

Schalltechnisches Nachweisverfahren für teilgeöffnete Fenster

Ermittlung von Innenpegeln bei verschiedenen Fensterkonstruktionen

Herausgeber: Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Freie und Hansestadt Hamburg

1 Einleitung

Der Hamburger Leitfaden „Lärm in der Bauleitplanung“ beschreibt einen Lösungsansatz zur Bewältigung von Konflikten für die Emittentengruppen „Industrie- und Gewerbelärm“ sowie „Verkehrslärm“, der auf die Gewährleistung verträglicher Innenraumpegel anstelle von Außenpegeln abstellt. Dabei steht insbesondere der Schutz von Schlafräumen und Kinderzimmern im Vordergrund.

In den Festsetzungen der Bebauungspläne wird im Regelfall gefordert, dass „durch geeignete bauliche Schallschutzmaßnahmen insgesamt eine Schallpegeldifferenz erreicht wird, die es ermöglicht, dass in Schlafräumen/Kinderzimmern ein Innenraumpegel bei teilgeöffneten Fenstern von 30 dB(A) während der Nachtzeit nicht überschritten wird.“ Wohn-/Schlafräume in Ein-Zimmer-Wohnungen sind dabei wie Schlafräume zu beurteilen.

Das im Folgenden beschriebene Nachweisverfahren wurde auf Grundlage der Richtlinie VDI 2719 „Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen“ entwickelt.

Das Nachweisverfahren ist nur für teilgeöffnete Fenster, d.h. Fenster mit einer relevanten, ungedämmten Öffnungsfläche, gültig. Es kann nicht angewendet werden auf geschlossene Fenster, teilgeöffnete Fenster mit vergleichsweise kleinen Öffnungsflächen oder Konstruktionen mit Schalldämmlüftern.

2 Allgemeine Vorgehensweise zum Nachweis - Resultierender Innenschallpegel

Aus dem Ansatz der VDI 2719 zur Ermittlung der Schalldämmung der gesamten Außenfläche eines Raumes lässt sich unter Vernachlässigung der Winkelkorrektur „w“ der Innenpegel wie folgt ermitteln:

$$(1)^* \quad L_i = L_a - R'_{w,res} + 10 \cdot \log\left(\frac{S_g}{A}\right) + K$$

Dabei ist

$R'_{w,res}$ resultierendes Bau-Schalldämm-Maß der gesamten Außenfläche in dB

L_a maßgeblicher A-bewerteter Außenschallpegel vor der Außenfläche in dB

L_a ergibt sich aus dem berechneten Freifeld-Außengeräuschpegel

L_o nach folgender Formel: $L_a = L_o + 3$ dB

L_i A-bewerteter Innenschallpegel in dB, der im zu beurteilenden Raum nicht überschritten werden sollte

S_g vom Raum aus gesehene Gesamtaußenfläche in m²

A äquivalente Absorptionsfläche des Raumes in m²

(in der Regel ist $A \approx 0,8 \cdot \text{Grundfläche}$)

K Korrektursummand in dB, der sich aus dem Spektrum des Außengeräusches und der Frequenzabhängigkeit der Schalldämm-Maße von Fenstern ergibt.

Dieser ist in Kapitel 4 genauer beschrieben.

3 Anforderungen an die Spaltbreite s

Im Zuge der Nachweisverfahren für die HafenCity-Fenster steht das „geöffnete Fenster“ im Vordergrund. Zu kleine Öffnungen stehen im Gegensatz zu dieser Forderung. Das vorliegende Nachweisverfahren gilt nur für relevant geöffnete Fenster.

Von zu kleinen Spaltbreiten sollte deshalb abgesehen werden. Spaltbreiten von weniger als 40 mm sind nicht vorzusehen. Dies gilt auch für das Öffnungsmaß eines eventuell vorgelagerten Bauteils (Wintergarten, verglaste Loggia).

* Nur anzuwenden bei teilgeöffnetem Fenster!

4 Korrektursummand K

Der Korrektursummand K wird sowohl vom Spektrum des Außenlärms als auch vom Dämmverlauf des Fensters bestimmt. Aus Messungen üblicher Fensterkonstruktionen sowie der wichtigsten Verkehrsgeräusche wurden folgende in der VDI 2719 genannte Werte ermittelt:

Tabelle 4.1 aus VDI 2719, Tabelle 7 (Auszug)

Immissionsorte an	K in dB
- Bahnstrecken mit überwiegendem Personenverkehr	0
- übrigen Bahnstrecken	3
- innerstädtischen Straßen	6
- anderen Straßen	3

Dabei ist zu beachten, dass diese Werte nur für geschlossene Fenster gelten.

Für geöffnete Fenster sind andere Werte anzusetzen. In Fachveröffentlichungen werden für geschlossene Fenster Korrektursummanden von 4,6 bis 10,0 dB angegeben. Für geöffnete Fenster in Kippstellung werden Korrektursummanden von 0,8 bis 2,4 dB genannt.

Um bei Nachweisverfahren auf der sicheren Seite zu rechnen, sollte der Korrektursummand für teilgeöffnete Fenster mit $K = 3$ dB angesetzt werden.

5 Mögliche Fensterkonstruktionen sowie ihre Wirkung

5.1 Fenster mit Öffnungsbegrenzern

Fenster werden mit Begrenzung der Öffnungsfläche ausgestattet, etwa Kippfenster mit Öffnungsbegrenzern, die den Kippwinkel des Fensters beschränken.

Für die Betrachtung eines teilgeöffneten Fensters wird Formel (1) genutzt, um das Schalldämm-Maß einer zusammengesetzten Fläche aus der Fläche des Fensters sowie der Öffnungsfläche zu berechnen. Vereinfachend wird unterstellt, dass das Schalldämm-Maß der Öffnung 0 dB beträgt. Näherungsweise kann dann, unter Berücksichtigung der Spaltfläche an der Gesamtfläche, die Berechnung der Schalldämmung eines geöffneten Fensters nach Formel (2) erfolgen:

$$(2) \quad R'_{w,res} = -10 \cdot \log\left(\frac{S_{sp}}{S_g + S_{sp}}\right) = -10 \cdot \log\left(\frac{(B + H) \cdot s}{(B \cdot H) + (B + H) \cdot s}\right)$$

Dabei ist

$R'_{w,res}$	resultierende Schalldämmung des Fensters in dB
S_{sp}	Fläche der Öffnung in m^2
S_g	Gesamtfläche des Fensters in m^2
B	Breite des Fensters in m
H	Höhe des Fensters in m
s	Spaltbreite in m (Für die Formel gilt, dass $s > 0$ sein muss. sinnvolle Spaltmaße sind mit $s > 0,04$ gegeben.)

Mit Öffnungsbegrenzern erreichbare Schalldämmung für die Fenster

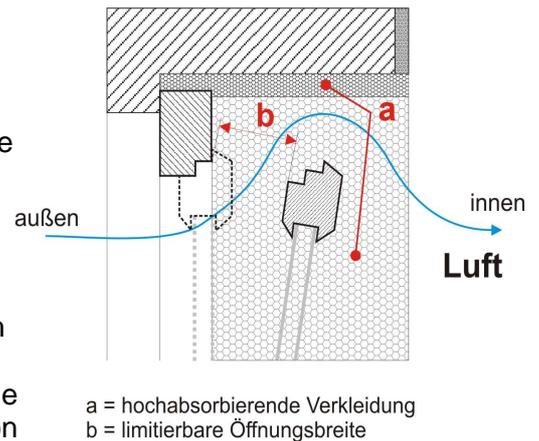
Das bewertete Schalldämm-Maß eines geöffneten bzw. gekippten Fensters beträgt, bei typischen Dimensionen eines Fensters (Fensterfläche ca. $2 m^2$), je nach Öffnungsweite $R'_{w,res} = 6-12$ dB.

5.2 Fenster mit Öffnungsbegrenzern sowie hochabsorbierende Materialien

Neben einem Öffnungsbegrenzer werden beide seitliche Laibungen sowie der Fenstersturz hochabsorbierend ausgeführt. Für diese Maßnahme muss an drei Seiten des Fensters (beide Laibungen und Sturz) entsprechender Raum für die Montage hochabsorbierender Bauteile (etwa Lochplatte mit Mineralwolle dahinter) vorgesehen werden.

In der Vergangenheit wurde mehrfach untersucht, wie sich schallabsorbierende Laibungsverkleidungen bei Fenstern in Kippstellung auswirken.

Aus einer älteren sowie einer aktuelleren Messreihe lässt sich im Vergleich einer Laibungsverkleidungen mit Teppich gegenüber dem jeweils gemessenen Fenster ohne Maßnahme ableiten, dass eine Verbesserung des Schalldämm-Maßes von 2-3 dB bzw. 1-2 dB möglich ist.



Mit Öffnungsbegrenzern in Kombination mit hochabsorbierenden Materialien erreichbare Schalldämmung

Das bewertete Schalldämm-Maß beträgt, bei typischen Dimensionen eines Fensters (Fensterfläche ca. 2 m²) je nach Öffnungsweite und Art der absorbierenden Laibungs- und Sturzverkleidungen, mindestens $R'_{w,res} = 10$ bis 14 dB, bei hochabsorbierenden Ausführungen bis zu $R'_{w,res} = 17$ dB(A).

Die Grafik in Abbildung 1 stellt die möglichen Schalldämm-Maße von Fenstern in Kippstellung in Abhängigkeit der Spaltbreite sowie für unterschiedliche absorbierende Materialien an Sturz und Laibung dar. Die Kurven können näherungsweise für die Prognose bei Verwendung eines 2,25 m² großen Fensters herangezogen werden. Für andere Fenstergrößen können die möglichen Verbesserungen des Schalldämm-Maßes aus den Kurven abgeleitet werden.

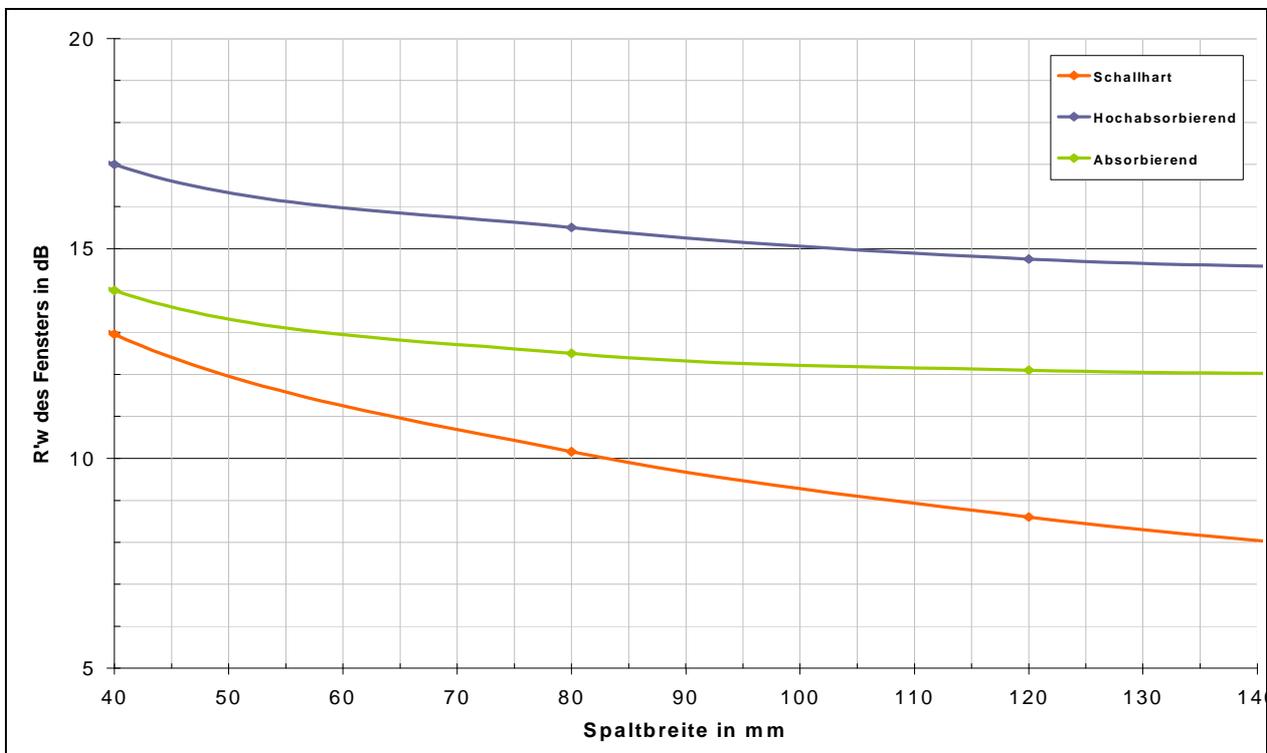


Abbildung 1: Bewertetes Schalldämm-Maß R'_w – Fenstergröße ca. 1,5 x 1,5 m²

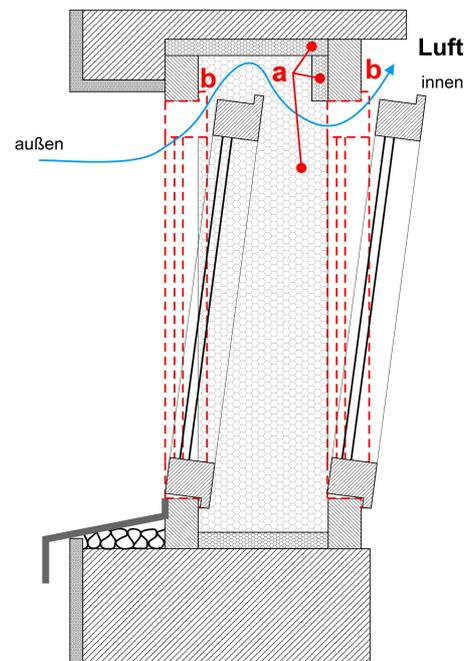
5.3 Kastenfenster sowie ähnliche Konstruktionen

Kastenfenster sind Fenster mit jeweils einem innen liegenden und einem außen liegenden teilgeöffneten Element oder vergleichbare Fensterkonstruktionen. Je nach Anforderung an den Schallschutz ist eine Ausführung auch mit (hoch-)absorbierenden Verkleidungen von Sturz und Laibungen möglich. Die Abbildung rechts stellt eine Prinzipskizze dar.

Hinweis:

Kastenfenster erfüllen die Anforderungen an die HafenCity-Lösung nur dann, wenn sie deutlich erkennbar geöffnet sind. Das heißt, Aufstellweiten von weniger als 40 mm sind nicht zulässig.

Für Kastenfenster sowie vergleichbare Fenster sind Prüfzeugnisse zum Nachweis des bewerteten Schalldämm-Maßes im geöffneten Zustand nachzuweisen.



a = hochabsorbierende Verkleidung
b = limitierbare Öffnungsbreite

Schalldämmung von Kastenfenstern

Die anzusetzenden Schalldämm-Maße von Kastenfenstern im geöffneten Zustand sind entsprechend der Herstellerangaben zu berücksichtigen.

Liegen keine Prüfzeugnisse vor oder ist die Ausführung am Bau nicht bekannt, kann das bewertete Schalldämm-Maß von teilgeöffneten Kastenfenstern mit einem Aufbau entsprechend der obigen Prinzipskizze bei Ausstattung mit hochabsorbierender Innenauskleidung, konservativ mit $R'_w = 20$ dB angesetzt werden.

5.4 Teilgeöffnete verglaste Vorbauten

Bei verglasten Vorbauten, etwa Loggien oder Wintergärten, sind ggf. für die Außen- und/oder Innenverglasung ebenfalls absorbierende Laibungen und Stürze vorzusehen. Ebenso kann für die Außen- wie auch für die Innenfenster eine Öffnungsbegrenzung erforderlich sein.

Eine Verkleidung von nicht transparenten Innenflächen der Loggia bzw. des Wintergartens mit schallabsorbierenden Materialien wird empfohlen, zudem sollten zu öffnende Bauteile möglichst weit zueinander versetzt und voneinander entfernt angeordnet werden.

Um die Wirkung verglaster Vorbauten (Wintergarten bzw. Loggia) auf den Innenpegel zu ermitteln, wird von zwei akustisch getrennten Räumen ausgegangen, wobei der Innenpegel von Wintergarten bzw. Loggia den Außenpegel für den eigentlichen Schlafraum darstellt.

Es wird vereinfachend unterstellt, dass die Außenwand des Schlafraums vom Wintergarten gleichmäßig vom Schall beaufschlagt wird. Da im Wintergarten bzw. der verglasten Loggia aufgrund der (üblichen) Abmessungen nicht von einem diffusen Schallfeld ausgegangen werden kann, wird der $L_{i,W}$ zur Sicherheit um 3 dB(A) erhöht. Der „Außenpegel“ des Schlafraums entspricht somit $L_{a,S} = L_{i,W} + 3 \text{ dB}$.

Mit $K = 3 \text{ dB}$ ergibt sich

$$(3)^* \quad L_{i,S} = L_a + \underline{\underline{3 \text{ dB}}} + \underline{\underline{3 \text{ dB}}} - R'_{w,res,S} + 10 \cdot \log\left(\frac{S_{g,S}}{A_S}\right) - R'_{w,res,W} + 10 \cdot \log\left(\frac{S_{g,W}}{A_W}\right)$$

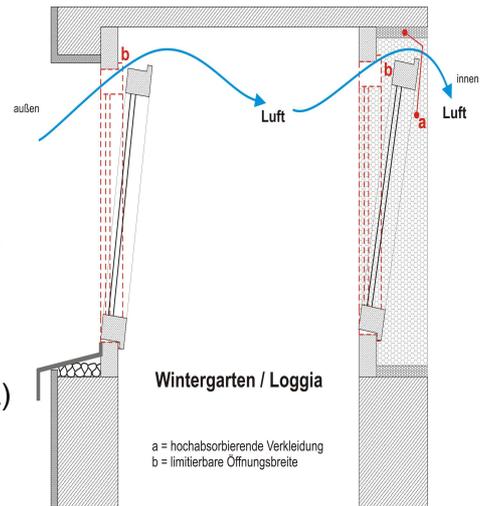
wobei

$R'_{w,res,W}$	resultierendes Schalldämm-Maß der Außenfläche des Wintergartens in dB
$R'_{w,res,S}$	resultierendes Schalldämm-Maß der Fläche zwischen Wintergarten und Schlafraum in dB
L_a	maßgeblicher A-bewerteter Außenschallpegel vor der Außenfläche des Wintergartens in dB L_a ergibt sich aus dem berechneten Freifeld-Außengeräusch L_o nach $L_a = L_o + 3 \text{ dB}$
$L_{i,S}$	A-bewerteter Innenschallpegel im Schlafraum in dB
$\underline{\underline{3 \text{ dB}}}$	Zuschlag von Innenpegel Loggia $L_{i,W}$ als Außenpegel Schlafraum
$\underline{\underline{3 \text{ dB}}} = K$	Korrektursummand in dB
$S_{g,W}$	Außenfläche des Wintergartens in m^2
$S_{g,S}$	Fläche zwischen Wintergarten und Schlafraum in m^2
A_S	Äquivalente Absorptionsfläche des Schlafraumes in m^2 (in der Regel ist $A \approx 0,8 \cdot \text{Grundfläche}$)
A_W	Äquivalente Absorptionsfläche Wintergarten/Loggia in m^2 (für Wintergärten/Loggien ist die Absorptionsfläche geringer anzusetzen, ohne gesonderten Nachweis sollte $A \approx 0,5 \cdot \text{Grundfläche}$ angesetzt werden)

Bei Ausführung der nicht transparenten Innenflächen der Loggia bzw. des Wintergartens mit schallabsorbierenden Materialien und zueinander versetzt angeordneter zu öffnender Bauteile kann zur Berücksichtigung der Absorptionsfläche eine um mindestens 3 dB verbesserte Minderungswirkung der Loggia bzw. des Wintergartens angesetzt werden.

Mit verglasten Vorbauten erreichbare Schallpegeldifferenzen

Je nach Kombination der im vorliegenden Nachweis vorgestellten Maßnahmen (vgl. Kapitel 5.1, 5.2 und 5.4) sind Schallpegeldifferenzen von außen über den Vorbau in die Schlafräume von bis zu etwa $L_a - L_{i,S} = 30 \text{ dB(A)}$ erreichbar.



* Nur anzuwenden bei teilgeöffnetem Fenster und einem gleichzeitig teilgeöffneten Außenbauteil des verglasten Vorbaus!