



**ÜBERSICHT FÜR ARCHITEKTEN,
INGENIEURE UND INVESTOREN**

SCHALLSCHUTZ BEI TEILGEÖFFNETEN FENSTERN





INHALT

DER „HAMBURGER WEG“	4
WARUM DIE SCHLAFRÄUME GESCHÜTZT WERDEN SOLLEN	5
ÜBERSICHT DER BAULICHEN SCHALLSCHUTZMASSNAHMEN	6
GRUNDRISSGESTALTUNG	6
FENSTERDETAILS UND ÖFFNUNGSBEGRENZER	8
FAZIT: MASSNAHMEN AM FENSTER	11
THEORIE DES HAFENCITY-FENSTERS	12
MESSUNGEN AM HAFENCITY-FENSTER	13
UMSETZUNG DES HAFENCITY-FENSTERS	14
PIXELFENSTER	15
PARTIELLE PRALLSCHEIBE	16
OFFENE LOGGIA UND DACHTERRASSE	17
VERGLASTE LOGGIEN	18
VERGLASTE LOGGIA FÜR ZWEI WOHNUNGEN	19
BALKONVERGLASUNGEN	20
FAZIT	21
BILDNACHWEIS/QUELLEN	22
IMPRESSUM	24

DER „HAMBURGER WEG“

Hamburg hat das Ziel, den bestehenden großen **Wohnraumbedarf** im Rahmen der **Innenentwicklung** zu decken. Viele der für neuen Wohnungsbau infrage kommenden Flächen in der Stadt sind hohen Lärmbelastungen ausgesetzt. Der „**Hamburger Leitfaden Lärm in der Bauleitplanung 2010**“ entwickelt neue planerische Instrumente, um Lärmkonflikte zu lösen und gesunde Wohnverhältnisse auch an Standorten, die durch Lärm stark belastet sind, dauerhaft zu sichern.

Das zentrale neue Instrument stellt die Betrachtung des „**Innenraumpegels**“ dar. Das anlässlich der Planung der HafenCity entwickelte neue Schallschutzkonzept ist darauf ausgerichtet, dass während der Nachtzeit ein Innenraumpegel von **30 dB(A)** in **Schlafräumen** bei **gekipptem Fenster** nicht überschritten werden darf. Dieses Konzept wird durch bauleitplanerische Festsetzungen verbindlich. Der entscheidende Unterschied zum herkömmlichen passiven Schallschutz ist, dass in den Schlafräumen ein gesundheitlich unbedenklicher Innenraumpegel garantiert werden kann, ohne auf die Öffnungsmöglichkeit des Fensters verzichten zu müssen.

Nach Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung ist ein ungestörter Schlaf bei Mittelungspegeln zwischen 25–30 dB(A) (am Ohr des Schlafers) möglich.

GLOSSAR

SCHALLPEGEL

Umgangssprachlich verkürzte Bezeichnung für den Pegel einer akustischen Größe (Schalldruckpegel). Der Schalldruckpegel beschreibt die Schalleinwirkung auf einen bestimmten Ort (Schallimmission).

INNENRAUMPEGEL

Der Innenraumpegel bezieht sich auf den Schallpegel, der durch Geräusche, die von außen in den Raum eindringen, verursacht wird. Dieser wird durch die Außenbauteile, etwa die Fenster sowie die Wände, gedämmt.

MITTELUNGSPEGEL

Der Mittelungspegel dient der Kennzeichnung zeitlich veränderlicher Schallpegel durch nur eine Zahl. Er wird in Dezibel(A) oder dB(A) angegeben. In den Mittelungspegel gehen Stärke und Dauer jedes Einzelgeräusches während eines bestimmten Beurteilungszeitraumes (etwa 1 Stunde) ein. Der Mittelungspegel berücksichtigt hervortretende Geräuschspitzen in besonderem Maße. Sie gehen also nicht – wie häufig irrtümlich angenommen – durch das Mittelungsverfahren unter.

dB(A)

Schall kann durch verschiedene physikalische Größen, wie etwa die Schallintensität, beschrieben werden. Die Schmerzgrenze des Gehörs liegt bei einer Schallintensität von 1 Watt pro Quadratmeter (1 W/m^2). Im Bereich der Hörschwelle hingegen haben wir es mit Schallintensitäten zu tun, die zehn Billionen Mal kleiner sind. Zur Beschreibung des gesamten Hörbereiches wären also Zahlen erforderlich, die bis zu 13 Nullen aufweisen.

Derart große Zahlen sind unhandlich. Daher wurde eine Vereinfachung getroffen. Anstelle der Zahl wird die Zahl der Nullen (genauer gesagt: der dekadische Logarithmus = log) der obigen Verhältniszahl zur Beschreibung herangezogen. Auf diese Weise können 13 grobe Stufen der Schallintensität unterschieden werden. Sie werden mit „Bel“ bezeichnet.

In der Praxis hat sich diese Unterteilung nicht als ausreichend fein erwiesen, sodass sie nochmals in Zehnerschritte untergliedert wurde. Das so entstandene Zehntel-Bel nennt man folgerichtig Dezibel (dezi-Bel) oder kurz dB. Im Pegelmaß ausgedrückt, liegt die Hörschwelle bei 0 dB und die Schmerzgrenze bei 130 dB.

Da wir tiefe und hohe Frequenzen bei gleichem Schallpegel unterschiedlich gut wahrnehmen, müssen die Schallinformationen frequenzabhängig gefiltert werden, um diese Eigenschaft des Gehörs nachzubilden. Hierzu dient eine international genormte Filterkurve, die A-Kurve. Der durch die A-Kurve gehörgerecht gewichtete Schallpegel wird als A-bewerteter Schallpegel bezeichnet, seine Maßeinheit ist das Dezibel(A) oder kurz dB(A).

Nun könnte dem Bedürfnis, das Fenster aus Gründen der Frischluftzufuhr zu öffnen, durch den Einbau von Lüftungsanlagen entsprochen werden. Der Luftaustausch wäre damit sichergestellt. Ob dies die stadtplanerischen und architektonischen Anforderungen an das Wohnen erfüllt, muss im Lichte der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung beantwortet werden.

In der Bevölkerung besteht derzeit der ausdrückliche Wunsch, nachts bei geöffnetem Fenster zu schlafen. Dieses Verhalten ändert sich nicht signifikant, wenn die Lärmbelastung steigt. Der Anteil derjenigen, die das Fenster schließen, steigt also nicht in gleichem Maße wie die Lärmbelastung (Auswertung der Online-Lärmumfrage des Umweltbundesamtes).

WARUM DIE SCHLAFRÄUME GESCHÜTZT WERDEN SOLLEN

Es führt bei 8 von 10 Bundesbürgern weiterhin zu einer zusätzlichen Belästigung, wenn das Fenster aufgrund der Lärmbelastung geschlossen gehalten werden muss. Darüber hinaus ist in der Regel ein gewisses Maß an Informationen von außen wichtig für das Wohlbefinden der Menschen. Diese Gedanken nimmt auch die Rechtsprechung auf, indem sie formuliert, dass „zur angemessenen Befriedigung der Wohnbedürfnisse heute grundsätzlich die Möglichkeit des Schlafens bei gekipptem Fenster gehört“ (Urt. BVerwG vom 21. 09. 2006 Az. 4C 4/05).

Das Abstellen auf den „Innenraumpegel“ kann theoretisch für alle Aufenthaltsräume einer Wohnung Anwendung finden. Gesundheitsbezogen kommt der Betrachtung der Schlafräume allerdings ein deutlich größeres Gewicht zu. Während innerhalb der Tagzeit die Bewohner in der Regel den Lärmeintrag individuell durch Schließen oder Öffnen der Fenster steuern können, ist dies während des Schlafens naturgemäß nicht möglich. Da das Schlafen bei geöffnetem Fenster zu den zentralen Bedürfnissen in der Bevölkerung zählt und auch an relativ verlärmten Standorten die Fenster eher geöffnet bleiben, setzen sich die Bewohner während des Schlafens ganz unbewusst hohen Schallpegeln aus, die im Wesentlichen zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen können, auch wenn Bewohner erklären, sie hätten sich an die Lärmbelastung im Laufe der Jahre gewöhnt. Herz-Kreislauf-Erkrankungen entwickeln sich schleichend und werden meist relativ spät erkannt. Zur Verhinderung lärmbedingter Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist es darum wichtig, eine ungestörte Nachtruhe zu gewährleisten.

Um auch an stärker lärmbelasteten Lagen einen Innenraumpegel von 30 dB(A) auch bei gekipptem Fenster unterschreiten zu können, **reichen gewöhnliche Fensterkonstruktionen nicht mehr aus**. Diese Broschüre soll einen Überblick verschaffen, mit welchen Maßnahmen das Ziel erreicht werden kann.

ÜBERSICHT DER BAULICHEN SCHALLSCHUTZMASSNAHMEN

Wenn die Lärmproblematik zu Beginn der Planungen bekannt ist, kann es sinnvoll sein, die **Grundrisse** auf Konflikte zu prüfen und entsprechend zu überarbeiten.

Am einfachsten umzusetzen sind Maßnahmen an der **Fenstergeometrie** sowie **Öffnungsbegrenzer** an den zu öffnenden Fensterflügeln. Zusätzlich können **schallabsorbierende Verkleidungen** an Sturz und Laibung angebracht werden. Mit diesen einfachen Maßnahmen lässt sich auch in denkmalgeschützten Gebäuden der Schallschutz herstellen. Weiterhin kommen spezielle Fensterkonstruktionen – im Wesentlichen verschiedene Arten von **Kastenfenstern** – in Betracht. Eine spezielle Maßnahme stellen **Prallscheiben** dar. Bauliche Ausführungen von Prallscheiben an Wohngebäuden wurden bereits in München geprüft und erfolgreich eingesetzt.

Zu den weiteren baulichen Maßnahmen außerhalb des Fensters zählen verschiedene Möglichkeiten von **Loggien**, **Balkonen** sowie **Wintergärten**. Eine verglaste Loggia stellt hierbei eine wirkungsvolle Maßnahme zum Schallschutz dar, wobei vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten gegeben sind (bis hin zur Nutzung einer Loggia als Schallschutzmaßnahme durch mehrere Räume). Teilweise sind jedoch bereits offene Loggien oder **an den Seiten geschlossene Dachterrassen ausreichend**, um den Schallpegel vor dem Schlafzimmerfenster so weit zu senken, dass weitere Schallschutzmaßnahmen nicht unbedingt notwendig sind.

GLOSSAR

SCHALLABSORBIEREND

Schallabsorbierend bedeutet, dass eine Oberfläche einen Teil des auf sie einwirkenden Schalls nicht vollständig reflektiert.

PRALLSCHEIBE

Vor den Fenstern werden Glasscheiben (Prallscheiben) in geringem Abstand zur Wand (zum Beispiel 5 cm) angebracht. Dabei ragt die Prallscheibe zu jeder Seite über die Außenkante des Fensters hinaus, je nach Abstand ergeben sich unterschiedliche Schallminderungspotenziale. Die sich ergebenden Schlitze an den Seiten gewährleisten die Belüftung und den akustischen Außenbezug der Räume zu ihrer Umgebung.

ÖFFNUNGSBEGRENZER

Bauteil, mit dem die Öffnungsweite z. B. von Kippfenstern begrenzt werden kann.

GRUNDRISSGESTALTUNG

Anstatt Maßnahmen an den Fenstern vorzusehen, kann bei rechtzeitiger Berücksichtigung in der Planungsphase die Lärmproblematik auch schon in die Gestaltung der Grundrisse sowie, wenn möglich, die Stellung der Baukörper einfließen.

Optimal ist dabei eine Anordnung sämtlicher zu schützenden Räume (das heißt Schlafräume und Kinderzimmer sowie Wohnräume bei Ein-Zimmer-Wohnungen) zur lärmabgewandten Fassade.

Dies kann je nach Ausrichtung des Gebäudes zu Konflikten führen, wenn zum Beispiel Schlafräume statt Wohnräume zur attraktiveren, begrünten (und ruhigen) oder helleren Gebäudeseite orientiert werden müssen. Hier muss dann zwischen den Anforderungen an den Schallschutz und die Wohnqualität abgewogen werden.

Insgesamt stellt die von Beginn der Konzeptionierung an berücksichtigte Grundrissoptimierung eine sehr effektive und qualitätsfördernde Maßnahme dar.

Bei Anwendung der Grundrissoptimierung kann gegebenenfalls vollständig auf weitere Schallschutzmaßnahmen an den Fenstern der Schlafräume verzichtet werden. Bei einer idealisierten Blockrandbebauung beträgt der Unterschied zwischen der lärmzugewandten und lärmabgewandten Gebäudeseite mindestens 10 dB(A), meist jedoch deutlich mehr.

In den zwei unten dargestellten Grundrissbeispielen wurde der Schallschutz vorbildlich berücksichtigt. Beiden ist gemein, dass die jeweiligen Lärmquellen nur zu Belastungen auf einer Gebäudeseite geführt haben, sodass darauf gut reagiert werden konnte. In den Beispielen musste auf Verkehrs- und Industrielärm sowie auf Sportlärm reagiert werden.

Im ersten Beispiel [Bild 1] sind an den westlichen und teilweise nördlichen verlärmten Gebäudeseiten im Wesentlichen Badezimmer, Küchen und Erschließungswege orientiert worden. Wenige Aufenthaltsräume, die aufgrund der Wohnungsgrößen zur Lärmquelle orientiert werden mussten, wurden mit verglasten Loggien geschützt.



Bild 1: Grundrissentwurf czerner göttlich architekten – Georg-Wilhelm-Höfe

Im zweiten Beispiel [Bild 2] befindet sich die Lärmquelle östlich des Gebäudes. Hier wurden im Wesentlichen ebenfalls Küchen und Bäder zur Quelle orientiert. Aufenthaltsräume nach Osten erhielten zusätzlich einen verglasten Balkon. Auf solche Weise nicht zu schützende Fenster von Aufenthaltsräumen nach Osten wurden festverglast. Hierbei wurde darauf Wert gelegt, dass jeder Raum mit Festverglasung ein zusätzliches Fenster erhielt, um eine Öffnungsmöglichkeit nach außen weiterhin zu gewährleisten.

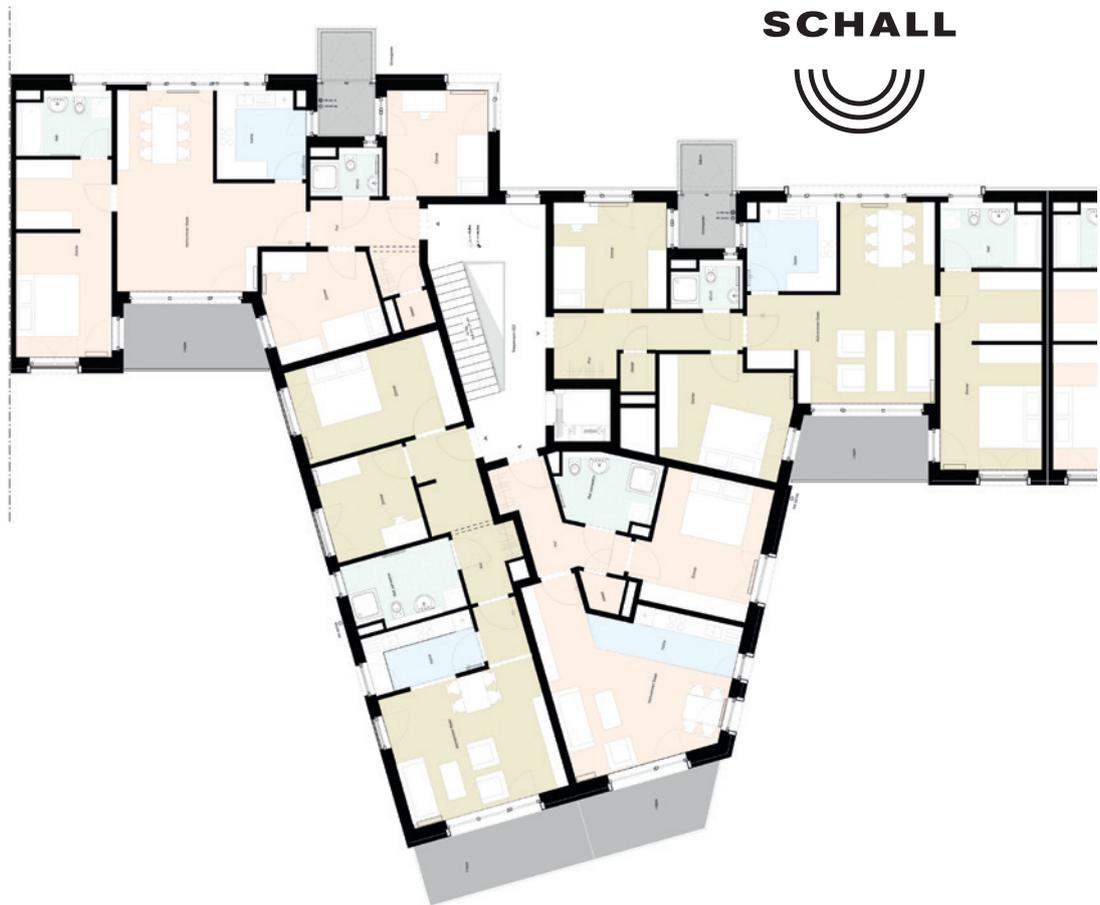


Bild 2: Grundrissentwurf LRW Architekten und Stadtplaner, Loosen, Rüschoff + Winkler – Bauvorhaben in Lokstedt

FENSTERDETAILS UND ÖFFNUNGSBEGRENZER

Erster Ansatzpunkt für Schallschutzmaßnahmen ist meist das Fenster. Gerade wenn bei bereits vorliegenden Planungen nur geringe Überschreitungen des Innenraumpegels von 30 dB(A) festgestellt werden, sind zunächst die zum Öffnen vorgesehenen Fenster zu überprüfen.

Der Innenraumpegel wird dabei maßgeblich von der Öffnungsfläche zwischen Fenster und Rahmen bestimmt. Oftmals bewirkt daher eine **Verkleinerung** der zu öffnenden **Fensterfläche** bereits eine ausreichende Pegelabnahme.

Neben einer Veränderung der Fenstermaße oder der Verwendung von mehreren kleinen Fenstern ist auch eine Unterteilung der Fensterfläche unter Beibehaltung des ursprünglichen Gesamteindrucks möglich.

Eine einfache Möglichkeit, die Öffnungsfläche einzuschränken, stellen **Öffnungsbegrenzer** dar. Diese beschränken die Öffnungsweite zum Beispiel des gekippten Fensters von circa 10–15 cm im Normalfall auf bis zu 4 cm (minimale Öffnungsweite nach „Hamburger Leitfaden Lärm in der Bauleitplanung 2010“ sowie Merkblatt der obersten Bauaufsicht „Schalltechnisches Nachweisverfahren für teilgeöffnete Fenster“).

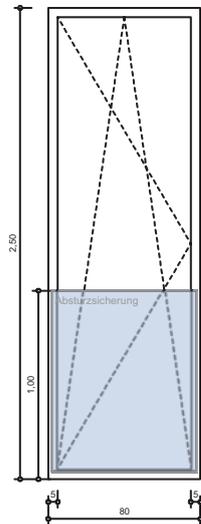


Bild 3: Bodentiefes Fenster

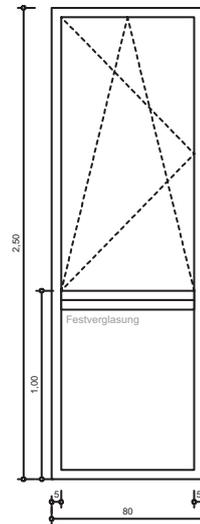


Bild 4: Fenster mit Teilung in Höhe der Absturzsicherung

Eine weitere Lösung könnte bei bodentiefen Fenstern zum Beispiel die Teilung in Höhe einer gegebenenfalls notwendigen Absturzsicherung sein [Bild 3 + 4]. Hierbei wird der untere Fensterteil als Festverglasung ausgeführt, dadurch ist die zu öffnende Fensterfläche deutlich reduziert. Im dargestellten Beispiel mit einer Fensterbreite von 0,8 m und -höhe von 2,5 m sowie einer Unterteilung in einer Höhe von 1 m ergibt sich eine Reduzierung der Öffnungsfläche von circa 45 %.

Als zu öffnendes Bauteil bieten sich bei großflächigen Verglasungen meistens die Türen an, gegebenenfalls in Verbindung mit einem Öffnungsbegrenzer [Bild 5 + 6]. Alternativ können Fensterflächen auch vertikal geteilt werden. Im dargestellten Beispiel [Bild 5] ist die Fensterfläche in zwei Teile von je 0,4 m Breite geteilt, wovon nur ein Teil zu öffnen ist.

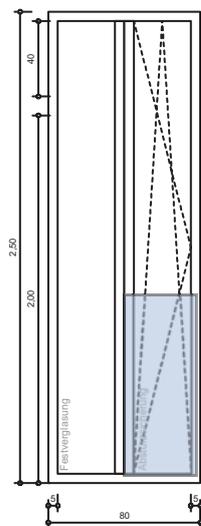


Bild 5: Fenster mit vertikaler Teilung

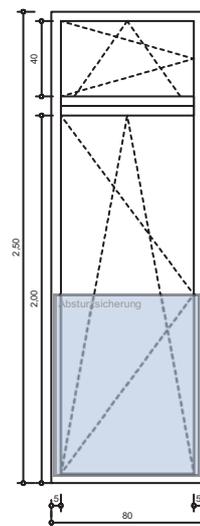


Bild 6: Fenster mit Lüftungsklappe

Das Schalldämm-Maß eines gekippten Fensters lässt sich wie folgt bestimmen:

$$R'_{w,res} = -10 * \log \left(\frac{(B + H) * s}{(B * H) + (B + H) * s} \right)$$

Dabei ist $R'_{w,res}$ das resultierende Schalldämm-Maß in dB, B die Breite des Fensters, H die Höhe sowie s die Öffnungsweite (in Metern). Für die vier dargestellten Beispiele (jeweils für eine Öffnungsweite von 8 cm beziehungsweise 4 cm) ergeben sich folgende Schalldämm-Maße für das gesamte Fenster (einschließlich der nicht zu öffnenden Fläche, Gesamtfläche des Fensters immer 0,8 m x 2,5 m):

Zu öffnen [m x m]	Öffnungsweite [cm]	Schalldämm-Maß [dB]
0,8 x 2,5	8	9,3
	4	12,1
0,8 x 1,5	8	11,0
	4	13,7
0,4 x 2,5	8	10,3
	4	12,8
0,8 x 0,4	8	14,3
	4	16,7

GLOSSAR

SCHALLDÄMM-MASS

Das Schalldämm-Maß eines Bauteils (zum Beispiel einer Wand oder einer Tür, in diesem Falle eines Fensters) gibt an, wie stark der Schall beim „Durchgang“ durch das Bauteil vermindert wird. Das Schalldämm-Maß ist infolge charakteristischer Bauteileigenschaften (z.B. Eigenfrequenzen) frequenzabhängig. Die Angabe erfolgt jedoch meistens (wie in dieser Broschüre) als Einzahlangabe in dB (siehe „bewertetes Schalldämm-Maß“ auf Seite 13).

RESULTIERENDES SCHALLDÄMM-MASS

Das Schalldämm-Maß kann auch für mehrere Bauteile zusammen, etwa Wandfläche und Fenster, ermittelt werden, daraus ergibt sich das resultierende Schalldämm-Maß. Es wird dabei jedoch durch „schwache“ Bauteile (wie zum Beispiel geöffnete Fenster) dominiert, das heißt, mit Bauteilen mit sehr schlechten Schalldämm-Maßen kann kein hohes Gesamt-Schalldämm-Maß erreicht werden.

ABSORBIERENDE LAIBUNGEN UND STÜRZE

Neben der Begrenzung von Fensterfläche und Öffnungsweite stellt die Auskleidung der Fensterlaibungen und -stürze mit (hoch-)absorbierenden Materialien eine weitere Schallschutzmaßnahme am Fenster dar [Bild 7]. Hierbei wird die Reflexion des Schalls an den Laibungen und am Sturz reduziert, somit dringt weniger Schall über den indirekten Weg in den Raum.

(HOCH-)ABSORBIERENDE MATERIALIEN

Als absorbierend bzw. hochabsorbierend bezeichnet man Materialien, die einen Großteil des einwirkenden Schalls absorbieren, das heißt nicht reflektieren. Hierbei geht man von Absorptionswerten von etwa 4 dB (absorbierend) beziehungsweise mindestens 8 dB (hochabsorbierend) aus. Eine Pegelminderung von 4 dB entspricht mehr als einer energetischen Halbierung, das heißt, dass der reflektierte Schall weniger als die halbe Energie des einfallenden Schalls besitzt. Bei einer Pegelminderung von 8 dB werden bereits mehr als 80 % der Schallenergie absorbiert.

Für das absorbierende Material gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten. Neben einfachen Materialien wie Schaumstoffen sind auch etwas aufwendigere Lösungen wie Lochplatten mit dahinter liegender Mineralwolle möglich. Zudem können auch absorbierende Materialien, die für die Montage als Akustikdecke oder zur Wandmontage gedacht sind, verwendet werden [Bild 8].

Bei der Planung von absorbierenden Laibungen und Stürzen ist stets zu beachten, dass ausreichend Einbautiefe für die gewählten Materialien zur Verfügung steht. Die Einbautiefe kann von wenigen Millimetern bis hin zu mehreren Zentimetern reichen (Lochplatten mit Mineralwolle).

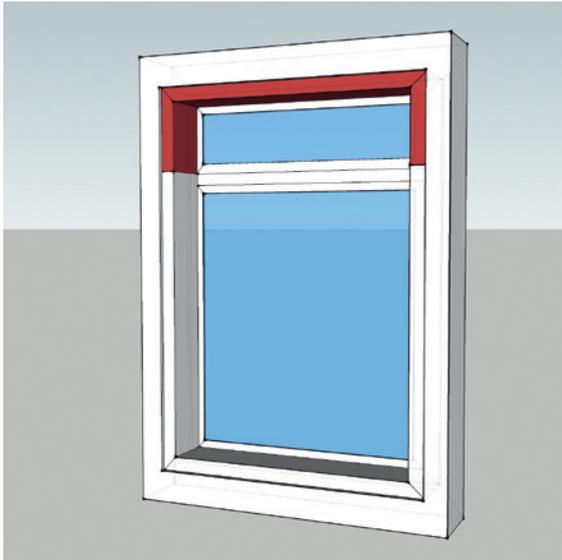


Bild 7: Schematische Darstellung von zu verkleidenden Laibungen und Stürzen für eine Lüftungsklappe

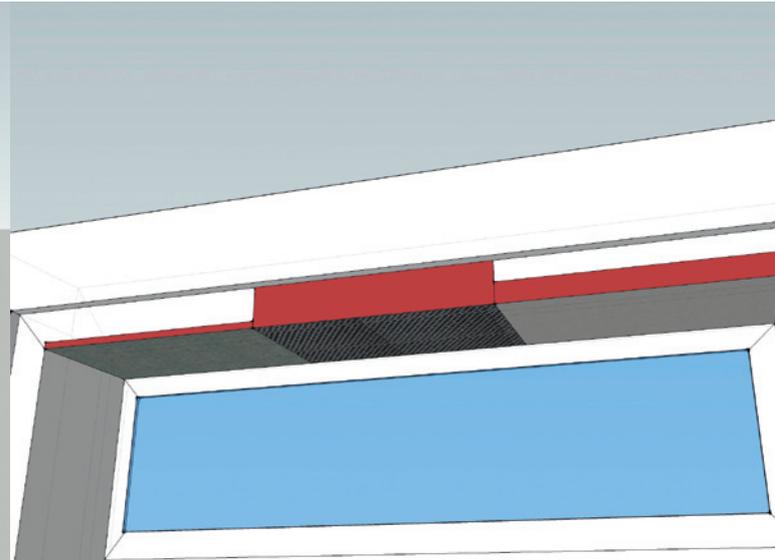


Bild 8: Schematische Darstellung des Sturzes
Von links nach rechts: Teppich, Lochplatte, Akustikplatte

Verschiedene Messungen (Sälzer (1988), Ahlefeldt (2006), Arnhold (2011, s. S. 13)) zur Wirksamkeit von absorbierenden Materialien und Kippbegrenzern dienen als Grundlage beziehungsweise Bestätigung für die angesetzten theoretisch ermittelten Schalldämm-Maße.

Es zeigt sich, dass das Schalldämm-Maß eines Fensters mit zusätzlichen absorbierenden Materialien an Sturz und Laibungen um circa 4 dB verbessert werden kann.

Insgesamt kann die exakte schalltechnische Wirkung von absorbierenden Laibungen nur nach genauer Prüfung zusammen mit weiteren gegebenen Parametern (z. B. Fensterdimension) geprüft werden.

FAZIT: MASSNAHMEN AM FENSTER

Bereits durch eine entsprechende Wahl der Fensterdimensionen sowie die Möglichkeit, Öffnungsbegrenzer für die Fenster einzusetzen, kann der Schallschutz auch bei teilgeöffneten Fenstern deutlich erhöht werden. Die zuvor dargestellten Abbildungen zeigen, dass je nach Gestaltung der Fassade unterschiedliche Varianten von Fenstergrößen und -abmessungen möglich sind.

Wenn neben Öffnungsbegrenzern und einer verringerten Öffnungsfläche noch absorbierende Laibungen und Stürze vorgesehen werden, sind jedoch einige der zuvor dargestellten Varianten meist nicht optimal, da die Anbringung an Laibungen und Sturz zum Teil nur recht aufwendig zu realisieren ist.

Für ein normales oder horizontal geteiltes Fenster bieten sich noch gute Möglichkeiten der Anbringung absorbierender Materialien an, wofür allerdings ein hoher Materialaufwand erforderlich ist.

Für das zuvor dargestellte Fenster mit vertikaler Teilung [Bild 5] ergeben sich jedoch Probleme für die innere Laibung, ebenso bei Fensterelementen mit großflächiger Verglasung.

In vergleichsweise lauten Situationen stellt die einfachste Lösung sowohl in Bezug auf die Öffnungsfläche als auch die Anbringung von absorbierenden Laibungen und Stürzen eine oberhalb des Fensters vorgesehene „Lüftungsklappe“ dar [Bild 6].

Für Umnutzungen denkmalgeschützter Gebäude ist die Kombination aus Öffnungsbegrenzern und der Verwendung schallabsorbierender Materialien oftmals ein guter Kompromiss zwischen den Anforderungen des Schallschutzes und einer denkmalgerechten Gestaltung. Weitergehende Maßnahmen, wie zum Beispiel verglaste Vorbauten, beeinträchtigen in der Regel das geschützte Erscheinungsbild der Gebäude zu sehr.

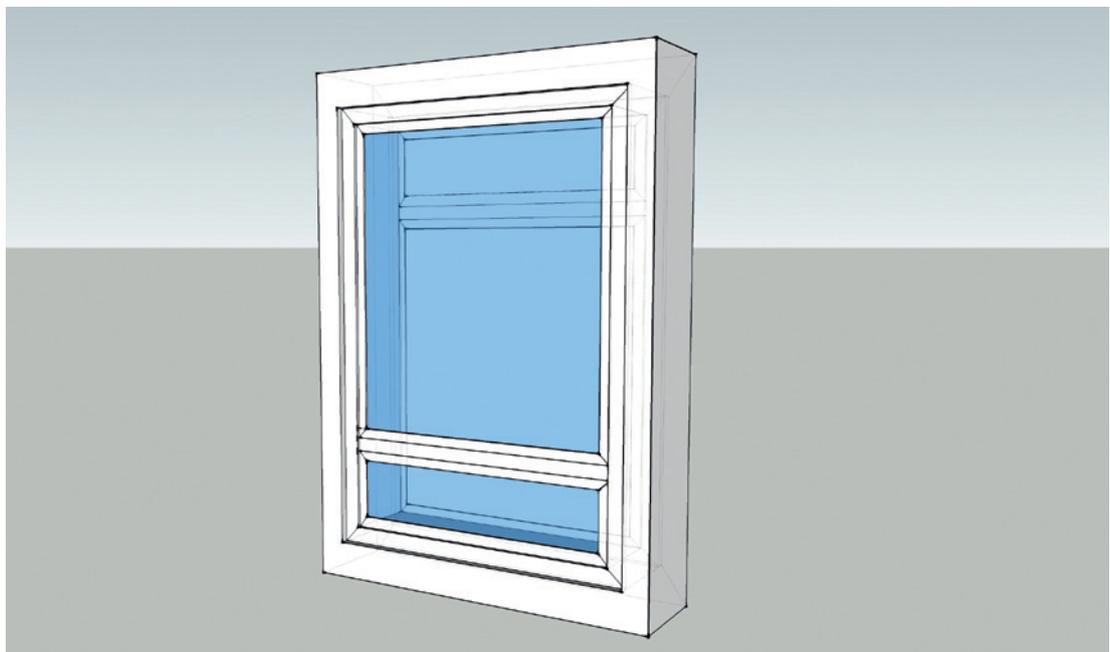
THEORIE DES „HAFENCITY-FENSTERS“

Eine spezielle Variante des Fensters stellt das Prinzip des Kastenfensters dar, das aus alten Varianten in eine moderne Form für die HafenCity weiterentwickelt wurde. Hierbei werden zwei Fensterebenen kombiniert, um einen Fensterzwischenraum zu schaffen [Bild 9]. Dieser Zwischenraum kann zusätzlich mit absorbierenden Materialien an Sturz und Laibungen ausgekleidet werden, um das Schalldämm-Maß des Kastenfensters zu erhöhen. Zusätzlich kann die Öffnungsweite bei Kastenfenstern begrenzt werden. Kastenfenster können sowohl durch zwei konventionelle Fenster als auch durch speziell angefertigte Bauteile realisiert werden.

In der für die HafenCity optimierten Variante des Kastenfensters wird die Fensterfläche beider Fensterebenen geteilt und jeweils eine zum Lüften vorgesehene „Klappe“ realisiert. Diese Klappen sind vertikal versetzt, das heißt, in der inneren Ebene ist zum Beispiel die Klappe am unteren Rand, in der äußeren Ebene am oberen Rand des Fensters vorgesehen. Zusammen mit absorbierenden Materialien und Öffnungsbegrenzern ermöglicht diese Maßnahme Schalldämm-Maße von mindestens 20 dB bis zu 30 dB.

Die Vorteile des Kastenfensters liegen darin, dass diese die Fassade optisch nicht beeinflussen und dass alle Schallschutzmaßnahmen „innerhalb“ des Fensters untergebracht sind. Es gibt somit keine Beeinträchtigung des Wohnraums durch absorbierende Stürze oder Laibungen. Sofern spezielle Kastenfenster als fertiges Bauteil zur Verfügung stehen, können diese vormontiert geliefert werden, sodass ein einfacher Einbau vor Ort gegeben ist.

Bild 9: Schematische Darstellung des „HafenCity-Fensters“



MESSUNGEN AM „HAFENCITY-FENSTER“

Im Rahmen einer Bachelor-Abschlussarbeit mit dem Titel „Untersuchung der Schalldämmung von gekipp-ten Einzel- und Doppelfenstern, insbesondere des „HafenCity-Fensters“, mit schallabsorbierenden Laibungs- und Sturzverkleidungen“ von Franziska Arnhold wurde im Frühjahr 2011 untersucht, welche Wirkung die zuvor genannten Maßnahmen in der Praxis erzielen können [Bild 10].

Es wurden schallmindernde Maßnahmen unter anderem an „Standard“-Einzel- und Doppelfenstern sowie an einem Doppelfenster mit versetzt angeordneten Öffnungen, dem sogenannten „HafenCity-Fenster“, vorgestellt.

Die höchste Schalldämmung wurde bei dem „HafenCity-Fenster“ erzielt. Bei einem Öffnungsabstand von 40 mm und schallabsorbierenden Verkleidungen des Sturzes und der Laibungen wurde ein bewertetes Schalldämm-Maß von 33 dB gemessen.

Die Verbesserungen der bewerteten Schalldämm-Maße zwischen schallabsorbierenden und schallharten Verkleidungen des Sturzes und der Laibungen betragen sowohl bei dem ungeteilten Einzelfenster als auch bei dem ungeteilten Doppelfenster 5 dB. Bei dem „HafenCity-Fenster“ konnten Besserungen von 3 dB gemessen werden. Die Messergebnisse am ungeteilten Einzelfenster unterschieden sich allerdings nur um 2 dB.

Die Messungen erfolgten mit Unterstützung der Menck Fenster GmbH durch die LÄRMKONTOR GmbH.

GLOSSAR

DAS BEWERTETE SCHALLDÄMM-MAß R_w

Zur einfacheren Vergleichbarkeit der Schalldämm-Maße verschiedener Bauteile wurde das bewertete Schalldämm-Maß R_w als Einzahlangabe eingeführt. Es wird über ein genormtes Bewertungsverfahren aus dem frequenzabhängigen Schalldämm-Maß R durch Vergleich mit einer Sollkurve ermittelt.



Bild 10: Laborfotos der Messungen am „HafenCity-Fenster“

UMSETZUNG DES „HAFENCITY-FENSTER“

Beim Bauvorhaben „Ökumenisches Forum“ in der Hafencity wurden an der viel befahrenen Shanghaiallee „HafenCity-Fenster“ umgesetzt. In den im Forum integrierten Wohnungen sowie in Gästezimmern wurden für die zur Shanghaiallee ausgerichteten Schlafräume ein Kastenfenster verwendet, welches nach außen über ein normales Dreh-Kippfenster und nach innen über ein Drehfenster mit integrierter kippbarer Fensterklappe im unteren Bereich verfügt. Die Kippweiten des außenliegenden Dreh-Kippfensters sowie der innenliegenden Fensterklappe wurden mittels eines Öffnungsbegrenzers auf 40 mm gesenkt. Zusätzlich wurden hochschallabsorbierende Materialien zwischen den Fenstern angebracht. Mittels dieser Konstruktion konnte eine Schallpegeldifferenz von etwa 35 dB(A) erzielt werden [Bild 11].

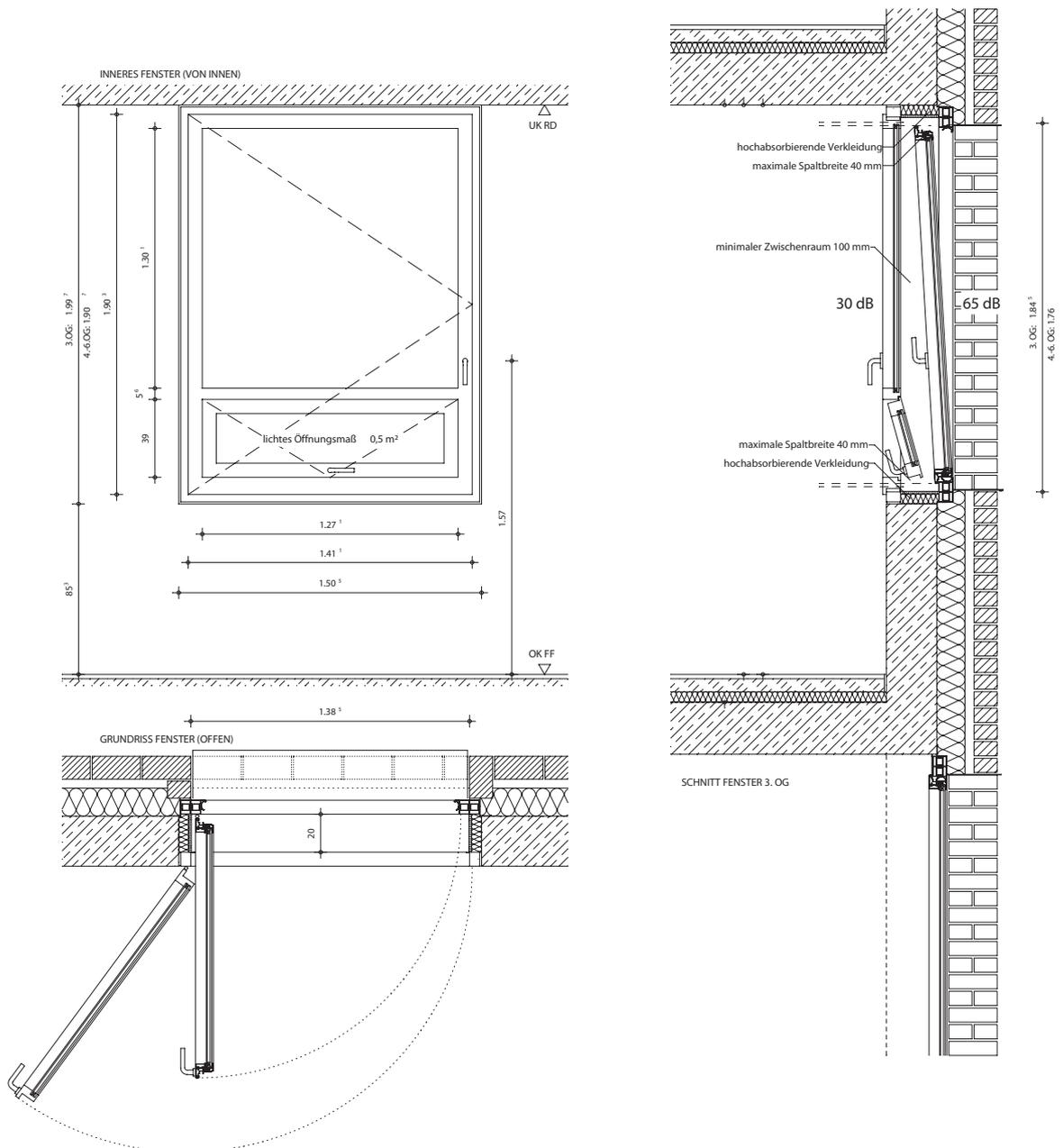


Bild 11: Konstruktionszeichnung des „HafenCity-Fensters“ im Ökumenischen Forum

PIXELFENSTER

Die zuvor beschriebene Funktionsweise des Kastenfensters kann natürlich auch in abgewandelten Bauformen umgesetzt werden, um so an das Gebäude angepasste Fenster zu entwerfen. An einem Bauvorhaben in Hamburg wurden sogenannte „Pixelfenster“ konzipiert [Bild 12 + 13]. Neben ihrer Wirkung zum Schallschutz wurden diese gezielt auch als Gestaltungsmerkmal der Fassade verwendet.

Der grundsätzliche Aufbau gleicht dem des Kastenfensters: Es sind zwei Verglasungen mit einem absorbierend ausgeführten Zwischenraum vorhanden. Die Besonderheit beim Pixelfenster liegt darin, dass die äußere Fensterebene aus dem Baukörper heraustritt. Die äußere Ebene wurde mit Drehflügeln sowie einem Kippelement unterhalb der Drehflügel ausgestattet. Die innere Ebene besteht aus Drehkipplügel Fenstern. Der Abstand zwischen innerer und äußerer Ebene ist deutlich größer als bei den zuvor beschriebenen Kastenfenstern. Es sind Abstände von circa 50 cm vorgesehen.



Bild 12: Außenansicht des Pixelfensters

Der Zwischenraum zwischen beiden Fensterebenen wird sowohl an den Seiten als auch unten und oben schallabsorbierend ausgeführt. Die hier dargestellte Bauform mit einem zusätzlichen angewinkelten, seitlichen Fensterelement wurde entwickelt, um eine Vergrößerung der Absorptionsfläche zu erzielen. Die Pegelminderung „Außenpegel zu Innenraumpegel“ im Raum wurde bei dieser Fensterkonstruktion mit circa 30 dB(A) ermittelt.

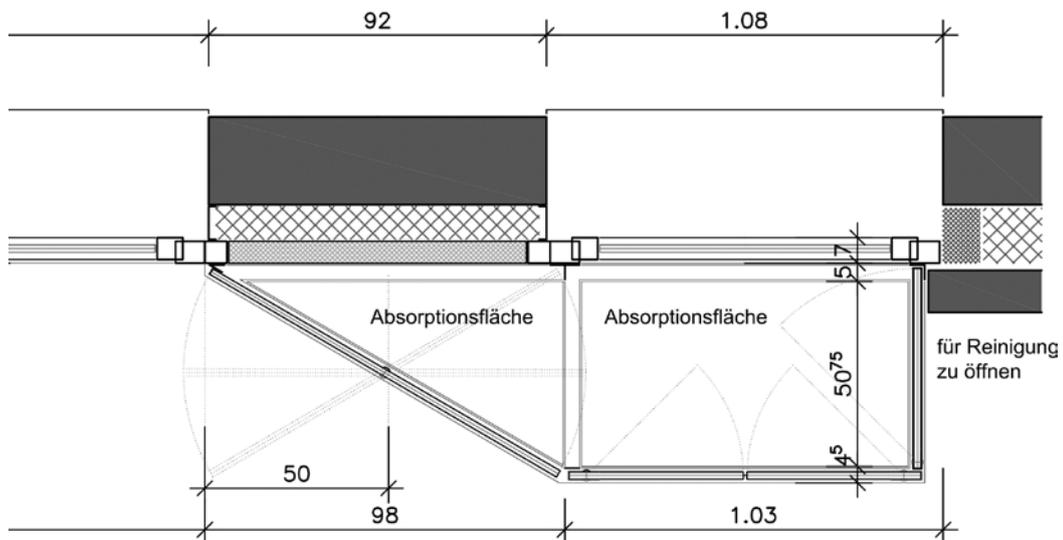


Bild 13: Skizze des Pixelfensters

PARTIELLE PRALLSCHEIBE

Bei dieser im Rahmen eines Bauprojektes für die Internationale Bauausstellung 2013 in Hamburg vorgeschlagenen Lösung wurde die notwendige Fensterbrüstung in effizienter Weise auch für den Schallschutz in Form einer partiellen Prallscheibe genutzt.

Die Pegelminderung durch die transparente Prallscheibe (Brüstung), welche über den Abstand zum dahinter liegenden Fenster für eine ausreichende Belüftung sowie für den akustischen Außenweltbezug sorgt, wurde in diesem Beispiel konservativ mit 6 dB(A) angenommen. Das eigentliche Schlafzimmerfenster wurde dann horizontal so geteilt, dass der Kippflügel unterhalb der Oberkante der Prallscheibe angeordnet wird. Um die Abschirmwirkung der Prallscheibe nutzen zu können, ist allerdings ein ausreichendes Überlappungsmaß erforderlich. Zusätzlich wurde oberhalb des Kippfensters eine Fensterbank angeordnet, welche im unteren Bereich ebenso wie die Laibungen mit schallabsorbierenden Materialien verkleidet wurde. Insgesamt wurde in dem Beispiel eine Pegeldifferenz von circa 25 dB(A) erzielt.

Je nach Ausführung der Prallscheibe kann es zu mehr oder weniger deutlichen Eingriffen in das äußere Erscheinungsbild der Fassade kommen. Darüber hinaus ist der Aspekt der Außenreinigung zu beachten.

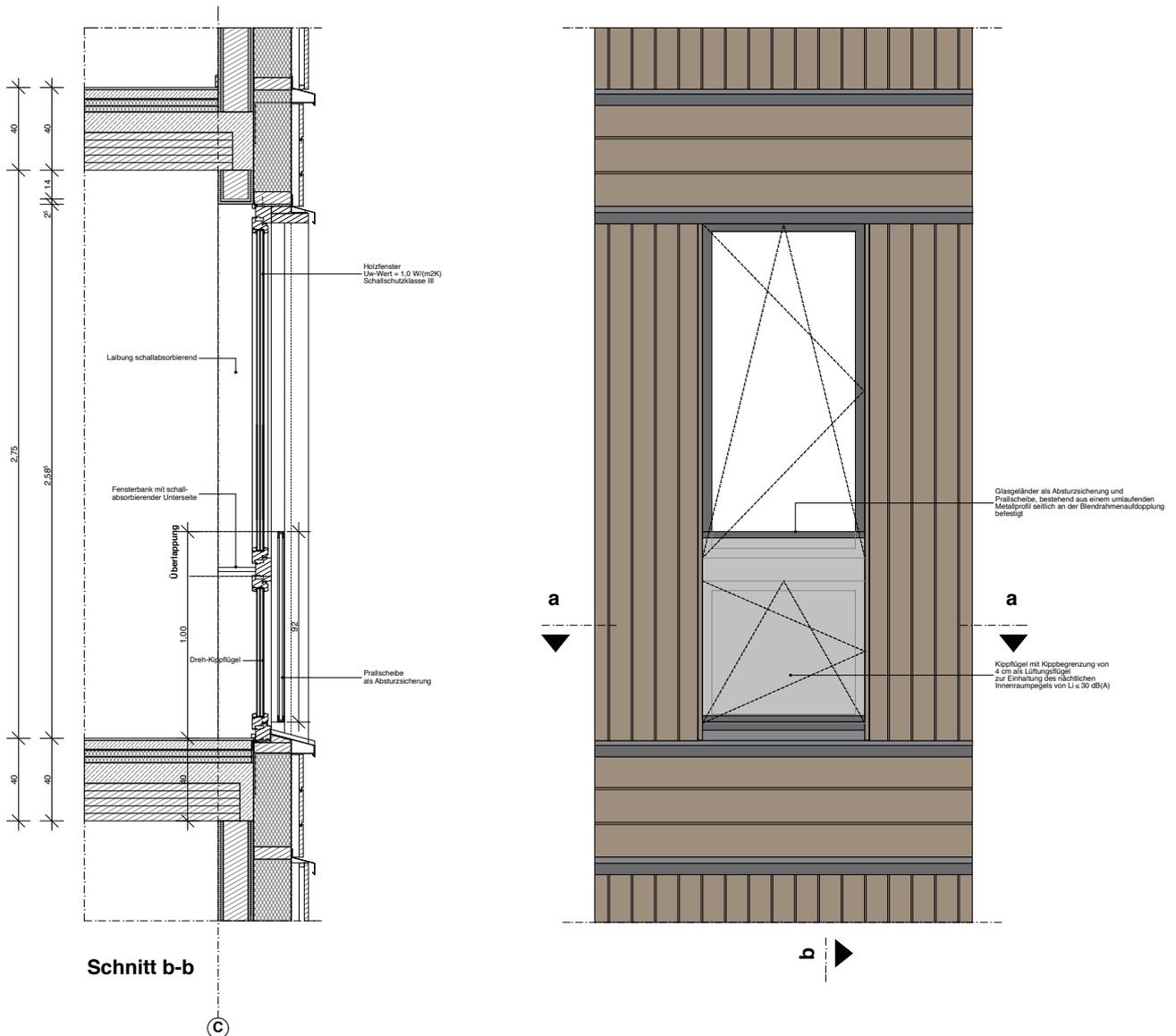


Bild 14: Skizzen der Prallscheiben

OFFENE LOGGIA UND DACHTERRASSE

Als Option für den Schallschutz bieten sich zum Beispiel Loggien oder Dachterrassen an, die in unterschiedlichen Ausführungen in der Grundrissplanung berücksichtigt werden können.

Loggien stellen dabei innenliegende Räume dar, die nicht als Aufenthaltsraum der Wohnung geplant sind und eine deutliche Verbindung zur Außenwelt haben (sogenannte Schallschutzvorbauten).

In einigen Situationen kann es bereits ausreichend sein, allein den abschirmenden Effekt von Loggien auszunutzen. Dies ist vor allem an Gebäudeseiten möglich, die nicht direkt zur Lärmquelle orientiert sind. Hierbei ist die eigentliche Fensterfront eines Schlafrumes nach innen versetzt, die davor liegende Loggia benötigt keine Verglasung zum Schallschutz.

Je nach Außenlärmpegel und Ausführung ergeben sich somit gut nutzbare Außenbereiche, zudem sind gegebenenfalls weitere (umfangreiche) Schallschutzmaßnahmen an den Schlafräumenfenstern nicht mehr nötig.

In einem Bauvorhaben in Hamburg [Bild 15] wurde eine komplette Fassade mit Loggien gestaltet. Im obersten Geschoss blieb die Loggia nach oben und auch an den Seiten geöffnet und bildete so eine Dachterrasse.

Die akustische Wirkung offener Loggien lässt sich nicht pauschal ermitteln. Sie hängt vor allem von der abschirmenden Wirkung von Gebäudeteilen und den gegenüber der Außenfassade zurückgesetzten Fenstern sowie der Lage der Schallquellen ab. In typischen Situationen kann die Pegelminderung 1–5 dB(A) betragen.



Bild 15: Simulierte Außenansicht und Skizzen der Dachterrassen

VERGLASTE LOGGIEN

Eine Möglichkeit zur Steigerung der schalldämmenden Wirkung der Loggia stellt die Verglasung der Außenseiten dar.

Hierbei werden, je nach Außenlärmpegel, einfache bis aufwendige Verglasungen sowie gegebenenfalls weitere Maßnahmen an den Fenstern eingesetzt.

Bei einem Objekt in Hamburg-Winterhude wurden von den Architekten (Carsten Lorenzen Aps) in Abstimmung mit den Lärmgutachtern für mehrere Schlafräume in den oberen Geschossen sehr tiefe Loggien geplant [Bild 16].

Diese hatten eine Breite von 2 m an der Fassade und eine Tiefe von 3,2 m. Für eine ausreichende Belichtung auch für die anliegenden Räume wurde eine Fensterfläche von 2 m x 2 m vorgesehen, wovon die Hälfte zu öffnen sein wird, zudem sind Öffnungsbegrenzer und absorbierende Laibungen vorgesehen.

Zu den anliegenden Räumen wurde eine vollflächige Verglasung gewählt, um der Loggia ein offeneres Erscheinungsbild zu geben. Zur Belichtung der Räume sind weitere Fensterflächen an der Fassade vorhanden, die jedoch nicht zur Belüftung zu öffnen sind.

Die Pegelminderung von außen zur Loggia beträgt hier circa 15 dB(A), von außen in die Schlafräume circa 30 dB(A).

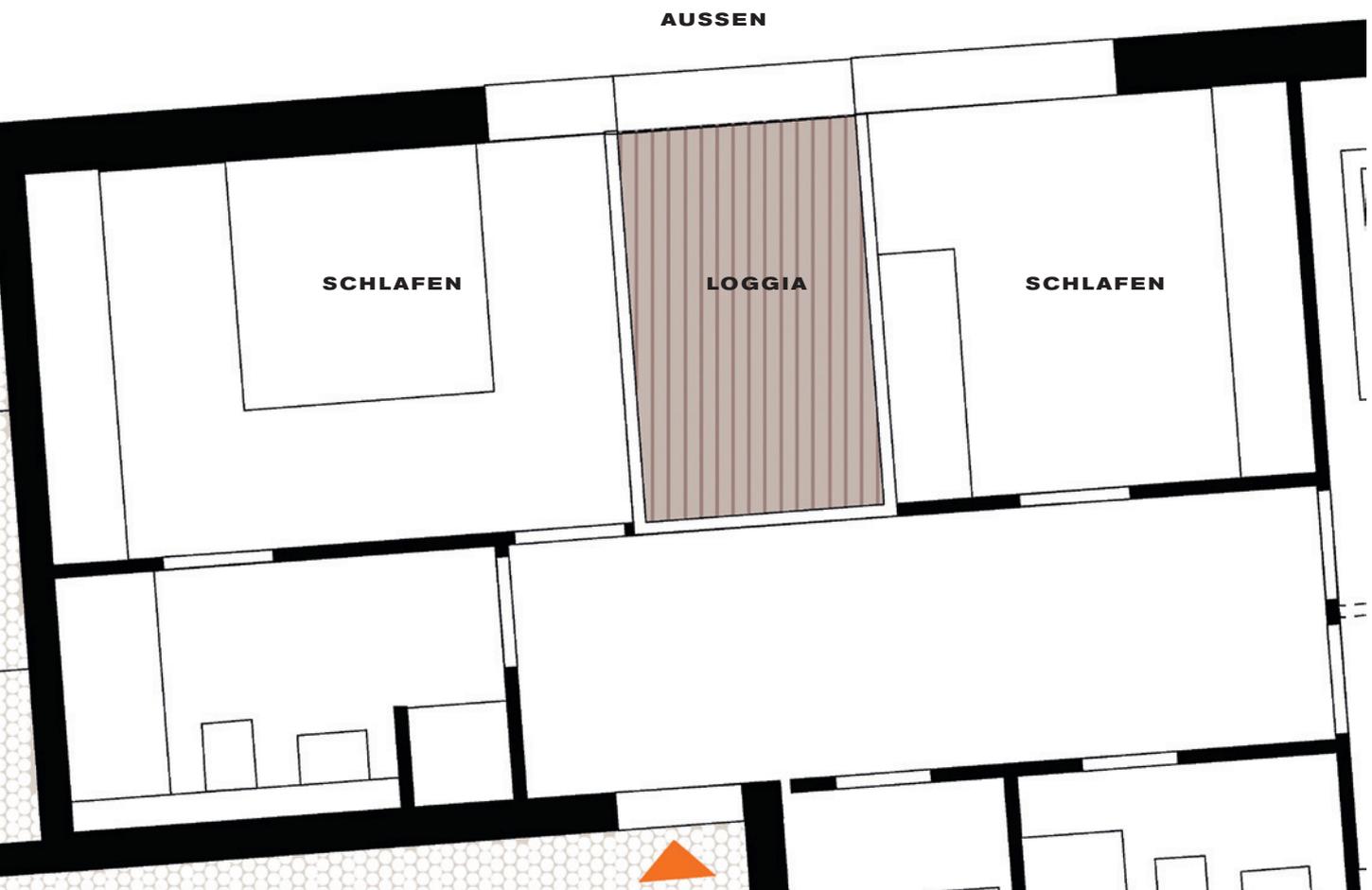


Bild 16: Prinzipskizze der verglasten Loggia

VERGLASTE LOGGIA FÜR ZWEI WOHNUNGEN

Bei der Planung eines Studentenwohnheims, das in einem durch Verkehrslärm belasteten Gebiet liegt, wurde vom Architekten (nhm Architekten) eine weitere Lösung mit Loggien vorgestellt [Bild 17].

Hierbei teilen sich zwei Studentenzimmer nicht nur Dusche und WC sowie gegebenenfalls eine kleine Küche, sondern auch eine von beiden Räumen aus zugängliche Loggia.

Diese ist in einer Größe von knapp 3 m² geplant und zu beiden Räumen hin mit einer bodentiefen Glaswand abgetrennt. Zur Außenfassade hin ist auf der vollen Breite von circa 2,5 m eine Verglasung mit 2,2 m Höhe vorgesehen.

Durch die hohe Lärmbelastung in der Nacht waren Kastenfensterkonstruktionen nicht ausreichend. Auch eine einfache Loggia reichte nicht aus, sodass sowohl an den Fenstern der Loggia nach außen als auch an den zu öffnenden Türen zur Loggia hin schallabsorbierende Laibungen und Öffnungsbegrenzer als notwendige Schallschutzmaßnahme vorgeschlagen wurden.

Im Detail wurden in der Loggia zwei Fensterflügel mit einer Breite von je 0,6 m und einer Höhe von 2,2 m vorgesehen. Vom Außenpegel in die Loggia wurde eine Pegelminderung von etwa 10 dB(A) erreicht, gegenüber dem Außenpegel wurde der Innenraumpegel um circa 30 dB(A) gesenkt.

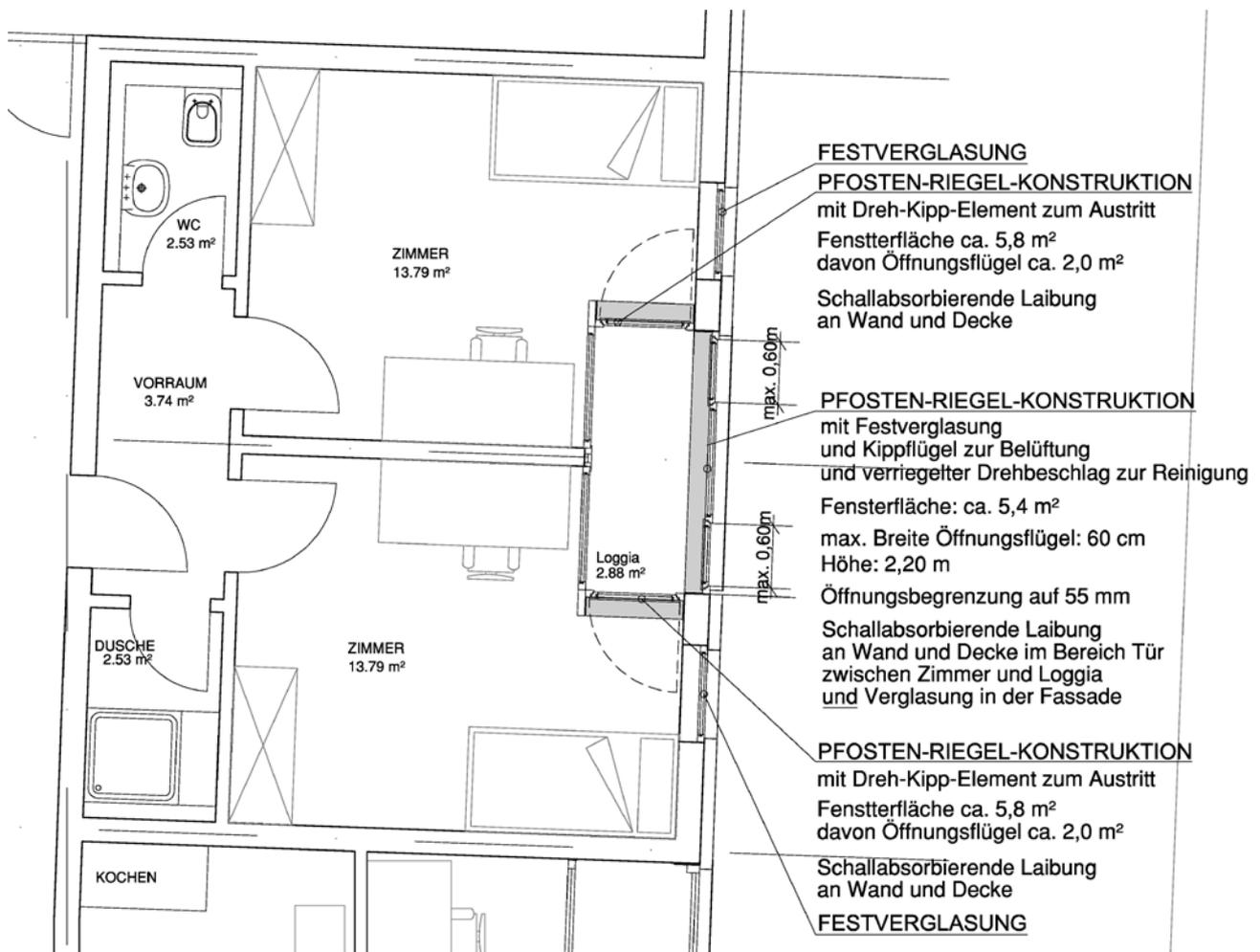


Bild 17: Prinzipskizze der verglasten Loggia für zwei Wohnungen

BALKONVERGLASUNGEN

Eine weitere Möglichkeit zum Schallschutz stellen Balkonverglasungen dar.

Je nach Hersteller sind hier flexibel planbare Systeme vorhanden, die sämtliche Elemente einschließlich Brüstung beinhalten. Durch die geschlossene, teilöffnbare Front bieten diese Systeme über den Schallschutz hinaus zudem einen Komfortgewinn für die Balkone.

Als Schallschutzmaßnahme wirken verglaste Balkone wie verglaste Loggien, nur ist die Fensterfläche deutlich größer, was zu Problemen bei hohen Lärmbelastungen in der Nacht führen kann.

Der Vorteil der verglasten Balkone gegenüber Loggien liegt darin, dass keine Grundfläche innerhalb des eigentlichen Baukörpers verloren geht.

Die Schalldämm-Maße geschlossener Systeme sind nach Herstellerangaben stark davon abhängig, ob rahmenlose Systeme [Bild 18] oder Systeme mit Rahmen eingesetzt werden.

Für rahmenlose Systeme werden Schalldämm-Maße von 17 dB im geschlossenen Zustand angegeben, für Systeme mit Rahmen, aber ansonsten vergleichbarem Aufbau, werden Schalldämm-Maße von 25 dB genannt.

Im teilgeöffneten Zustand können noch Schalldämm-Maße von 15–20 dB erreicht werden, der Innenraumpegel im Balkon lässt sich so um 5–8 dB(A) (abhängig von Balkon, Absorption im Balkon, Wänden etc.) gegenüber dem Außenlärm reduzieren.

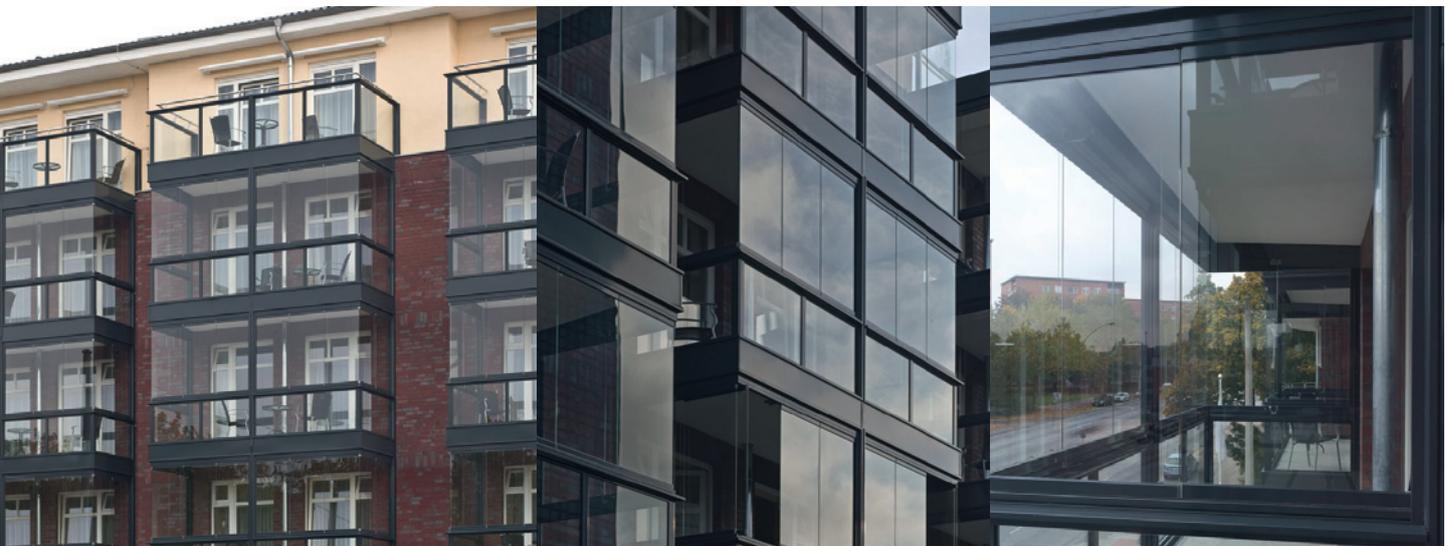


Bild 18: Abbildungen von Balkonverglasungen

FAZIT

Wenn die Thematik „Schallschutz“ bereits in der Entwurfsphase eines Bauvorhabens berücksichtigt wird und eine ruhige Gebäudeseite vorhanden ist, bietet sich in erster Näherung zur Lärmprävention eine Optimierung der Grundrisse an. Hierbei werden die Schlafräume an der ruhigen Fassade angeordnet, an der verlärmten Gebäudeseite werden vorrangig Treppenhäuser, Flure, Bäder und Küchen vorgesehen.

Zum Schallschutz an Wohngebäuden ist eine Vielzahl von Möglichkeiten gegeben, um die Anforderungen an den Innenraumpegel in Schlafräumen im Nachtzeitraum einzuhalten.

Die Maßnahmen beginnen an den Fenstern mit Optimierung der Fenstergeometrie, Begrenzung der Öffnungsweite, dem Einsatz von absorbierenden Laibungen oder von zweischaligen Kastenfenstern. Zudem sind Maßnahmen vor den Fenstern, wie z. B. Prallscheiben, denkbar.

Sollte eine Orientierung aller Schlafräume an eine ruhige Gebäudeseite nicht möglich sein und Maßnahmen an den Fenstern allein nicht reichen, kann bei höheren Schallpegeln mit verglasten Vorbauten vor den Schlafräumen eine ausreichende Schallpegeldifferenz erreicht werden.

Hierbei ist eine Vielzahl von Möglichkeiten gegeben, um die Loggien beziehungsweise Balkone auch gestalterisch an das Erscheinungsbild des Hauses anzupassen.

Bei sehr hohen Schallpegeln sind die Loggien gegebenenfalls auch zu verglasen, ebenso ist der Einsatz von verglasten Balkonen vor der Fassade denkbar. Die vorgestellten Maßnahmen an Fenstern sind, wenn erforderlich, auch für die äußeren Fenster verglaster Loggien und Balkone anwendbar.

BILDNACHWEIS / QUELLEN

BILDNACHWEIS

Titelbild	Thomas Hampel / ELBE & FLUT
Bild 1	czerner göttlich architekten, architektur + stadtplanung
Bild 2	LRW Architekten und Stadtplaner Loosen, Rüschoff + Winkler
Bild 03–09	LÄRMKONTOR GmbH
Bild 10	Arnhold, LÄRMKONTOR GmbH, Menck Fenster GmbH
Bild 11	Wandel, Hoefer, Lorch Architekten
Bild 12	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg
Bild 13	Aumann Katzsch Architekten GmbH+[Starcke ²]
Bild 14	planpark-architekten Hamburg
Bild 15	Johannes Störtenbecker
Bild 16	Carsten Lorenzen Aps, Triple iii
Bild 17	nhm Architekten, Triple iii
Bild 18	Solarlux

QUELLEN

„Auswertung der Online-Lärmumfrage des Umweltbundesamtes“,
Umwelt Bundesamt, Dessau-Roßlau, April 2011

Hamburger Leitfaden Lärm in der Bauleitplanung 2010
(<http://www.hamburg.de/laermleitfaden-2010>)

„Schalltechnisches Nachweisverfahren für teilgeöffnete Fenster“
Merkblatt der obersten Bauaufsicht Hamburg (<http://www.hamburg.de/contentblob/2105398/data/schallschutznachweis-fuer-fenster-in-kippstellung.pdf>)

„Einfluss schallabsorbierender Laibungsverkleidungen auf die Schalldämmung von Fenstern in Kippstellung“,
Elmar Sälzer, Zeitschrift Bauphysik 10 (1988), Berlin, 1988

„Verbesserung der Schalldämmung eines gekippten Fensters durch schallabsorbierende Laibungsverkleidung“,
Thomas Ahlefeldt, Berlin, o. J. (2006)

„Untersuchung der Schalldämmung von gekippten Einzel- und Doppelfenstern, insbesondere des
„HafenCity-Fensters“, mit schallabsorbierenden Laibungs- und Sturzverkleidungen“
Franziska Arnhold, Hamburg, April 2011



IMPRESSUM

Herausgeber: Hafencity Hamburg GmbH

Osakaallee 11, 20457 Hamburg

Telefon: 040 - 37 47 26 - 0, Telefax: 040 - 37 47 26 - 26

E-Mail: info@HafenCity.com, www.HafenCity.com

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

Amt für Landes- und Landschaftsplanung

Alter Steinweg 4, 20459 Hamburg

Bearbeitet von: Lärmkontor GmbH

Altonaer Poststraße 13 B

22767 Hamburg

Telefon: 040 - 38 99 94 0

Telefax: 040 - 38 99 94 44

www.laermkontor.de

Ansprechpartner: Stefan Mundt

(Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt)

Telefon: 040 - 428 40 83 03

Hamburg, 2011; © 2011 All rights reserved

Design: lab3 mediendesign

Die in dieser Broschüre enthaltenen Informationen sind für die Allgemeinheit bestimmt; sie erheben weder Anspruch auf Vollständigkeit noch auf Richtigkeit. Sie dürfen nicht zur Beurteilung von Risiken von Anlage- oder sonstigen geschäftlichen Entscheidungen verwendet werden.

