

Dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung M-WRG-S / K

Schalldämmung und Schallabstrahlung der Lüftungsgeräte

Bericht Nr. 52 306/3

Auftraggeber:	Meltem Wärmerückgewinnung GmbH & Co. KG Am Griesfeld 33 82239 Alling
Bearbeitet von:	Dipl.-Phys. Elmar Schröder
Berichtsumfang:	Insgesamt 10 Seiten

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	3
2	Grundlagen	3
3	Schalldämmung von Fenstern in Verbindung mit Lüftungsgeräten	4
3.1	Allgemeines	4
3.2	Berechnung der resultierenden Schalldämmung	4
3.3	Messergebnisse der Schalleistungsmessungen der Lüftungsgeräte	6
4	Schalldruckpegel im Raum, verursacht durch Lüftungsgeräte	8
4.1	Allgemeines	8
4.2	Berechnung des Schalldruckpegels im Raum	8
4.3	Messergebnisse der Schalleistungsmessungen der Lüftungsgeräte	10

1 Aufgabenstellung

Im Prüfstand der Müller-BBM GmbH wurden Messungen der Schalldämmung und der abgestrahlten Schalleistung des dezentralen Lüftungsgeräts mit Wärmerückgewinnung M-WRG-S / K der Fa. Meltem Wärmerückgewinnung GmbH & Co. KG durchgeführt. Die Schalldämmung wurde als Element-Normschallpegeldifferenz gemäß DIN EN 20140-10 ermittelt. Zur Bestimmung der vom Lüftungsgerät in den Innenraum abgestrahlten Schalleistung wurde der A-bewertete Schalleistungspegel gemäß DIN EN ISO 3743-2 ermittelt.

Im vorliegenden Bericht werden die Messergebnisse zusammengefasst und Hinweise für die Anwendung in der Praxis gegeben.

2 Grundlagen

Diesem Bericht liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise“, Ausgabe November 1989
- [2] Beiblatt 1 zur DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“, Ausgabe November 1989
- [3] DIN EN 20140-10 „Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen“, Ausgabe September 1992
- [4] DIN EN ISO 3743-2 „Bestimmung der Schalleistungspegel von Geräuschquellen aus Schalldruckpegelmessungen; Verfahren der Genauigkeitsklasse 2 für kleine, transportable Quellen in Hallfeldern, Teil 2: Verfahren für Sonder-Hallräume“, Ausgabe Dezember 1996
- [5] VDI 2081 Blatt 1 „Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen“, Ausgabe Juli 2001
- [6] VDI 2719 „Schalldämmung von Fenstern und Zusatzeinrichtungen“, Ausgabe August 1987
- [7] DIN EN 12354-3 „Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außenlärm“, Ausgabe September 2000
- [8] Müller-BBM Prüfbericht Nr. 52 306/1 „Dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung M-WRG-S / K; Messung der Schalldämmung nach DIN EN 20140-10“ vom 11. Juli 2002
- [9] Müller-BBM Prüfbericht Nr. 52 306/2 „Dezentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung M-WRG-S / K; Messung der Schalleistung nach DIN EN ISO 3743-2“ vom 11. Juli 2002

3 Schalldämmung von Fenstern in Verbindung mit Lüftungsgeräten

3.1 Allgemeines

Die Schalldämmung von Außenwänden wird durch die Schalldämmung der einzelnen Bauteile, wie z. B. Mauerwerkswand, Fenster, Lüftungsgerät etc., sowie den im Innenraum anschließenden flankierenden Bauteilen bestimmt. Die Verfahren zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung sind in verschiedenen Vorschriften, wie der DIN 4109 [1], VDI 2719 [6] und der Europäischen Norm DIN EN 12354-3 [7] beschrieben.

Bezüglich der Frage, welchen Einfluss ein Lüftungsgerät auf die resultierende Schalldämmung hat, müssen daher die akustischen Eigenschaften aller an der Schallübertragung beteiligten Bauteile bekannt sein. Da dies bei der Auswahl eines geeigneten Lüftungsgeräts vielleicht nicht immer der Fall ist, soll im Folgenden die Frage beantwortet werden, welchen Einfluss das Lüftungsgerät auf die Schalldämmung eines Fensters hat. Es wird beschrieben, wie aus dem bewerteten Schalldämm-Maß und der Fläche des Fensters unter Berücksichtigung der Schallübertragung durch ein Lüftungsgerät die resultierende Schalldämmung ermittelt werden kann.

3.2 Berechnung der resultierenden Schalldämmung

Es wird die resultierende Schalldämmung eines Fensters und eines Lüftungsgeräts ermittelt. Hierzu müssen folgende Eingangsgrößen bekannt sein:

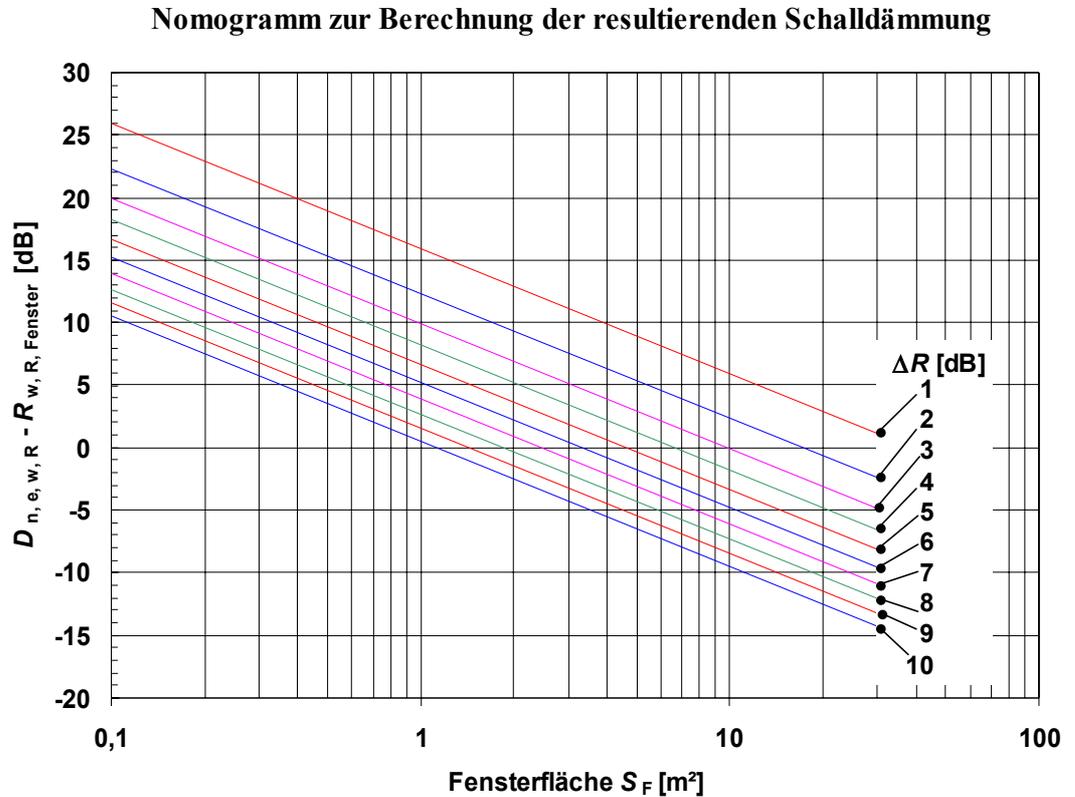
- $R_{w, R, \text{Fenster}}$ Rechenwert des bewerteten Schalldämm-Maßes des Fensters
- S Fläche des Fensters
- $D_{n, e, w, R}$ Rechenwert der bewerteten Element-Normschallpegeldifferenz des Lüftungsgeräts
(Von den in Tabelle 2 und 3 angegebenen, im Prüfstand ermittelten Werten $D_{n, e, w}$ ist nach DIN 4109 [1] ein Vorhaltemaß von 2 dB zur Ermittlung des Rechenwertes abzuziehen.)

Ergebnis ist das resultierende bewertete Schalldämm-Maß $R_{w, \text{res}}$, welches die Schalldämmung der Bauteile Fenster und Lüftungsgerät beschreibt:

$$R_{w, \text{res}} = -10 \log \left(10^{-R_{w, R, \text{Fenster}}/10} + \frac{A_0}{S} 10^{-D_{n, e, w, R}/10} \right)$$

Aus dieser Gleichung lässt sich das in Abbildung 1 dargestellte Nomogramm entwickeln. Es gestattet, in Abhängigkeit von der Differenz zwischen der bewerteten Element-Normschallpegeldifferenz des Lüfters und dem bewerteten Schalldämm-Maß des Fensters $D_{n, e, w, R} - R_{w, R, \text{Fenster}}$ sowie von der Fensterfläche S die Verminderung ΔR_w des bewerteten Schalldämm-Maßes des Fensters durch das Lüftungsgerät abzulesen. Gemäß dem Nomogramm ergibt sich das resultierende bewertete Schalldämm-Maß $R_{w, \text{res}} = R_{w, R, \text{Fenster}} - \Delta R$.

Abb. 1. Nomogramm zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung eines Fensters unter Berücksichtigung eines Lüftungsgerätes: $R_{w, res} = R_{w, R, Fenster} - \Delta R$



In der Tabelle 1 sind für ausgewählte Fenster und Lüftungsgeräte die resultierenden bewerteten Schalldämm-Maße angegeben.

Tabelle 1. Beispiele für die resultierende Schalldämmung von Fenstern mit einer Fensterfläche von $S = 1,8 \text{ m}^2$ unter Berücksichtigung der Schallübertragung durch ein Lüftungsgerät

	Fenster $R_{w, R, Fenster}$	Lüftungsgerät $D_{n, e, w, R}$	$R_{w, res}$	Lüftungsgerät $D_{n, e, w, R}$	$R_{w, res}$
1	25 dB	48 dB	25 dB	56 dB	25 dB
2	30 dB		30 dB		30 dB
3	35 dB		34 dB		35 dB
4	40 dB		37 dB		39 dB
5	45 dB		39 dB		43 dB
6	50 dB		40 dB		46 dB

Bei dem o. g. Rechenverfahren wurden folgende Vereinfachungen getroffen:

- Es wurde davon ausgegangen, dass das Lüftungsgerät in die Außenwand eingebaut wird. Der Flächenanteil der Außenwand, der für den Einbau des Lüftungsgeräts ausgenommen wird, wurde hinsichtlich der Schallübertragung durch die Wand selbst als vernachlässigbar klein angesehen.
- Die Schalldämmung eines Bauteils (z. B. Fenster, Lüftungsgerät, etc.) wird durch die Lage in der Fassade bestimmt. Die Schalldämmung wird geringer, wenn das Bauteil in der Nähe zu einer Begrenzungsfläche, z. B. Decke oder Boden, eingebaut wird. Im akustischen Sinne günstig ist eine Lage, die einen möglichst großen Abstand zu allen Begrenzungsflächen vor und hinter der Fassade hat. Ungünstig ist der Einbau in die Kante zwischen zwei Begrenzungsflächen und am ungünstigsten in die Ecke von drei Begrenzungsflächen. Die Korrektur für die Lage der Bauteile im Raum ist rechnerisch erfassbar, wobei die Berechnungen frequenzabhängig durchgeführt werden müssen [7]. Beim Einbau eines Bauteils in eine Raumkante kann sich die Schalldämmung bis zu 3 dB verschlechtern, beim Einbau in eine Raumecke sogar bis zu 6 dB. Diese großen Abminderungen ergeben sich bei tiefen Frequenzen, bei mittleren und höheren Frequenzen sind die Abminderungen geringer. Dieser Einfluss wurde bei den o. g. Werten nicht berücksichtigt.

3.3 Messergebnisse der Schalleistungsmessungen der Lüftungsgeräte

In der Tabelle 2 und 3 sind die durch Messungen ermittelten bewerteten Element-Normschallpegeldifferenzen der Lüftungsgeräte in den Ausführungen Unterputz und Aufputz enthalten [8].

Tabelle 2. Beschreibung der geprüften Varianten und ermittelte bewertete Element-Normschallpegeldifferenzen der Ausführung Unterputz

Nr.	Betriebszustand ¹⁾	Schallabsorbierende Auskleidung der Zu- und Abluftrohre ^E	Ausführung des Fassadenabschlusses	$D_{n,e,w}$ ²⁾ in dB
1	aus	nein	Standard-Fassadenabschluss	56
2	aus	ja	Standard-Fassadenabschluss	58
3	aus	ja	Fassadenabschluss innenseitig mit Schaumstoff ausgekleidet	58
4	betriebsbereit	nein	ohne Fassadenabschluss	50
5	betriebsbereit	nein	Standard-Fassadenabschluss	50
6	betriebsbereit	ja	Standard-Fassadenabschluss	52

7	betriebsbereit	ja	Fassadenabschluss innenseitig mit Schaumstoff ausgekleidet	53
8	betriebsbereit	nein	Fassadenabschluss innenseitig mit Schaumstoff ausgekleidet	51
9	betriebsbereit	nein	Fassadenabschluss aus Edelstahl	51

1) Im Betriebszustand „aus“ sind die Klappen der Zu- und Abluftrohre geschlossen. Im Betriebszustand „betriebsbereit“ sind die Klappen der Zu- und Abluftrohre geöffnet.

2) Bewertete Element-Normschallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$

$$D_{n,e,w} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{p_{i,e}}{p_{i,w}} \right)^2 \right)^{0.5} \cdot 10 \cdot \log_{10}$$

Tabelle 3. Beschreibung der geprüften Varianten und ermittelte bewertete Element-Norm-Schallpegeldifferenzen der Ausführung Aufputz

Nr.	Betriebszustand ¹⁾	Schallabsorbierende Auskleidung der Zu- und Abluftrohre ^E	Ausführung des Fassadenabschlusses	$D_{n,e,w}$ ²⁾ in dB
1	aus	nein	Standard-Fassadenabschluss	53
2	aus	ja	Standard-Fassadenabschluss	56
3	aus	ja	Fassadenabschluss innenseitig mit Schaumstoff ausgekleidet	56
4	betriebsbereit	nein	ohne Fassadenabschluss	50
5	betriebsbereit	nein	Standard-Fassadenabschluss	50
6	betriebsbereit	ja	Standard-Fassadenabschluss	52
7	betriebsbereit	ja	Fassadenabschluss innenseitig mit Schaumstoff ausgekleidet	53

1) Im Betriebszustand „aus“ sind die Klappen der Zu- und Abluftrohre geschlossen. Im Betriebszustand „betriebsbereit“ sind die Klappen der Zu- und Abluftrohre geöffnet.

2) Bewertete Element-Normschallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$

$$D_{n,e,w} = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{p_{i,e}}{p_{i,w}} \right)^2 \right)^{0.5} \cdot 10 \cdot \log_{10}$$

4 Schalldruckpegel im Raum, verursacht durch Lüftungsgeräte

4.1 Allgemeines

Der Schalleistungspegel eines Lüftungsgeräts beschreibt die akustische Leistung, die von dem Lüftungsgerät als Luftschall abgestrahlt wird. Dieser Schalleistungspegel verursacht in ausreichendem Abstand vom Lüftungsgerät einen Schalldruckpegel im Raum, der im Wesentlichen nur von der Bedämpfung des Raums abhängt. Die Bedämpfung des Raums wird durch die äquivalente Absorptionsfläche A_{eq} in m^2 beschrieben. Je größer die äquivalente Absorptionsfläche, desto größer ist die Bedämpfung des Raums.

In der Tabelle 4 sind typische Absorptionsflächen von Wohnräumen enthalten. Im Einzelfall können je nach Möblierung auch größere Abweichungen von diesen Mittelwerten auftreten.

Tabelle 4. Typische äquivalente Absorptionsflächen von Wohnräumen

Raumtyp	äquivalente Absorptionsfläche
Küchen, Bäder	4 m ²
Schlaf- und Wohnräume mit „normaler Möblierung“, Wohnküchen	10 m ²
Schlaf- und Wohnräume mit sehr dichter Möblierung oder große Schlaf- und Wohnräume mit „normaler Möblierung“	20 m ²

4.2 Berechnung des Schalldruckpegels im Raum

Zur Berechnung des A-bewerteten Schalldruckpegels im Raum $L_{p,A}$ in einem ausreichenden Abstand von der Schallquelle sind folgende Eingangsgrößen notwendig:

- L_{WA} A-bewerteter Schalleistungspegel des Lüftungsgeräts
siehe Tabelle 6
- A_{eq} mittlere äquivalente Absorptionsfläche des Raums
siehe Tabelle 4

Aus diesen Größen wird der erwartete A-bewertete Schalldruckpegel im Raum wie folgt berechnet:

$$L_{p,A} = L_{w,A} - 10 \log \left(\frac{A_{eq}}{4} \right)$$

Für die untersuchten Ausführungen und Varianten der Lüftungsgeräte sind die erwarteten Schalldruckpegel bei unterschiedlicher Bedämpfung des Raums in Tabelle 5 enthalten. Dabei wurden die A-bewerteten Schalleistungspegel der Tabelle 6 zugrundegelegt.

Tabelle 5. A-bewerteter Schalldruckpegel im Raum, verursacht durch ein Lüftungsgerät, in Abhängigkeit vom Volumenstrom und von der Bedämpfung des Raums

Raumbedämpfung: $A_{eq} = 4 \text{ m}^2$ (z. B. Küchen, Bäder)										
Volumenstrom [m ³ /h]	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	A-bewerteter Schalldruckpegel $L_{p,A}$ [dB(A)]									
UP – Ausführung	19,5	26,0	28,0	32,5	35,0	40,0	42,5	46,5	49,5	50,5
AP – Ausführung	23,0	23,5	28,0	32,0	34,5	39,0	41,5	46,5	49,0	50,0
Raumbedämpfung: $A_{eq} = 10 \text{ m}^2$ (z. B. Schlaf- und Wohnräume mit „normaler Möblierung“, Wohnküchen)										
Volumenstrom [m ³ /h]	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	A-bewerteter Schalldruckpegel $L_{p,A}$ [dB(A)]									
UP – Ausführung	15,5	22,0	24,0	28,5	31,0	36,0	38,5	42,5	45,5	46,5
AP – Ausführung	19,0	19,5	24,0	28,0	30,5	35,0	37,5	42,5	45,0	46,0
Raumbedämpfung: $A_{eq} = 20 \text{ m}^2$ (z. B. Schlaf- und Wohnräume mit sehr dichter Möblierung oder große Schlaf- und Wohnräume mit „normaler Möblierung“)										
Volumenstrom [m ³ /h]	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
	A-bewerteter Schalldruckpegel $L_{p,A}$ [dB(A)]									
UP – Ausführung	12,5	19,0	21,0	25,5	28,0	33,0	35,5	39,5	42,5	43,5
AP – Ausführung	16,0	16,5	21,0	25,0	27,5	32,0	34,5	39,5	42,0	43,0

Bei der Beurteilung der in der Tabelle 5 dargestellten A-bewerteter Schalldruckpegel ist zu berücksichtigen, dass der Grundgeräuschpegel in sehr ruhigen Wohnlagen einen Wert von 18 dB(A) nachts selten unterschreitet. Nach den aktuellen Vorschriften soll zum Schutz gegen Außenlärm der Innenraumpegel Werte von 25 bis 30 dB(A) nachts nicht überschreiten.

Bei dem oben dargestellten Verfahren wurden folgende Vereinfachungen getroffen:

- Der nach dem oben beschriebenen Verfahren berechnete Schalldruckpegel ergibt sich erst in einem ausreichenden Abstand von der Schallquelle. Unmittelbar an der Schallquelle sind höhere Pegel zu erwarten. Der ausreichende Abstand von der Schallquelle ist in erster Näherung nur von der Raumbedämpfung abhängig. Der Abstand R berechnet sich aus $r = 0,2 \sqrt{A_{eq}}$.

- Wie auch bei der Schalldämmung hängt die vom Lüftungsgerät in den Raum abgestrahlte Schalleistung von der Lage des Gerätes bezüglich der Raumbegrenzungsflächen ab. Die Schallabstrahlung ist um bis zu 3 dB höher, wenn das Gerät in einer Kante zwischen zwei Raumbegrenzungsflächen angeordnet wird, in einer Ecke zwischen drei Raumbegrenzungsflächen um bis zu 6 dB höher. Dieser Einfluss wurde bei den o. g. Werten nicht berücksichtigt. Die Korrektur kann für konkrete räumliche Positionen berechnet werden, wobei die Berechnung frequenzabhängig durchgeführt werden muss [5].

4.3 Messergebnisse der Schalleistungsmessungen der Lüftungsgeräte

In der Tabelle 6 sind die durch Messungen ermittelten A-bewerteten Schalleistungspegel der Lüftungsgeräte dargestellt [9].

Tabelle 6. Ermittelte A-bewertete Schalleistungspegel der Lüftungsgeräte in den Ausführungen „Aufputz“ und „Unterputz“ in Abhängigkeit von der Lüftungsstufe

Ausführung		Unterputz	Aufputz
Lüftungsstufe	Volumenstrom [m ³ /h]	A-bewerteter Schalleistungspegel L_{WA} [dB]	
1	15	19,5	23,0
2	20	26,0	23,5
3	30	28,0	28,0
4	40	32,5	32,0
5	50	35,0	34,5
6	60	40,0	39,0
7	70	42,5	41,5
8	80	46,5	46,5
9	90	49,5	49,0
10	100	50,5	50,0



Dipl.-Phys. Elmar Schröder