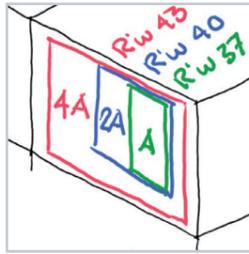


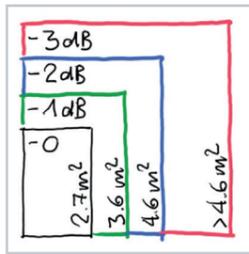
Grosser Glasanteil

Je grösser der Glasflächenanteil in Relation zum Raumvolumen ist, desto besser muss das Fenster sein, um die gleiche Schall-dämmwirkung zu erreichen.
Der Architekt hat hier einen grossen Gestaltungseinfluss.



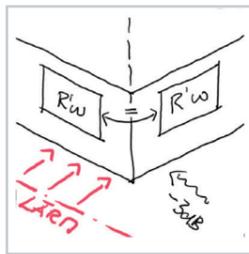
Scheibengrösse

Grosse Glasflächen verhalten sich schall-technisch weniger günstig als das Norm-fenster mit 1.8 m² Fläche. Es ist gemäss aktuellem Stand der Kenntnisse von folgen-den Korrekturen auszugehen:
• Unter 2.7 m² 0 dB
• 2.7 m² bis 3.6 m² 1 dB
• 3.6 m² bis 4.6 m² 2 dB
• Über 4.6 m² 3 dB



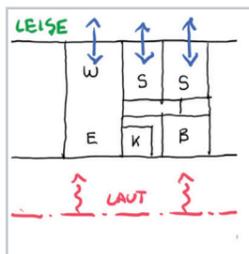
Über Eck-Verglasungen

Bei Räumen mit 2 oder 3 verglasten Fassaden ist es wegen des subjektiven Empfindens empfehlenswert, alle Fenster mit dem gleichen Schallschutzglas auszurüsten.



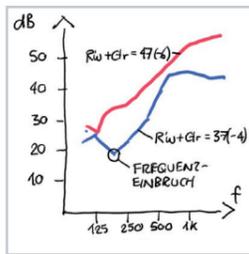
Lage von Schlafräumen

Für einen erholsamen Schlaf sind zwei Faktoren wichtig:
• durchschnittlicher Lärmpegel
• moderate oder keine Spitzenpegel
Wohnungsgrundrisse sollten so geplant werden, dass Schlafzimmer auf der ruhigen Seite liegen.



C_{tr}

Bei Strassen-, Flug- und Bahnlärm haben Verglasungen eine hörbare Schwäche im Tieftonbereich.
Bei Strassenlärm muss deshalb der Zuschlag C_{tr} berücksichtigt werden. Dieser liegt meist bei -4 bis -8 dB.

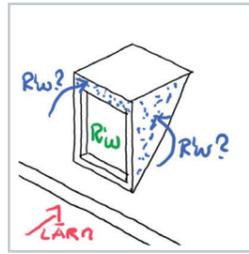


Quellen

- Normen und Verordnungen: SIA 181:2006 «Schallschutz im Hochbau», SIA 331.100+A2:2016 (SN EN 14351-1+A2:2016) «Fenster und Türen-Produktenorm», Leistungseigenschaften-Teil 1: Fenster und Aussentüren
- Merkblätter: FFF Merkblatt 04.01
- Fachbücher: Bautechnik der Gebäudehülle, Bau&Energie, vdf-Verlag, 2. Auflage 2016

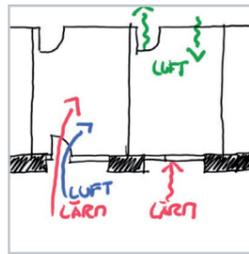
Leichte angrenzende Bauteile

Bei leichten Baukonstruktionen (z.B. Gauen, Holzdächer) können die Schalldämm-werte schlechter sein als bei einem guten Schallschutzfenster. Diese sind gegebenen-falls akustisch zu verbessern.



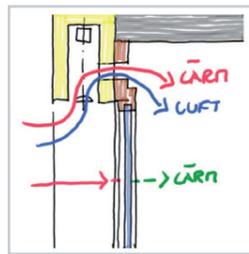
Lüftungsanlagen

Das beste Fenster nützt nichts, wenn es wegen schlechter Luft im Raum geöffnet werden muss. Mechanische Lüftungs-anlagen sind an lärmigen Lagen sinnvoll, sie gelten aber gemäss Lärmschutzverordnung nicht als Lärmschutzmassnahme.



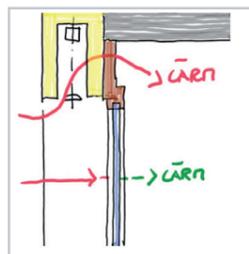
Luftdurchlässe

Lüftungssysteme mit Aussenluftdurchlässen sind Schwachstellen, welche einberechnet werden müssen. An exponierten Lagen sind diese Systeme nicht geeignet.



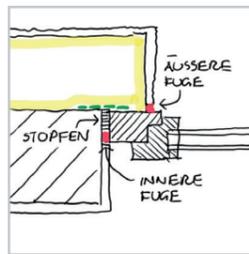
Rahmenverbreiterungen

Rahmenverbreiterungen zum Beispiel am Sturz können den Schalldämmwert der Fassade beeinflussen. Der Schalldämmwert R'_w+C_{tr} soll deshalb gleich gut sein wie der des angrenzenden Fensters.



Anschlussfugen

Fenster müssen luftdicht und schalldicht eingebaut werden. Bewährt haben sich folgende Massnahmen:
• Rahmen vorzugsweise überdeckt
• Fuge gestopft (Seidenzopf)
• Abdichtung innere Fuge
• Abdichtung äussere Fuge
Siehe auch FFF Merkblatt 04.01 Tabelle 10



Weitere Informationen

- Haftungsausschluss: Die Informationen in diesem Merkblatt beruhen auf Praxiserfahrungen und sollen als Hilfestellung dienen. Es liegt in der Verantwortung der zuständigen Fachplaner, objektspezifisch korrekte Lösungen zu planen und ausführen zu lassen.
- Autoren: Fachgruppe Bauphysik: Stephan Huber, Marcus Knapp, Jean-Marc Paris, Peter Gossweiler, Daniel Gilgen, Frank Domschat
- Bezugsquelle: Forum Energie Zürich, Andreasstrasse 5, 8050 Zürich, forumenergie.ch, info@forumenergie.ch, Tel.: +41 44 305 93 70

SCHALLDÄMMUNG VON FENSTERN

Merkblatt 2 der Fachgruppe Bauphysik

BAUPHYSIKER
 $R'_w = 38 + (-5) \text{ dB}$
ARCHITEKT
 SIA 181 ALD K_p ? $D_e \leq R'_w$?
 ? C/GTR AUS $L_{r,t}$? LSV
RAHMEN $D_{n,e,w}$? $R_w > R'_w$? dB
 ? K_F **UNTERNEHMER**

Sie möchten ein Fenster sauber definieren und ausschreiben. Das ist mit all den oben abgebildeten Begriffen nicht einfach und zudem fehleranfällig, auch weil viele Planer und Unternehmer in diesem Prozess mitwirken. Mit diesem Merkblatt sollen Fehlerquellen identifiziert, die korrekten Begriffe definiert und die Kommunikation zwischen den Planungspartnern verbessert werden.

Begriffe

De ≠ R'_w ≠ R_w !!!

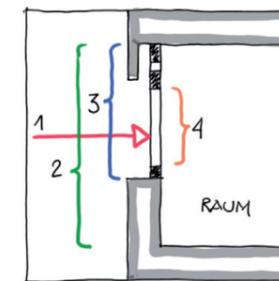


Abb. 1. Begriffe zum Schallschutz an der Fassade

- 1 Beurteilung Aussenlärm nach Lärmschutzverordnung führt zu L_r in dB(A)
- 2 Raumnutzung und L_r führen zu D_e in dB
- 3 Betroffene Elementfläche nach SIA 181 führt zu R'_w+C_{tr} oder R_w+C_{tr} in dB
- 4 Zu definierende Glaskennwerte aufgrund der Anforderungen

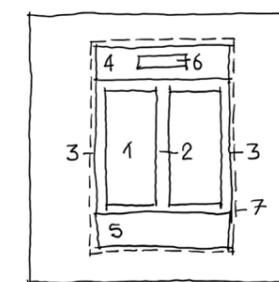


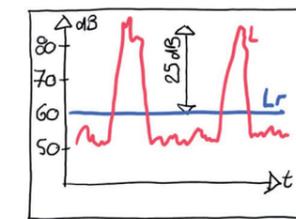
Abb. 2. Begriffe rund um das Fenster

- 1 Glasfläche
- 2 Rahmenfläche
- 3 Anschlussfuge
- 4 Rahmenverbreiterung oben
- 5 Rahmenverbreiterung unten
- 6 Luftdurchlässe
- 7 Fensterelement

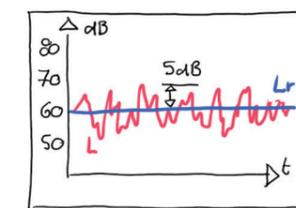
| | | |
|----------------------------------|-------|---|
| L _r | dB(A) | Beurteilungspegel Aussenlärm Tag und Nacht |
| D _e | dB | Anforderungswert Trennbauteil (z.B. Aussenwand, Fenster, Dach etc.) für Luftschall externer Quellen |
| R _w | dB | Bewertetes Schalldämm-Mass des Bauteils, des Fensters oder der Verglasung im Labor gemessen. Dieser Wert darf nie dem R' _w gleichgesetzt werden. |
| R' _w | dB | Bewertetes Bau-Schalldämm-Mass des Bauteils, des Fensters |
| C | dB | Spektrum-Anpassungswert für Innenlärm |
| C _{tr} | dB | Spektrum-Anpassungswert für Verkehrslärm oder Musik (Wert ist immer negativ) |
| R' _w +C _{tr} | dB | Bewertetes Bau-Schalldämm-Mass eines Bauteils (im eingebauten Zustand) mit Spektrum-Anpassungswert |
| K _p | dB | Projektionzuschlag (Empfehlung 2 dB) |
| K _F | dB | Zuschlag für Einbausituation (Flanken) |
| D _{n,e,w} | dB | Bewertete Element-Normschalldifferenz von Bauteilen |

Lärm ist nicht gleich Lärm

Die Beurteilung nach Lärmschutzverordnung und SIA 181 geht davon aus, dass die Beurteilungspegel L_r für Tag und Nacht in die Fensterdimensionierung einfließen. Bei Gebäuden direkt an Strassen treten jedoch Pegelspitzen auf, welche um 20-30 dB über dem Durchschnitt liegen und deshalb störend wirken können.



An Bahnlinien und schwach befahrenen Strassen ist es ruhig, bei der Zugvorbeifahrt oder bei Bus- und Lastwagendurchfahrten werden jedoch sehr hohe Pegel erreicht.



Eine weiter entfernte Autobahn oder stark befahrene Verbindungsstrasse kann im Durchschnitt laut sein, es werden aber keine hohen Pegelspitzen gemessen.

Abb. 3. Pegelverläufe Verkehrslärm

Es kann sinnvoll sein, an exponierten Orten höhere Schalldämmwerte zu fordern als an Lagen mit ausgeglichenem Lärmpegel. Die Bauträger sind in diese Entscheidung einzubeziehen.

Gestaltung von Fassaden

Der Anteil der Fenster an der Fassadenfläche eines Raumes respektive in Relation zum Raumvolumen hat einen grossen Einfluss auf die Anforderungen an den Schallschutz. Grosse Räume mit wenig Fensterfläche sind weniger heikel als kleine Räume mit viel Fensterfläche. Ein Beispiel eines Fassadenausschnittes zeigt die Unterschiede an die Anforderung R'_w+C_{tr} , damit die Bedingungen aus der SIA 181 bei einem D_e von 39 dB ($K_p=2dB$) erfüllt sind.

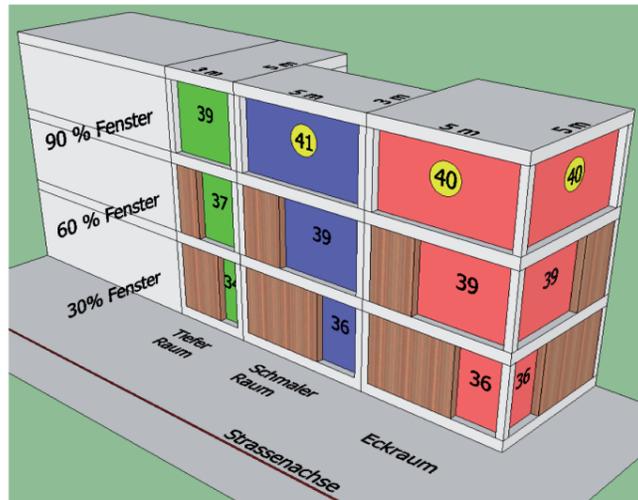


Abb. 4. Fassadenausschnitt Anforderungen R'_w+C_{tr} Fenster

Die Anforderungen variieren im Beispiel von R'_w+C_{tr} 34 dB bis 41 dB, also um 7 dB. Es kommt vor, dass die technischen Limiten von Standardfenstern erreicht werden (gelb markierte Fenster) und die Fensterflächen reduziert werden müssen. Dies sollte frühzeitig geklärt werden, weil die Fassadengestaltung in der Baueingabe zu berücksichtigen ist. Für den obigen Fassadenausschnitt sind die Anforderungen auch grafisch dargestellt. Variiert wird dabei die Lärmbelastung aussen und damit verbunden der Anforderungswert D_e .

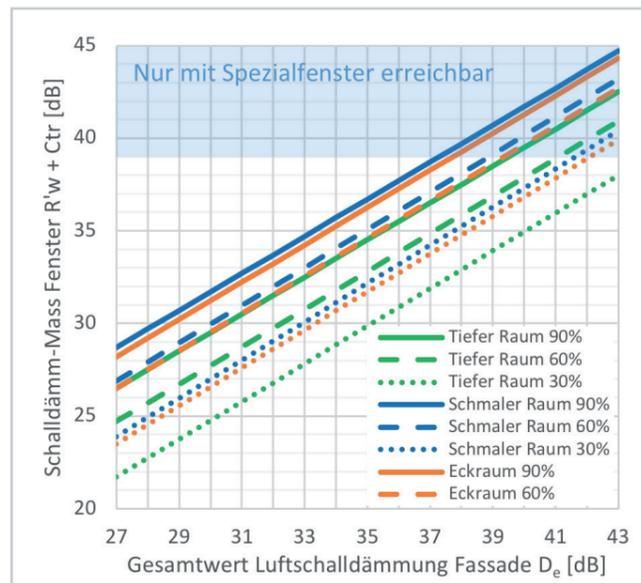


Abb. 5. Grafik zur Abschätzung des Schalldämm-Masses von Fenstern auf der Basis der Raumgeometrie, Fensterflächenanteile und der Anforderung an den Raum (genaue Berechnung durch den Akustiker erforderlich!)

Technische Grenzen Schallschutzfenster

Verglasungen und Fenster können nicht beliebig konfiguriert werden. Mit Schallschutzfenstern liegt das erreichbare bewertete Bau-Schalldämm-Mass R'_w+C_{tr} bei ca. 39 dB

| Typ | Spezifikation Fenster Scheibenaufbauten in mm | R'_w+C_{tr} | | | | |
|-----------------------|--|---------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 25-29 | 30-34 | 35-39 | 40-44 | 45-50 |
| Standardfenster | Normalglas 2-fach 4/16/4 | | | | | |
| | Normalglas 3-fach 4/16/4/16/4 | | | | | |
| | Schallschutzglas 3-fach 8/12/4/12/4 | | | | | |
| | Schallschutzglas VSG 9/12/4/12/4 | | | | | |
| Spezialkonstruktionen | Schallschutzglas VSG 9/12/4/12/VSG 9 | | | | | |
| | Kastenfenster 2-fach + Zusatzglas aussen | | | | | |
| | Hebe-Schiebefenster | | | | | |
| | Dachflächenfenster | | | | | |

Abb. 6. Typische Werte für Fenster (Glas inkl. Rahmen)

Lüftungselemente

Dezentrale Lüftungsgeräte oder Lüftungselemente können als Fensterlüfter in die Fenster, als Wandlüfter in die Wand oder als Airboxen in die Deckenstirne eingebaut werden. Lüftungselemente sind akustische Schwachstellen in der Fassade, welche nur in beschränktem Mass durch bessere Fenster ausgleichbar sind. Bei hohen Schallanforderungen an die Gebäudehülle ist die technische Machbarkeit gar nicht gegeben. Die Schalldämmung eines Lüftungselementes wird normalerweise mit $D_{n,e,w}$ bezeichnet. In älteren Datenblättern wird auch ein $R_{w1,9}$ angegeben (Bezugsfläche 1.9 m²). Wobei beispielsweise ein $D_{n,e,w}$ von 40 dB einem $R_{w1,9} = 32.8$ dB resp. einem R'_w bezogen auf z.B. 0.2 m² = 13 dB entspricht.

Lüftungselemente haben ein $D_{n,e,w}$ von 32 bis ca. 65 dB. Da die Schalldämmung auf das Lüftungselement als Ganzes bezogen ist, entsprechen die relativ hohen Zahlen im Vergleich zum Fensterelement aber keineswegs guten Schalldämmwerten. Im Gegenteil - die Schalldämmungen der Lüftungselemente sind kritisch und müssen zwingend in die Dimensionierung der Fensterkennwerte und im Schallschutznachweis berücksichtigt werden. In der Regel bleibt der Spektrumsanpassungswert C_{tr} im Bereich von -2 bis -4 dB.

| Fenster alleine | Lüftungselement (mit $C_{tr} -3$) | Fenster mit Lüftungselement | Schwächung durch Lüftungselement |
|-----------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| R'_w+C_{tr} | $D_{n,e,w}$ | R'_w+C_{tr} | Rot = ungünstige Kombination |
| 29 dB | 32 dB | 21.0 dB | -8 dB |
| 29 dB | 45 dB | 28.0 dB | -1 dB |
| 35 dB | 32 dB | 21.6 dB | -13 dB |
| 35 dB | 45 dB | 31.9 dB | -3 dB |
| 35 dB | 55 dB | 34.6 dB | 0 dB |

Abb. 7. Beispiele Kombinationen Fenster und Lüftungselement

Keine Luftdurchlässe an lärmexponierten Fassaden!

Planungsprozess und Ausschreibung

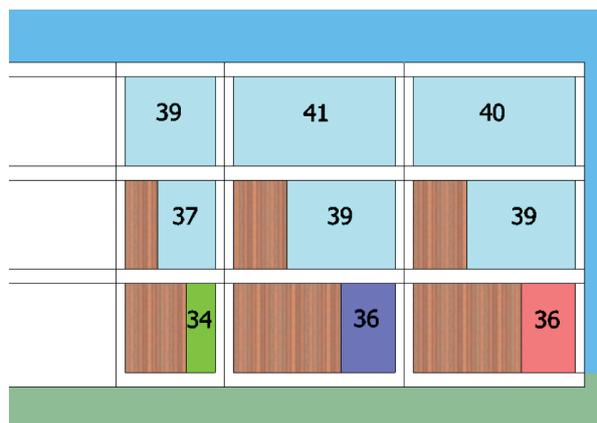
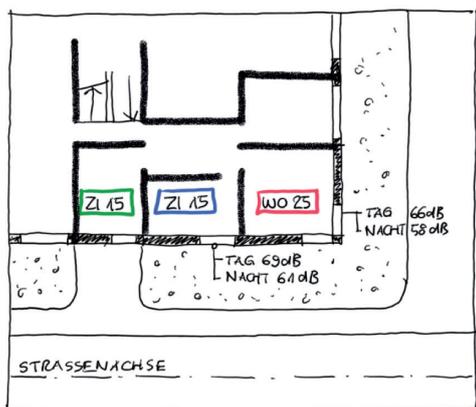
| Zeitpunkt | Tätigkeit | Zuständig |
|---------------------------|---|---|
| Vorprojekt | Der Architekt gestaltet Grundrisse und definiert zusammen mit dem Bauherr Nutzungen und Ansprüche, parallel dazu werden Fassaden mit Fenstergrössen entworfen. Aufgrund der Aussenlärmsituation (L_e) wird der Anforderungswert D_e bestimmt. Dieser legt den Schallschutz zwischen dem Aussenraum und dem Innenraum fest. Der Anforderungswert D_e ist unter Umständen ein Teil der Bauauflagen. Hinweis: Die Vollzugsbehörde kann die Anforderungen angemessen verschärfen. Der Anforderungswert D_e an die Aussenbauteile eines Raumes wird gemäss SIA 181 aufgrund der Aussenlärmbelastung festgelegt. Bei hohen Anforderungen an den D_e sollte die technische Machbarkeit bereits jetzt geprüft werden. | ARCHITEKT Bauherr Akustiker Behörden |
| Bauprojekt und Baueingabe | Es wird bei Bedarf ein Lärmgutachten mit einer Beurteilung der Aussenlärmsituation, mit Angaben zu den D_e und R'_w+C_{tr} verfasst. Damit wird zuhänden Behörden und Bauherrschaft bestätigt, dass das Projekt bewilligungsfähig ist und die Fenster schalltechnisch machbar sind. | AKUSTIKER |
| Ausschreibung | Korrekte Ausschreibung der Fenster mit Definition der Anforderung R'_w+C_{tr} . Die Anforderungen werden für die betroffenen Fenster nachvollziehbar planlich dokumentiert, beispielsweise mit farblich markierten Fassadenplänen. In der Ausschreibung gilt der Schalldämmwert für das fertig eingebaute Fenster R'_w+C_{tr} z.B. $39+(-5)$ dB \geq 34 dB. Der Projektierungszuschlag K_p ist bereits berücksichtigt. | ARCHITEKT / Bauleitung Fassadenplaner Akustiker |
| Vertrag | Aufgrund des erforderlichen Bau-Schalldämm-Masses offeriert der Fensterlieferant die geeignete Glas-Rahmen Kombination inkl. Rahmenverbreiterung. Im Idealfall kennt der Lieferant die Leistungsfähigkeit seines Systems bis $R_w+C_{tr} = 34$ dB aufgrund von Messungen. Ansonsten dimensioniert er das Glas aufgrund der Einbausituation, der Grösse der Verglasung, des Einflusses des Rahmens und der Rahmenverbreiterung. Gemäss Produktnorm SN EN 14351-1 (SIA 331.100+A2) müssen Schalldämmwerte von Fenstern mit $R_w+C_{tr} \geq 35$ dB durch Prüfung ermittelt werden und somit für die Planung vorliegen. Der Akustiker kontrolliert bei Bedarf aufgrund der eingereichten Unterlagen die Plausibilität der Dimensionierung. Allenfalls erfolgen Kontrollmessungen an einem Muster (unter Umständen als Auflage der Behörden). | FENSTERLIEFERANT Glaslieferant |
| Ausführung | Während der Bauphase wird geprüft, ob die Fenster korrekt zusammengestellt (Glasdicke messen, Etiketten prüfen) und dicht eingebaut sind. | ARCHITEKT (Bauleitung) Akustiker |
| QS | Prüfen, ob die geforderten Werte eingehalten sind (Verträge prüfen). Im Kanton Zürich ist das Formular «Ausführungskontrolle Schallschutz» zu unterschreiben und der Gemeinde zuzustellen. | ARCHITEKT (Bauleitung) Unternehmer Akustiker |

Schallmessung an Fenstern

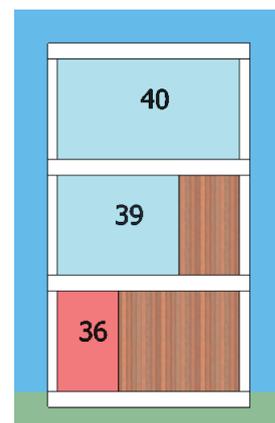
Zur Kontrolle der Schalldämmung der eingebauten Fenster gegenüber den Anforderungen bieten sich Schallmessungen vor Ort an. Nicht jede Situation ist gleich gut messbar und mit Labormessungen vergleichbar. Das Raumvolumen des Empfangsraumes sollte zwischen 10 m³ und 250 m³ liegen (ca. 4 m² bis 100 m² Grundrissfläche) und das Fenster muss unter einem Raumwinkel von 45° beschallt werden können. Somit sind Messungen von eingebauten Fenstern in Zimmern von Wohnbauten in den unteren 2-3 Geschossen meist gut machbar.

Bei höher gelegenen Fenstern oder bei zu geringen Grenzabständen muss man z.B. auf Hebegeräte zurückgreifen. Wenn ein Raum über Eck verglast ist, lässt sich z.B. raumseitig ein provisorischer Raum mittels Schaltafeln oder Gipswandkonstruktionen bauen. Erfahrungsgemäss ist nicht jede am Bau anzutreffende Situation gleich gut geeignet für Kontrollmessungen, mit zusätzlichem Aufwand lassen sich jedoch viele Situationen normgerecht messen.

Beispiel für eine vollständige Ausschreibung



Südfassade



Ostfassade

| Gebiet | Spezifikation | Einheit | Übersicht nach Fenstertypen | | | |
|--------|-------------------|---------|-----------------------------|--------|--------|-------|
| | | | Typ A | Typ B | Typ C | Typ D |
| | Typ | | Typ A | Typ B | Typ C | Typ D |
| | Lage des Fensters | | Süd EG | Süd EG | Süd EG | |
| | Farbcode | | Grün | Blau | Rot | |

| Schall | Aussenlärm L_r | dB(A) | 69/61 | 69/61 | 69/61 | Baukustiker |
|---|-----------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------|
| | Anforderungsstufe SIA | dB | Erhöht oder verschärft | Erhöht oder verschärft | Erhöht oder verschärft | |
| Anforderungswert D_e | | 39 | 39 | 39 | | |
| Kritischer Raum | | Zimmer tief | Zimmer schmal | Eckzimmer | | |
| K_p Projektierungszuschlag | dB | 2 | 2 | 2 | | |
| Ausschreibungswert R'_w+C_{tr} | dB | 34 | 36 | 36 | Fensterlieferant | |
| Schalldämmwert Verglasung R_w | dB | 40 | 44 | 44 | | |
| Korrektur C_{tr} bei Bahn-, Strassen- und Fluglärm | dB | -5 | -5 | -5 | | |
| Zuschlag K_F | dB | -1 | -1 | -1 | | |
| Korrektur Scheibengrösse | dB | -0 (<2.7 m ²) | -2 (4m ²) | -2 (4 m ²) | | |
| Korrekturen nach Ermessen Fensterlieferant für Rahmen, Rahmenverbreiterung, Luftdurchlässe | | -0 | -0 | -0 | | |
| Kontrolle Schalldämmwert Fenster R'_w+C_{tr} . Muss mindestens dem Ausschreibungswert entsprechen. | dB | 34 | 36 | 36 | | |
| <p>Der Ausschreibungswert des bewerteten Bau-Schalldämm-Masses inklusive des Spektrum-Anpassungswertes C_{tr} bezieht sich auf das ganze Fensterelement inklusive Rahmenverbreiterungen und Anschlüsse. Vom Fensterbauer sind die Ausschreibungswerte zu garantieren, sei es dass der Fensterbauer bei $R'_w+C_{tr} \geq 35$ dB aufgrund von Messungen gemäss Produktnorm SN EN 14351-1 (SIA 331.100+A2) Kenntnisse über die Schalldämmung des Fensters in der gleichen Grösse und in der gleichen Glas-Rahmenkombination hat oder sei es, dass der Fensterbauer in einfacheren Fällen (bis $R'_w+C_{tr} < 35$ dB) das Fenster gemäss FFF Merkblatt 04.01 dimensioniert. Bei der Dimensionierung des Laborschalldämm-Masses für das Glas alleine sind entsprechend dem Merkblatt die Glasgrösse, Vorhaltermasse, Einbausituation und allfällige eigene Sicherheitszuschläge zu berücksichtigen.</p> | | | | | | |

| Wärme | Ug Glas 3-IV-IR \leq | W/m ² K | | | |
|-------|-----------------------------------|--------------------|--|--|--|
| | U Rahmen (z.B. Holzmetall) \leq | W/m ² K | | | |
| | U Glas-Randverbund \leq | W/mK | | | |
| | U Fenster \leq | W/m ² K | | | |
| | g-Wert Glas \geq | -- | | | |
| | Lichttransmission Glas | -- | | | |
| | Sonnenschutz Typ | -- | | | |
| | g-Wert Fenster u. Sonnenschutz | -- | | | |