

Schalltechnische Massnahmen an Fenstern

Schutz vor Strassenlärm im Hochbau

Von Kühn + Blickle, Institut für Lärmschutz, 6314 Unterägeri

Untersuchungen haben ergeben, dass Massnahmen gegen Verkehrslärm dann notwendig sind, wenn der Immissionspegel tagsüber höher als $L_m = 60$ dB(A) und nachts höher als $L_m = 50$ dB(A) liegt, wie es auch in der dieses Frühjahr in Kraft getretenen Eidg. Lärmschutzverordnung verankert ist. Nachfolgend werden einige Grundlagen und schalltechnische Massnahmen an Fenstern dargelegt.

Grundlagen

Aus einer Reihe sozio-psychologischer Untersuchungen, die in den Jahren 1972 bis 1978 in der Schweiz durchgeführt wurden, geht hervor, dass der Strassenverkehrslärm die Hauptursache der während der Nacht und während des Tages auftretenden akustischen Störungen darstellt. Auf die Frage, «Was stört nachts beim Strassenlärm am meisten?» kristallisierte sich folgendes heraus:

Lärmquelle	Anteil stark gestörter Personen
Schnelles Vorbeifahren von Personenwagen	22%
Lastwagen	7%
Bremsen, Schalten, Beschleunigen	12%
Türen schlagen, Anfahren	25%
Motorräder	17%
Töffli	11%
Tram	4%
Anderes	3%

(Entnommen aus «Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht», herausgegeben vom BUS, Bern)

Zur Durchführung eines ingenieurmässigen Lärmschutzes ist es zunächst wichtig zu wissen, ob irgendein reproduzierbarer Zusammenhang zwischen dem Strassenverkehrslärmpegel bzw. Immissionspegel und der Reaktion der Bevölkerung auf diesen Lärm besteht. Solche Untersuchungen sind in vielen Ländern immer wieder durchgeführt worden. Daraus ergeben sich folgende für die Lärmschutzpraxis wichtige Erkenntnisse:

Oberhalb eines bestimmten Grenzwertes des Verkehrslärm-Immissionspegels steigt der Anteil der gestörten Personen steil an. Dieser Grenzwert ist für die Tages- und Nachtzeit verschieden hoch. Der Grenzwert liegt tags bei einem energieäquivalenten Dauerschallpegel bzw. Mittelungspegel von $L_m = 55-60$ dB(A) und nachts bei einem solchen von $L_m = 45-50$ dB(A).

Daraus lässt sich nun ableiten, dass Lärmschutz dann erforderlich wird, wenn die Verkehrslärm-Immissionspegel im Bereich bewohnter Bauten tagsüber höher liegen als $L_m = 60$ dB(A) und nachts höher als $L_m = 50$ dB(A). In der am 1. April 1987 in Kraft getretenen Eidgenössischen Lärmschutz-Verordnung (LSV) sind diese Grenzwerte verankert,

die allerdings je nach Empfindlichkeitsstufe des überbauten Gebietes 5 bis 10 dB(A) höher oder tiefer liegen können (siehe Tabelle unten links).

Im weitem haben wir uns zu fragen, welche Luftschallpegel im Gebäudeinnern zulässig sind, damit ein ungestörtes Arbeiten und Wohnen gewährleistet ist. Aus umfangreichen Untersuchungen ergeben sich je nach Art des zu schützenden Raumes die in der Tabelle unten rechts aufgeführten Werte.

Aufgrund der bis jetzt gemachten Angaben ist es nun rechnerisch ohne weiteres möglich, anzugeben, wie hoch der Lärmschutz eines Gebäudes gegenüber Strassenverkehrslärm sein sollte, damit seine Bewohner ausreichend abgeschirmt werden. Das Ergebnis einer solchen Berechnung ist nachfolgend in Tabellenform dargestellt (nächste Seite, oben links).

Die Tabelle gibt diejenigen Schalldämm-Masse an, welche jeweils von der gesamten Fassade der zu schützenden Räume zu erbringen ist. Nun ist es ja so, dass Fassaden aus einzelnen Elementen mit unterschiedlicher Luftschalldämmung zusammengesetzt sind. Diese Elemente sind: Fassadenmauerwerk, Fenster, Rolladenkasten und eventl. Lüftungseinrichtung. Für die schalltechnische Auslegung der Fassade ist es zudem wichtig zu wissen, welchen Anteil die Fensterfläche in der gesamten Fassade einnimmt.

Für die weiteren Ausführungen nehmen wie einfachheitshalber an, dass das Mauerwerk der Fassade ein bewertetes Schalldämm-Mass von $R_w = 50-52$ dB aufweist. Dieser Wert wird mit den üblichen zweischaligen Ausführungen mit Backsteinen im Normalfall ohne weiteres erreicht. Mit dieser gemachten Annahme kann die schalltechnische Gestaltung der Fassade auf die Dimensionierung der Fenster und deren Zusatzeinrichtungen reduziert werden.

Zulässige Belastungsgrenzwerte für Strassenverkehrslärm gemäss der Lärmschutzverordnung (LSV)

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43)	Planungswert Immissions- Alarmwert grenzwert					
	Lr in dB(A)		Lr in dB(A)		Lr in dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Im Gebäudeinnern zulässige Luftschallpegel

Raumart	zulässiger Mittelungspegel L_m	zul. Spitzenpegel L_1
Schlafräume nachts	25–30 dB(A)	35–40 dB(A)
Wohnräume tags	35 dB(A)	45 dB(A)
Unterrichtsräume, Einzelbüros	35 dB(A)	45 dB(A)
Mehrpersonenbüros	40 dB(A)	50 dB(A)

Schalltechnische Massnahmen an Fenstern

Schutz vor Strassenlärm im Hochbau

Von Kühn + Blickle, Institut für Lärmschutz, 6314 Unterägeri

Untersuchungen haben ergeben, dass Massnahmen gegen Verkehrslärm dann notwendig sind, wenn der Immissionspegel tagsüber höher als $L_m = 60 \text{ dB(A)}$ und nachts höher als $L_m = 50 \text{ dB(A)}$ liegt, wie es auch in der dieses Frühjahr in Kraft getretenen Eidg. Lärmschutzverordnung verankert ist. Nachfolgend werden einige Grundlagen und schalltechnische Massnahmen an Fenstern dargelegt.

Grundlagen

Aus einer Reihe sozio-psychologischer Untersuchungen, die in den Jahren 1972 bis 1978 in der Schweiz durchgeführt wurden, geht hervor, dass der Strassenverkehrslärm die Hauptursache der während der Nacht und während des Tages auftretenden akustischen Störungen darstellt. Auf die Frage, «Was stört nachts beim Strassenlärm am meisten?» kristallisierte sich folgendes heraus:

Lärmquelle	Anteil stark gestörter Personen
Schnelles Vorbeifahren von Personenwagen	22%
Lastwagen	7%
Bremsen, Schalten, Beschleunigen	12%
Türen schlagen, Anfahren	25%
Motorräder	17%
Töffli	11%
Tram	4%
Anderes	3%

(Entnommen aus «Störwirkungen des Strassenverkehrslärms in der Nacht», herausgegeben vom BUS, Bern)

Zur Durchführung eines ingenieurmässigen Lärmschutzes ist es zunächst wichtig zu wissen, ob irgendein reproduzierbarer Zusammenhang zwischen dem Strassenverkehrslärmpegel bzw. Immissionspegel und der Reaktion der Bevölkerung auf diesen Lärm besteht. Solche Untersuchungen sind in vielen Ländern immer wieder durchgeführt worden. Daraus ergeben sich folgende für die Lärmschutzpraxis wichtige Erkenntnisse:

Oberhalb eines bestimmten Grenzwertes des Verkehrslärm-Immissionspegels steigt der Anteil der gestörten Personen steil an. Dieser Grenzwert ist für die Tages- und Nachtzeit verschieden hoch. Der Grenzwert liegt tags bei einem energieäquivalenten Dauerschallpegel bzw. Mittelungspegel von $L_m = 55-60 \text{ dB(A)}$ und nachts bei einem solchen von $L_m = 45-50 \text{ dB(A)}$.

Daraus lässt sich nun ableiten, dass Lärmschutz dann erforderlich wird, wenn die Verkehrslärm-Immissionspegel im Bereich bewohnter Bauten tagsüber höher liegen als $L_m = 60 \text{ dB(A)}$ und nachts höher als $L_m = 50 \text{ dB(A)}$. In der am 1. April 1987 in Kraft getretenen Eidgenössischen Lärmschutz-Verordnung (LSV) sind diese Grenzwerte verankert,

die allerdings je nach Empfindlichkeitsstufe des überbauten Gebietes 5 bis 10 dB(A) höher oder tiefer liegen können (siehe Tabelle unten links).

Im weitem haben wir uns zu fragen, welche Luftschallpegel im Gebäudeinnern zulässig sind, damit ein ungestörtes Arbeiten und Wohnen gewährleistet ist. Aus umfangreichen Untersuchungen ergeben sich je nach Art des zu schützenden Raumes die in der Tabelle unten rechts aufgezählten Werte.

Aufgrund der bis jetzt gemachten Angaben ist es nun rechnerisch ohne weiteres möglich, anzugeben, wie hoch der Lärmschutz eines Gebäudes gegenüber Strassenverkehrslärm sein sollte, damit seine Bewohner ausreichend abgeschirmt werden. Das Ergebnis einer solchen Berechnung ist nachfolgend in Tabellenform dargestellt (nächste Seite, oben links).

Die Tabelle gibt diejenigen Schalldämm-Masse an, welche jeweils von der gesamten Fassade der zu schützenden Räume zu erbringen ist. Nun ist es ja so, dass Fassaden aus einzelnen Elementen mit unterschiedlicher Luftschalldämmung zusammengesetzt sind. Diese Elemente sind: Fassadenmauerwerk, Fenster, Rolladenkasten und eventl. Lüftungseinrichtung. Für die schalltechnische Auslegung der Fassade ist es zudem wichtig zu wissen, welchen Anteil die Fensterfläche in der gesamten Fassade einnimmt.

Für die weiteren Ausführungen nehmen wie einfachheitshalber an, dass das Mauerwerk der Fassade ein bewertetes Schalldämm-Mass von $R_w = 50-52 \text{ dB}$ aufweist. Dieser Wert wird mit den üblichen zweischaligen Ausführungen mit Backsteinen im Normalfall ohne weiteres erreicht. Mit dieser gemachten Annahme kann die schalltechnische Gestaltung der Fassade auf die Dimensionierung der Fenster und deren Zusatzeinrichtungen reduziert werden.

Zulässige Belastungsgrenzwerte für Strassenverkehrslärm gemäss der Lärmschutzverordnung (LSV)

Empfindlichkeitsstufe (Art. 43)	Planungswert Immissions-grenzwert					
	Lr in dB(A)		Lr in dB(A)		Lr in dB(A)	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	50	40	55	45	65	60
II	55	45	60	50	70	65
III	60	50	65	55	70	65
IV	65	55	70	60	75	70

Im Gebäudeinnern zulässige Luftschallpegel

Raumart	zulässiger Mittelungspegel L_m	zul. Spitzenpegel L_1
Schlafräume nachts	25–30 dB(A)	35–40 dB(A)
Wohnräume tags	35 dB(A)	45 dB(A)
Unterrichtsräume, Einzelbüros	35 dB(A)	45 dB(A)
Mehrpersonenbüros	40 dB(A)	50 dB(A)

Lärmschutz eines Gebäudes gegenüber Strassenverkehrslärm

Beurteilungspegel Lr* im Bereich des zu schützenden Gebäudes		Erf. Schalldämm-Mass Rw des Gebäudes gegenüber Strassenverkehrslärm	
tags	nachts	Schlafräume nachts	Wohnräume, Büros tags
55 dB(A)	45 dB(A)	25 dB	25 dB
60 dB(A)	50 dB(A)	30 dB	30 dB
65 dB(A)	55 dB(A)	35 dB	35 dB
70 dB(A)	60 dB(A)	40 dB	40 dB
75 dB(A)	65 dB(A)	45 dB	45 dB
80 dB(A)	70 dB(A)	50 dB	50 dB

* Der Beurteilungspegel Lr entspricht beim Motorfahrzeug-Verkehrslärm im Normalfall dem Mittelungspegel Lm.

Schalltechnische Anforderungen an Fenster

Beurteilungspegel Lr im Bereich des zu schützenden Gebäudes		Erf. Schalldämm-Mass Rw des Fensters und deren Zusatzeinrichtung	
tags	nachts	Schlafräume nachts	Wohnräume, Büros tags
55 dB(A)	45 dB(A)	20 dB (18 dB)*	
60 dB(A)	50 dB(A)	25 dB (23 dB)*	
65 dB(A)	55 dB(A)	30 dB (28 dB)*	
70 dB(A)	60 dB(A)	35 dB (33 dB)*	
75 dB(A)	65 dB(A)	41 dB (39 dB)*	
80 dB(A)	70 dB(A)	47 dB (46 dB)*	

* Bemerkung: Bei der Berechnung der erforderlichen Schalldämmung wurde ein Flächenverhältnis von Fenster zu Fassade je Raum von 1 : 3 angenommen. Die Zahlenwerte in den Klammern treffen bei einem Flächenverhältnis von 1 : 6 zu.

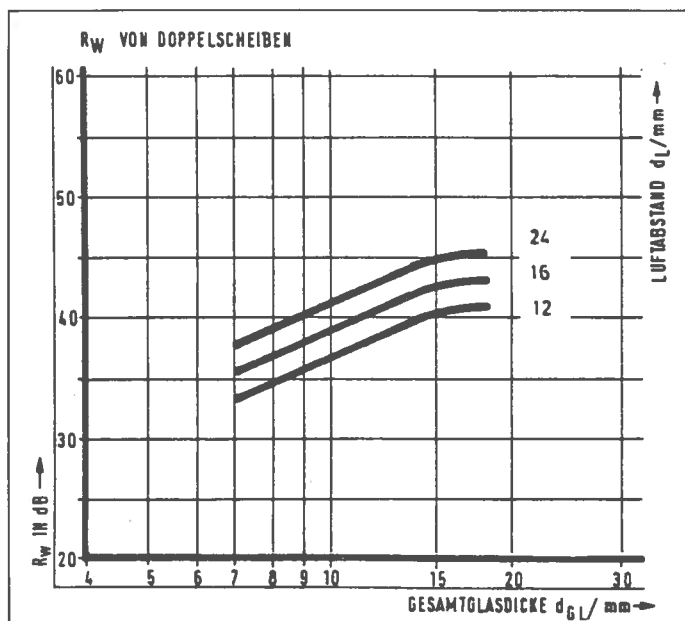
Schalltechnische Anforderungen an Fenster und deren Zusatzeinrichtungen

Unter der Annahme, dass die Fassade aus einem zweischaligen Mauerwerk mit einem bewerteten Schalldämm-Mass von $R_w = 50-52$ dB aufgebaut ist, haben die darin eingesetzten Fenster inkl. deren Zusatzeinrichtungen je nach Beurteilungspegel und Art des zu schützenden Raumes die schalltechnischen Anforderungen gemäss Tabelle oben rechts zu erfüllen.

Allgemeines zur Luftschalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtung

Nachdem nun die schalltechnischen Anforderungen an Fenster und deren Zu-

Darstellung der Abhängigkeit des bewerteten Schalldämm-Masses von der Gesamtglasdicke und vom Luftabstand zwischen den beiden Gläsern bei Isolierglasscheiben mit Gasfüllung.



satzeinrichtung hergeleitet worden sind, stellt sich die Frage, mit welchen Massnahmen diese sicher realisiert werden können. Dazu sollten zuerst ein paar Erläuterungen zur Schallübertragung bei Fenstern gegeben werden. die Luftschalldämmung eines betriebsfertigen Fensters und deren Zusatzeinrichtungen setzt sich grundsätzlich aus fünf Komponenten zusammen:

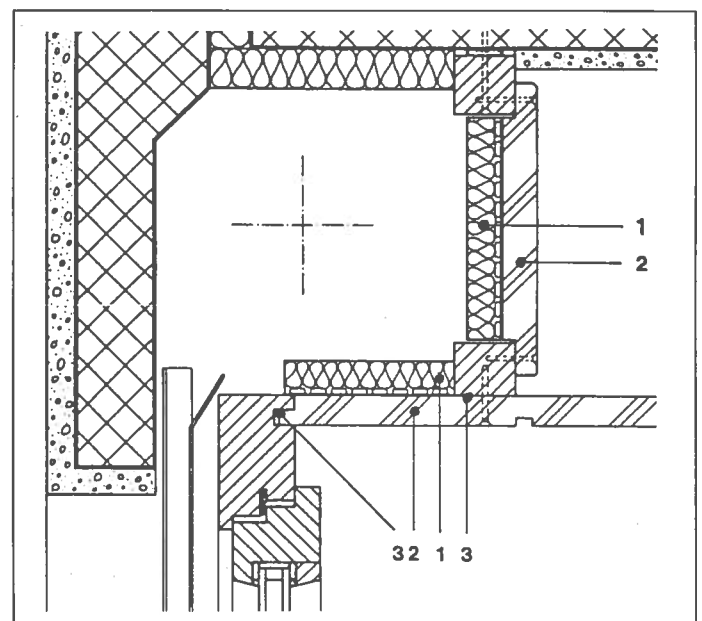
1. Schalldämmung der Verglasung
2. Schalldämmung der umlaufenden Fälze zwischen Fenster- und Flügelrahmen
3. Schalldämmung der Fenster- und Flügelrahmen

4. Schalldämmung des Rolladenkastens
5. Schalldämmung der Lüftungseinrichtung.

Die Schallübertragung über die Verglasung

bestimmt zur Hauptsache die Luftschalldämmung eines betriebsfertigen Fensters. Der Zusammenhang zwischen dem bewerteten Schalldämm-Mass und dem konstruktiven Aufbau der Verglasung ist relativ einfach (Diagramm unten links).

Schalltechnisch richtig ausgebildeter Rolladenkasten: 1) 30–40 mm dicker Mineralfaserfilz aufgeklebt (Dichte: 30–40 kg/m^3); 2) Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung aus 19 mm dicken Holzspanplatten o.ä. mit einseitig aufgebraachter Schwerdämmfolie (flächenbezogene Masse: mindestens 8 kg/m^2); 3) Anschlussfugen dicht ausgebildet (dauerelastischer Kitt, Lippendichtungsprofile)



Wichtige Punkte für die Konstruktion von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen

Schallübertragung über die Fensterfälze

Es ist bekannt, dass Fenster älteren Datums im Normalfall eine sehr schlechte Schalldämmung aufweisen. Der Grund dafür liegt weniger bei der Verglasung als vielmehr bei den undichten Fälzen. Seit vielen Jahren ist es nun im Fensterbau üblich, die Fälze umlaufend mit Dichtungen zu versehen. Solche Dichtungen sind aus schalltechnischer Sicht unentbehrlich geworden, da ohne sie kaum höhere Schalldämm-Masse als $R_w = 24-26$ dB zu erwarten sind. Am besten eignen sich leicht zusammendrückbare Lippendichtungsprofile, die umlaufend in einer Ebene zu versetzen sind. Es ist dabei wichtig, dass die Profile in den Fensterecken in Gehrung geschnitten sind und bei hohen Anforderungen noch verschweisst werden.

Schallübertragung über die Fenster- und Flügelrahmen

Ihr Einfluss auf die Dämmung betriebsfertiger Fenster macht sich an sich erst bei Werten oberhalb $R_w = 40$ dB bemerkbar. Umfangreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass die maximal mögliche Schalldämmung von üblich dimensionierten Fenster- und Flügelrahmen bei $R_w = 46-47$ dB liegt. Dieser obere Grenzwert ergibt sich überraschenderweise unabhängig vom verwendeten Material der Rahmen (Metall, Holz, Kunststoff).

Schallübertragung über Rolladenkästen

Sie stellen ein gewisses Problem dar, besonders dann, wenn es gilt, Luftschalldämm-Masse zu realisieren, die über $R_w = 45$ dB betragen sollen. Das Problem beim Rolladenkasten liegt in erster Linie beim Revisionsdeckel, welcher meistens zu leicht und undicht eingepasst ist. Zur Erreichung einer hohen Luftschalldämmung ist der Rolladenkasten gemäss Skizze auszubilden.

Schallübertragung über Lüftungseinrichtungen

Das Fenster kann seine schalldämmende Funktion natürlich nur erfüllen, wenn es geschlossen ist. Dabei wird es in vielen Fällen erforderlich sein, denn Raum künstlich zu belüften. Für diesen Zweck eignen sich Lüftungseinrichtungen, welche entweder in die Brüstung oder in das

Erforderliches Schalldämm-Mass R'_w des betriebsfertigen Fensters

Erforderliche Massnahmen

$R_w = 25$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 27$ dB, gemäss Labortest; Falzdichtung: Lippendichtungsprofil umlaufend in einer Ebene, in den Ecken in Gehrung geschnitten; Rolladenkasten: Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung mit dichten Anschlussfugen; Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 35$ dB (gemäss Labortest);

$R_w = 30$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 32$ dB, gemäss Labortest; Falzdichtung: Lippendichtungsprofil umlaufend in einer Ebene, in den Ecken in Gehrung geschnitten; Rolladenkasten: Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung mit dichten Anschlussfugen; Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 38$ dB (gemäss Labortest);

$R_w = 35$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 37$ dB, gemäss Labortest; Falzdichtung: Lippendichtungsprofil umlaufend in einer Ebene, in den Ecken in Gehrung geschnitten; Rolladenkasten: Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung mit dichten Anschlussfugen; Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 43$ dB (gemäss Labortest);

$R_w = 39$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 42$ dB, gemäss Labortest; Falzdichtung: mit zwei umlaufend eingelegten Lippendichtungsprofilen, in den Ecken in Gehrung geschnitten und verschweisst; Rolladenkasten: Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung mit Schwerdämmfolie und Mineralfaserfilz versehen; Anschlüsse abgedichtet. Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 46$ dB (gemäss Labortest);

$R_w = 43$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 46$ dB, gemäss Labortest. Falzdichtung: mit zwei umlaufend eingelegten Lippendichtungsprofilen, in den Ecken in Gehrung geschnitten und verschweisst; Rolladenkasten: Revisionsdeckel und raumseitige Kastenwandung mit Schwerdämmfolie und Mineralfaserfilz versehen; Anschlüsse abgedichtet; Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 50$ dB (gemäss Labortest);

$R_w = 46$ dB

Verglasung: bewertetes Schalldämm-Mass der Isolierverglasung $R_w = 49$ dB, gemäss Labortest (Isolierverglasung mit Scheiben aus Verbundglas); Falzdichtung: mit zwei umlaufend eingelegten Lippendichtungsprofilen, in den Ecken in Gehrung geschnitten und verschweisst; Rolladenkasten: von einem Einbau sollte abgesehen werden; es werden Rafflamellenstoren empfohlen; Fenster- und Flügelrahmen: Rahmenhölzer mindestens 75 mm dick; Lüftungseinrichtung: bewertetes Schalldämm-Mass, auf Fensterfläche bezogen: $R_w = 52$ dB (gemäss Labortest)

Schalldämmung

Fenster selbst eingebaut werden. Bei der Verwendung solcher Systeme muss beachtet werden, dass die Luftschalldämmung des Fensters merklich reduziert werden kann. Um einen solchen nachteiligen Einfluss zu verhindern, ist von der Lüftungseinrichtung zu fordern, dass sie ein bewertetes Schalldämm-Mass aufweist, das über demjenigen des Fensters liegt.