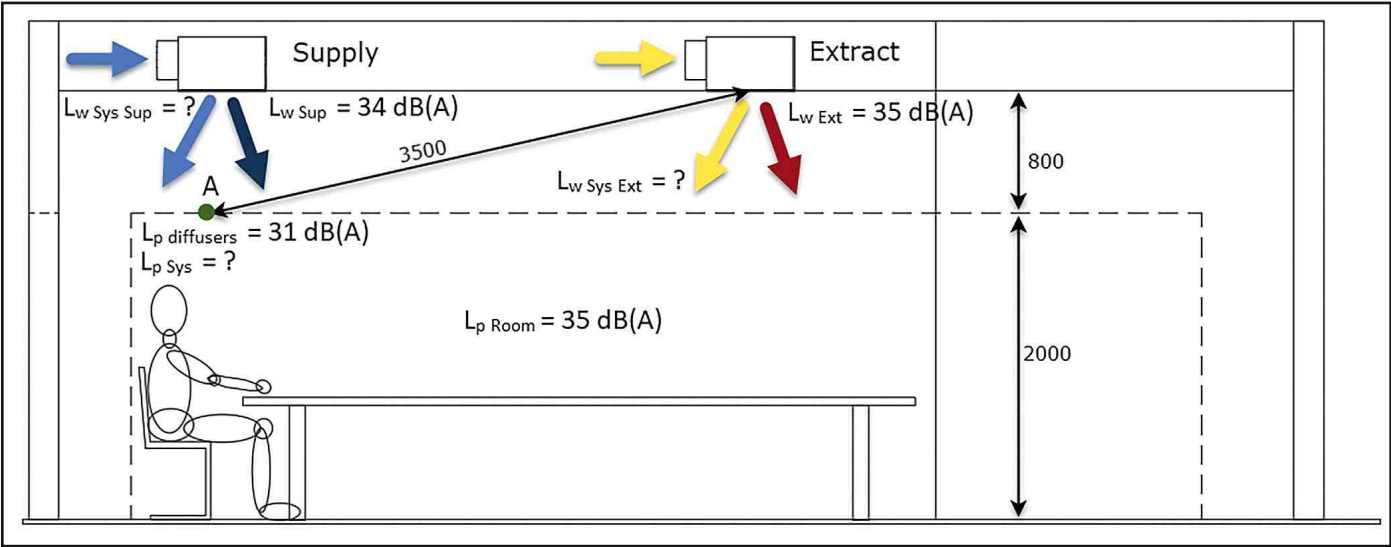


Bild 6: Symbolische Schnittdarstellung des Tagungsraums. Der Abstand zur Schallquelle (r) beträgt für den Zuluftdurchlass 0,8 m und für den Abluftdurchlass 3,5 m.