Fraunhofer
IBP

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP

Forschung, Entwicklung,
Demonstration und Beratung auf
den Gebieten der Bauphysik

Zulassung neuer Baustoffe,
Bauteile und Bauarten

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle für
Prüfung, Überwachung und Zertifizierung

Institutsleitung
Prof. Dr. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

IBP-Bericht B-BA 4/2015

Schalltechnisches und bauphysikalisches Gutachten zur Umsetzung des baulichen Schallschutzes beim Flughafen Berlin-Schönefeld (BER)

Durchgeführt im Auftrag der
Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden Flughafen
Schönefeld e. V.
Am Rathaus 1, 14979 Großbeeren

Der Bericht umfasst
114 Seiten Text
30 Tabellen
66 Abbildungen
17 Anlagen mit insgesamt 134 Seiten

Prof. Dr. Philip Leistner
Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Brandstetter
M.BP. Marcus Hermes
Dr. Lutz Weber

Stuttgart, 11. August 2016

Institutsleiter	Gruppenleiter	Bearbeiter	Bearbeiter
Prof. Dr. Philip Leistner	Dr. Lutz Weber	Dipl.-Ing. Klaus-Dieter Brandstetter	M.BP. Marcus Hermes

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstraße 12 | 70569 Stuttgart
Telefon +49 711 970-00
Telefax +49 711 970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Standort Holzkirchen
Fraunhoferstr. 10 | 83626 Valley
Telefon +49 8024 643-0
Telefax +49 8024 643-366

Standort Kassel
Gottschalkstr. 28a | 34127 Kassel
Telefon +49 561 804-1870
Telefax +49 561 804-3187

Inhalt

1	**Problematik und Vorgehensweise**	**4**
1.1	Einführung	4
1.2	Schallschutzanforderungen	6
1.3	STOB und ASE - Übersicht und Vorgehensweise	7
2	**Bauakustische Untersuchungen**	**13**
2.1	Untersuchungsmethodik	13
2.2	Akustische Grundlagen	14
2.2.1	Schallpegel	14
2.2.2	A-Bewertung und Lautstärkewahrnehmung	16
2.2.3	Schalldämmung und bewertetes Schalldämm-Maß	18
2.2.4	Spektrum-Anpassungswerte	21
2.3	Überprüfung des Planungskonzepts	26
2.4	Überprüfung der praktischen Umsetzung	30
2.4.1	Vorgehensweise	30
2.4.2	Auswahl der Untersuchungsobjekte	31
2.4.3	Aufbau der beigefügten Anhänge	34
2.4.4	Schalldämm-Messungen vor Ort	35
2.4.5	Untersuchungsergebnisse	36
3	**Bauphysikalische Problemstellen**	**38**
3.1	Innenseitige Dämmsysteme	38
3.2	Dezentrale Wandlüfter	47
3.3	Schallschutz bei tiefen Frequenzen	49
4	**Einfluss der Innendämmung auf die Versorgung mit Tageslicht**	**56**
5	**Hygrothermische und lüftungstechnische Untersuchungen**	**58**
5.1	Allgemeines	58
5.2	Feuchte	60
5.3	Raumlufttechnik-Norm DIN 1946-6: Lüftung von Wohnungen	61
5.3.1	Lüftungsstufen gemäß DIN 1946-6	61
5.3.2	Einsatz von Zuluftgeräten	62
5.4	Lüftungskonzept – bauphysikalisch grundlegende Aspekte	65

5.5 Hygrothermische Gebäudesimulation 65
5.5.1 Rechnerische Untersuchung 65
5.5.2 Übersicht der Varianten 66
5.5.3 Simulations-Zeitraum 67
5.5.4 Gebäudestandort / Klimadaten 67
5.5.5 Innere Wärme-, Feuchte-, CO_2-Quellen 67
5.5.6 Heizung 70
5.5.7 Luftwechsel 71
5.6 Gebäudemodell Einfamilienhaus 71
5.6.1 Zonen- und Raum-Übersicht 74
5.7 Gebäudebauteile 75
5.7.1 Fenster 79
5.7.2 Sonstige Randbedingungen 80
5.8 Ergebnisse Einfamilienhaus 81
5.8.1 Infiltration 81
5.8.2 Bestandsgebäude 82
5.8.3 Relative Luftfeuchtigkeit 83
5.8.4 Raumluftqualität 85
5.8.5 Thermische Behaglichkeit 85
5.9 Gebäude raumweise saniert und mechanisch belüftet 85
5.9.1 Relative Luftfeuchtigkeit 87
5.9.2 Raumluftqualität 88
5.9.3 Thermische Behaglichkeit 88
5.10 Lüftungsvariante mit Stoßlüftung (5 Minuten morgens und abends) 88
5.10.1 Relative Luftfeuchtigkeit 90
5.10.2 Raumluftqualität 91
5.11 Ergebnisbewertung Einfamilienhaus 91
5.11.1 Vergleich Bestandsgebäude – raumweise saniert 93
5.11.2 Wärmebrücke Innenwand nach Sanierung 96
5.11.3 Wärmebrücke Innenwand vor Sanierung 98
5.11.4 Ausgewählte Ergebnisse weiterer Varianten 99

6 Zusammenfassung 102

7 Beurteilungsgrundlagen und Literatur 108

8 Verzeichnis der Anlagen zum Gutachten 113

1 Problematik und Vorgehensweise

1.1 Einführung

Durch den Umbau des Flughafens Berlin-Schönefeld zum Verkehrsflughafen Berlin Brandenburg sind die umliegenden Gebiete einer erhöhten Belastung durch Fluglärm ausgesetzt. Um einen angemessenen Lärmschutz zu gewährleisten, sind für zahlreiche Gebäude in diesen Gebieten bauliche Schallschutzmaßnahmen erforderlich. Die Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) übernimmt auf Antrag die Planung und Auslegung dieser Maßnahmen und erstattet den Eigentümern der betroffenen Gebäude die hierfür erforderlichen Aufwendungen. Dies erfolgt im Rahmen einer Schalltechnischen Objektbeurteilung (STOB) und einer anschließenden Anspruchsermittlung (ASE) durch ein von der FBB beauftragtes Ingenieurbüro. Die ASE enthält ein Leistungsverzeichnis mit genauer Beschreibung der erforderlichen baulichen Maßnahmen und den entsprechenden Kosten. Auf Grundlage dieses Leistungsverzeichnisses kann der Eigentümer des Gebäudes ein Fachunternehmen mit der Durchführung der erforderlichen Maßnahmen beauftragen. Die hierfür erforderlichen Kosten werden ihm nach Vorlage der Rechnung von der FBB erstattet, soweit sie die im Leistungsverzeichnis genannten Beträge nicht überschreiten.

Die wichtigsten rechtlichen Grundlagen des Schallschutzprogramms sind der Planfeststellungsbeschluss zum Ausbau des Flughafen Berlin-Schönefeld, der Planergänzungsbeschluss sowie die diesbezüglichen Urteile des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg [b01 - b04]. Der Anspruch auf die Durchführung von Schallschutzmaßnahmen beschränkt sich ausschließlich auf schutzbedürftige Räume, wie. z. B. Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer. Räume ohne Schutzanspruch, wie z. B. Flure und Bäder, sind hingegen ausgenommen. Für Außenwohnbereiche wie Balkone und Terrassen erhalten die Eigentümer eine pauschale Entschädigung.

Die oben skizzierte Vorgehensweise ist insofern problematisch, als zahlreiche in den Anspruchsermittlungen vorgesehene Schallschutzmaßnahmen bauphysikalische Nebenwirkungen, z. B. im Hinblick auf den Wärme- und Feuchteschutz sowie auch die Gebäudelüftung, nach sich ziehen. Als besonders kritisch sind in diesem Zusammenhang vor allem folgende Maßnahmen zu bewerten, die in zahlreichen Gebäuden vorgesehen sind:

- Verbesserung der Schalldämmung der Außenwand durch innenseitig angebrachte akustische Vorsatzschalen (da die Vorsatzschalen im Prinzip wie innenseitige Wärmedämmsysteme aufgebaut sind, werden sie im Folgenden dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend auch als Innendämmsysteme bezeichnet).

- Die Einhaltung der zulässigen Schallpegel im Inneren der Gebäude ist generell nur bei geschlossenen Fenstern möglich. Zur Sicherstellung des erfor-

derlichen Luftwechsels ist deshalb an den Außenwänden der Schlafräume der Einbau von Schallschutzlüftern vorgesehen.

Um die durch die Schallschutzmaßnahmen hervorgerufenen bauphysikalischen Probleme näher zu untersuchen, wurde das Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) von der Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden Flughafen Schönefeld e. V. mit der Erstellung des vorliegenden Gutachtens beauftragt. In dem Gutachten sollen vor allem folgende Fragen untersucht werden:

- Gewährleisten die in den Anspruchsermittlungen vorgesehenen Maßnahmen einen ausreichenden baulichen Schallschutz?

- Wie sind die bauphysikalischen Nebenwirkungen der Maßnahmen (in hygrothermischer, lufthygienischer, raumklimatischer und lichttechnischer Hinsicht) zu bewerten?

- Entsprechen die Maßnahmen den allgemein anerkannten Regeln der Technik (z. B. im Hinblick auf den erforderlichen Aufwand und die erreichte Schallschutzwirkung) oder gäbe es bessere Alternativen?

Ein weiterer Punkt der in dem Gutachten näher betrachtet werden soll, ist der bauliche Schallschutz bei tiefen Frequenzen. Da die gesamte Schallschutzplanung im vorliegenden Fall ausschließlich unter Verwendung einer Einzahlangabe (dem bewerteten Schalldämm-Maß R'_w) erfolgte, stellt die Berücksichtigung der vorhandenen Frequenzspektren ein wichtige Ergänzung des Planungsprozesses dar.

Der in dem Gutachten betrachtete Themenbereich beschränkt sich ausschließlich auf das Gebiet der Bauphysik. Die bau- und planungsrechtlichen Aspekte der Problematik (baurechtliche Rahmenbedingungen, rechtliche Grundlage des Schallschutzkonzeptes, Planfeststellungsbeschluss, etc.) werden nicht näher betrachtet. Gleiches gilt auch für die Ermittlung des in den schutzbedürftigen Räumen zulässigen Innenpegels in Abhängigkeit vom einwirkenden Fluglärm, der Nutzung des Raumes und den planungsrechtlichen Anforderungen. Da hierbei vor allem rechtliche Gesichtspunkte von Bedeutung sind, wird die Thematik im vorliegenden Gutachten lediglich gestreift. Das in der ASE enthaltene Leistungsverzeichnis wird nur insoweit betrachtet, als darin die Ausführung der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen beschrieben ist. Weitere Aspekte, wie Vollständigkeit der Unterlagen, Wirtschaftlichkeit der vorgesehenen Maßnahmen, Plausibilität des angegebenen Kostenrahmens, etc. werden nicht näher untersucht.

1.2 Schallschutzanforderungen

Bei den Anforderungen an den baulichen Schallschutz ist zwischen dem allgemeinen Lärmschutz für Räume, die überwiegend tagsüber (d. h. im Zeitraum von 06.00 - 22.00 Uhr) genutzt werden und dem Nachtschutz für Schlafräume zu unterscheiden. Die Anforderungen für Schlafräume beziehen sich auf den in der Zeit von 22.00 - 06.00 Uhr einwirkenden Fluglärm. Der Geltungsbereich der Anforderungen umfasst das Tages- bzw. Nachtschutzgebiet im Umkreis des Flughafens, wobei die beiden Gebiete - etwas vereinfacht dargestellt - folgendermaßen definiert sind:

Tagschutzgebiet: Gebiet, in dem der energieäquivalente Dauerschallpegel in den Tagstunden (06.00 - 22.00 Uhr) der sechs verkehrsreichsten Monate mindestens 60 dB(A) beträgt.

Nachtschutzgebiet: Gebiet, in dem der energieäquivalente Dauerschallpegel in den Nachtstunden (22.00 - 06.00 Uhr) der sechs verkehrsreichsten Monate mindestens 50 dB(A) beträgt
oder
der A-bewertete Maximalpegel in der Durchschnittsnacht der sechs verkehrsreichsten Monate mindestens sechsmal einen Wert von 70 dB(A) überschreitet.

Aus dem Planfeststellungsbeschluss und den ergänzenden Bestimmungen [b01 - b02] ergeben sich für Gebäude in den obengenannten Gebieten folgende Schallschutzanforderungen:

Allgemeiner Lärmschutz (Tagschutz)

In Wohn-, Büro- und Praxisräumen darf der A-bewertete Maximalpegel des Fluglärms bei geschlossenen Fenstern in den Tagstunden nicht mehr als 55 dB(A) betragen. Dies gilt als erfüllt, wenn der zulässige Wert am Durchschnittstag der sechs verkehrsreichsten Monate weniger als 0,005 mal überschritten wird.

Nachtschutz

In Schlaf- und Übernachtungsräumen darf der A-bewertete Maximalpegel in der Durchschnittsnacht der sechs verkehrsreichsten Monate höchstens sechsmal über 55 dB(A) ansteigen. Außerdem der energieäquivalente Dauerschallpegel in den Nachtstunden (ebenfalls bezogen auf die sechs verkehrsreichsten Monate) einen Wert von 35 dB(A) nicht überschreiten. Bei den genannten Anforderungen wird von geschlossenen Fenstern und ausreichender Belüftung der Räume (z. B. durch Schalldämm-Lüfter) ausgegangen.

Schallschutz nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm

Neben den oben genannten Anforderungen, die sich aus dem Planfeststellungsbeschluss ergeben, sind beim baulichen Schallschutz außerdem die Be-

stimmungen des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG [b05]) sowie der hierzu erlassenen 2. FlugLSV [b06] einzuhalten. Es ist daher jeweils zu prüfen, welche Anforderung im Einzelfall den höchsten Schallschutz gewährleistet (in STOB und ASE wird die entsprechende Anforderungen als "maßgebliches Kriterium" bezeichnet). Auf diese Anforderung hin sind dann die erforderlichen Schallschutzmaßnahmen abzustimmen. Während sich der Allgemeine Lärmschutz für die Tagstunden fast immer an der Anforderung aus dem Planfeststellungsbeschluss (A-bewerteter Maximalpegel höchstens 55 dB(A)) bemisst, stellt für die Nachtstunden vielfach die 2. FlugLSV das maßgebliche Kriterium für den erforderlichen baulichen Schallschutz dar.

Im Gegensatz zu den Anforderungen aus dem Planfeststellungsbeschluss, die sich auf den zulässigen Schallpegel im Raum beziehen, betreffen die Vorgaben der 2. FlugLSV das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile. Je nachdem, welche der beiden Anforderungen sich als maßgebliches Kriterium erweist, können daher in der Praxis bei der Schallschutzplanung unterschiedliche Zielwerte vorhanden sein. Bei Wohnräumen (Tagschutz) besteht das Ziel in der Regel darin, die Einhaltung des maximal zulässigen Innenpegels von 55 dB(A) zu gewährleisten. Bei Schlafräumen (Nachtschutz) richtet sich die maßgebliche Anforderung hingegen vielfach an das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile, wobei sich der erforderliche Zielwert aus den Vorgaben der 2. FlugLSV ergibt (eine nähere Beschreibung ist im nachfolgenden Abschnitt unter dem Stichwort "Raumkorrektur" zu finden). Die prinzipielle Vorgehensweise bei der Schallschutzplanung (Erhöhung der Schalldämmung der Außenbauteile bis zum Erreichen des jeweiligen Zielwertes) ist aber in beiden Fällen gleich.

Die Bestimmung der zum Vergleich mit den Anforderungen erforderlichen Fluglärmpegel erfolgt auf rechnerischer Basis durch die FBB, wobei unterschiedliche Planungsszenarien und Berechnungsverfahren herangezogen werden. Da dies nicht Bestandteil des vorliegenden Gutachtens ist, wird hier nicht weiter darauf eingegangen. Die Einzelheiten sind dem Leitfaden Schallschutz der FBB [s01] zu entnehmen.

1.3 STOB und ASE - Übersicht und Vorgehensweise

Alle vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen basieren auf Schalltechnischen Objektbeurteilungen (STOB) und Anspruchsermittlung (ASE), die im Auftrag der FBB von Ingenieurbüros durchgeführt werden. Zum besseren Verständnis der Thematik soll die hierbei verwendete Vorgehensweise im Folgenden in vereinfachter und verkürzter Form erläutert werden.

Die STOB umfasst im Wesentlichen vier Arbeitsschritte:

- Bestandsaufnahme und kartographische Einordnung des Gebäudes und der darin befindlichen schutzbedürftigen Räume (Anlagen 0, 1 und 1a der STOB),

- Ermittlung des maßgeblichen Kriteriums (d. h. der jeweils einzuhaltenden Schallschutzanforderung) für die verschiedenen Räume (Anlagen 2 und 2a der STOB),

- Ermittlung der erforderlichen Schalldämm-Maße für die Außenbauteile des Gebäudes (Anlage 3 der STOB),

- Festlegung der baulichen Maßnahmen, die gegebenenfalls erforderlich sind, um die erforderlichen Schalldämm-Maße zu erreichen (Anlage 4 der STOB).

Auf der Grundlage der in der STOB ermittelten Ergebnisse wird von dem beauftragten Ingenieurbüro ein Leistungsverzeichnis (LV) mit einer genauen Beschreibung der zur akustischen Ertüchtigung des Gebäudes erforderlichen baulichen Maßnahmen und der hierfür benötigten Kosten erstellt. Anschließend werden STOB und LV von dem Ingenieurbüro an die FBB übergeben, die sie zunächst einer Überprüfung (Qualitätssicherung) unterzieht und danach in einem Schreiben (der sogenannten Anspruchsermittlung-B, abgekürzt ASE-B) an den Antragsteller, also zumeist den Eigentümer des betroffenen Gebäudes, weiterleitet. Auf Basis dieses Schreibens kann der Antragsteller dann eine Fachfirma mit der Umsetzung der erforderlichen Baumaßnahmen beauftragen.

Da die STOB einen Bestandteil der ASE bildet, wird in dem vorliegenden Gutachten als übergeordnete Bezeichnung zumeist lediglich der Begriff ASE verwendet, der sämtliche von der FBB und dem von ihr beauftragten Ingenieurbüro durchgeführten bauphysikalischen Planungsschritte umfasst. Um die wesentlichen Probleme zu verdeutlichen, sollen die einzelnen Arbeitsschritte im Folgenden genauer betrachtet werden. Die Darstellung der Schritte erfolgt dabei in logischer (also nicht unbedingt chronologischer) Reihenfolge, beginnend bei der Ermittlung des am Standort des betrachteten Gebäudes einwirkenden Fluglärmpegels.

a) Berechnung des zu erwartenden Fluglärmpegels nach Inbetriebnahme des ausgebauten Flughafens Berlin-Schönefeld durch die FBB. Die Berechnung erfolgt getrennt für Tag und Nacht, wobei sowohl der Dauerschallpegel als auch der maximale Lärmpegel bestimmt werden. Bei der Ermittlung des Fluglärmpegels werden unterschiedliche Planungsszenarien (Prognose-Kapazität des Flughafens gemäß PFA, Szenario 20XX, wetterabhängige Flugrouten gemäß Betriebsrichtung 07 und 25) und verschiedene Berechnungsverfahren (AzB-DLR und AzB-2008) herangezogen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann (nähere Informationen hierzu siehe [s01]). Die Berechnungsergebnisse werden als farbige Lärmkarten der betroffenen Gebiete dargestellt.

b) Bestimmung des Fluglärmpegels am Standort des Gebäudes durch das mit der Erstellung der ASE beauftragte Ingenieurbüro. Hierbei wird zwischen den Tages- und den Nachtstunden sowie dem mittleren und dem maxima-

len Schallpegel (energieäquivalente Dauerschallpegel bzw. A-bewerteter Maximalpegel) unterschieden. Der einwirkende Fluglärmpegel bestimmt die geltenden Schallschutzanforderungen.

c) Ermittlung des zulässigen Innenpegels in den schutzbedürftigen Räumen des Gebäudes. Der zulässige Innenpegel ergibt sich aus der Nutzung des Raumes (z. B. als Wohn- oder Schlafraum) in Verbindung mit den geltenden Schallschutzanforderungen, die auf unterschiedlichen rechtlichen Grundlagen (z. B. Planfeststellungsbeschluss oder 2. FlugLSV) beruhen. Sind mehrere Anforderungen einzuhalten, so gilt jeweils der strengste Wert (sogenanntes maßgebliches Kriterium). Da sich die Angaben in der 2. FlugLSV nicht auf den Innenpegel im Raum, sondern auf das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile beziehen, ist hierfür eine Umrechnung erforderlich, bei der es leicht zu Missverständnissen kommen kann. Deshalb wird weiter unten noch genauer darauf eingegangen.

d) Erfassung aller für die Schallschutzplanung benötigten Gebäudedaten im Rahmen einer Ortsbesichtigung. Neben den Maßen und der Nutzung der vorhandenen Räume betrifft dies insbesondere die Abmessungen und die Konstruktion der Außenbauteile des Gebäudes. Dieser Arbeitsschritt ist für die Planungsqualität von entscheidender Bedeutung, da die hierbei ermittelten Angaben die Grundlage zur Ermittlung der vorhandenen und erforderlichen Schalldämm-Maße bilden.

e) Bestimmung der Schalldämm-Maße der Außenbauteile aus den bei der Ortsbegehung erfassten Gebäudedaten. Dies erfolgt grundsätzlich rechnerisch (also ohne akustische Messungen vor Ort) auf der Grundlage von vorhandenen bauakustischen Regelwerken (insbesondere DIN 4109), Bauteilkatalogen und Erfahrungswerten. Wegen der großen Bandbreite der in der Praxis vorhandenen Konstruktionen ist man dabei häufig auf Erfahrungs- oder Schätzwerte angewiesen, so dass die ermittelten Schalldämm-Maße naturgemäß vielfach eine recht hohe Unsicherheit aufweisen.

f) Berechnung des Innenpegels, der sich in den Räumen des bestehenden Gebäudes im Bestand nach Inbetriebnahme des Flughafens ergeben würde. Neben dem einwirkenden Fluglärmpegel gehen in die Berechnung die Schalldämm-Maße und Abmessungen der Außenbauteile ein. Da die meisten Räume über mehrere Außenbauteile (Wände, Fenster, Dachschrägen, etc.) verfügen, sind dabei jeweils mehrere Schallübertragungswege zu berücksichtigen. Auf das hierbei verwendete Berechnungsverfahren wird später noch genauer eingegangen.

g) Liegt der berechnete Innenpegel unter dem zulässigen Wert, so sind keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Ist dies nicht der Fall, so wird die Schalldämmung der betreffenden Bauteile rechnerisch so lange erhöht, bis der Innenpegel im Raum im erlaubten Bereich liegt. Normalerweise setzt man bei diesem Prozess am schwächsten Glied der Kette, d. h. bei dem

Bauteil mit der niedrigsten Schalldämmung an. Aber auch die Konstruktion (d. h. das vorhandene schalltechnische Verbesserungspotenzial) und die Fläche der Bauteile spielen eine Rolle, so dass die Suche nach der besten Lösung letztlich Erfahrungs- und Ermessenssache ist.

h) Die Differenz zwischen dem bestehenden und dem rechnerisch erforderlichen Schalldämm-Maß bildet die Vorgabe zur Auslegung der erforderlichen baulichen Schallschutzmaßnahmen. Dies kann im einfachsten Fall nur der Austausch eines Fensters gegen ein geeignetes Produkt mit höherer Schalldämmung sein. Vielfach ist es aber erforderlich, bestehende Bauteile, wie z. B. Wände und Dächer, durch Umbau akustisch zu ertüchtigen. Die hierfür erforderlichen Maßnahmen, wie z. B. die Anbringung von Vorsatzschalen vor dem zu ertüchtigenden Bauteil, müssen zum einen natürlich die erforderliche Verbesserung der Schalldämmung erbringen, sollten zum andern aber auch praktikabel und wirtschaftlich sein. Die Balance zwischen diesen Kriterien erfordert häufig umfangreiche bauakustische Erfahrung über die bloße Anwendung der vorhandenen Normen hinaus.

i) Im letzten Bearbeitungsschritt der Schallschutzplanung wird die technische Ausführung der erforderlichen Maßnahmen im Detail beschrieben und zusammen mit den erforderlichen Kosten im beigefügten Leistungsverzeichnis dokumentiert.

Im vorliegenden Gutachten werden vor allem die Arbeitsschritte e) bis h) sowie - zur Beschaffung der notwendigen technischen Angaben über die vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen - auch das Leistungsverzeichnis i) betrachtet. Da die bei der Schallschutzplanung verwendete Vorgehensweise wegen der Komplexität der einzelnen Arbeitsschritte in der obigen Aufzählung nur in vereinfachter Form dargestellt werden konnte, sollen die Punkte, die für die bauphysikalische Beurteilung des Planungsprozesses und der vorgesehenen baulichen Maßnahmen besonders wichtig sind, nachfolgend etwas genauer erläutert werden.

Raumkorrektur

Für die vom Fluglärm betroffenen Gebäude bestehen unterschiedliche Schallschutzanforderungen, die sich aus dem Planfeststellungsbeschluss, dem Planergänzungsbeschluss und der 2. FlugLSV ergeben. In den Anlagen 2 und 2a zur ASE werden die verschiedenen Anforderungen - abhängig vom einwirkenden Fluglärmpegel und getrennt für Tages- und Nachtzeit - miteinander verglichen. Entsprechend der Nutzung des jeweiligen Raumes wird dann die strengste Anforderung als Grundlage zur Auslegung der Schallschutzmaßnahmen herangezogen. Als einheitlicher Vergleichsmaßstab dient hierbei die Differenz zwischen dem von außen einwirkenden Fluglärmpegel L_a und dem zulässigen Innenpegel im Raum L_i.

Im Gegensatz zum Planfeststellungsbeschluss, der den zulässigen Schallpegel innerhalb des schutzbedürftigen Raums begrenzt, beziehen sich die Anforde-

rungen der 2. FlugLSV auf das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile erf. $R'_{w,res}$. Die in der 2. FlugLSV beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung der Anforderungen und die Anforderungen selbst entsprechen DIN 4109 "Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise" [s02]. Die Anforderungen sind in Stufen mit einer Breite von 5 dB gestaffelt, umfassen einen Bereich von 30 dB ≤ erf. $R'_{w,res}$ ≤ 50 dB und steigen innerhalb dieses Bereichs mit zunehmendem Außenlärmpegel kontinuierlich an. Die Höhe der Anforderungen ist so bemessen, dass - unabhängig von einwirkenden Außenlärmpegel - in Wohn- und Schlafräumen im Normalfall ein Innenpegel von 30 dB(A) nicht überschritten wird. Im Gegensatz zu DIN 4109 ist in der 2. FlugLSV bei Bestandsbauten allerdings gemäß § 5, Abs. (2) eine Verminderung der obigen Anforderungen um 3 dB vorgesehen. Da die von außen nach innen übertragene Schall-Leistung von der Fläche der Außenbauteile abhängt, ist zu den Anforderungen - sowohl nach der 2. FlugLSV als auch nach DIN 4109 - außerdem ein Zuschlag zu addieren, der von dem Verhältnis der Außenfläche zur Grundfläche des Raumes abhängt. Der Zuschlag ist in Tab. 9 in DIN 4109 aufgeführt, umfasst einen Bereich von -3 bis +5 dB und lässt sich aus der Tabelle mit einer Genauigkeit von 1 dB entnehmen.

Die zur Einhaltung des zulässigen Innenpegels erforderliche Schallpegeldifferenz zwischen außen und innen, L_a - L_i, und das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile nach der 2. FlugLSV, $R'_{w,res}$, sind nicht direkt miteinander vergleichbar, sondern unterscheiden sich voneinander durch die Raumkorrektur K_R:

$$L_a - L_i = R'_{w,res} - K_R \,, \tag{1}$$

wobei in dem in der obigen Gleichung angegebenen Außenlärmpegel L_a (analog zu der in STOB und ASE verwendeten Vorgehensweise) gemäß VDI 2719 [s03] bereits ein Zuschlag von 3 dB für die Geometrie des Schallfeldes sowie ein weiterer Zuschlag von 6 dB für das Frequenzspektrum von Fluglärm enthalten sind. Die Raumkorrektur hängt im vorliegenden Fall (für die äquivalente Absorptionsfläche im Raum wird nach VDI 2719 vereinfachend $A = 0{,}8 \times S_{Gf}$ angesetzt) nur von der Grundfläche des Raums S_{Gf} und seiner gesamten Außenfläche S_g ab:

$$K_R = 10 \lg \left(\frac{S_g}{0{,}8\, S_{Gf}} \right) \mathrm{dB} \,. \tag{2}$$

Für übliche Raumabmessungen in Wohngebäuden liegt die Korrektur etwa im Bereich von -3 dB ≤ K_R ≤ +5 dB (Werte von K_R > +3 dB werden z. B. dann erreicht, wenn auch die Decke bzw. Dachschräge zur Schallübertragung von außen nach innen beiträgt).

Um die verschiedenen Anforderungen miteinander vergleichen zu können, müsste man eigentlich gemäß Gl. (1) vom resultierenden Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ die Raumkorrektur K_R subtrahieren, um auf diese Weise die entsprechen-

de Schallpegeldifferenz L_a - L_i zu erhalten. Andererseits ist nach der 2. FlugLSV, § 3, Abs. (4) wie schon oben erwähnt zum erforderlichen Schalldämm-Maß ein Zuschlag zu addieren, der sich aus dem Verhältnis der gesamten Außenfläche zur Grundfläche des Raums ergibt. Da dieser Zuschlag zahlenmäßig weitgehend mit der Raumkorrektur übereinstimmt, kann die Subtraktion der Korrektur entfallen. Dieser auf den ersten Blick nicht ganz einfach verständliche Zusammenhang wurde bei der baulichen Schallschutzplanung im Umfeld des Flughafens korrekt umgesetzt.

Schallpegel im Raum

Zur Überprüfung der Schallschutzanforderungen und zur Auslegung von Schallschutzmaßnahmen muss zunächst berechnet werden, welchen Pegel der im Außenbereich einwirkende Fluglärmpegel im Inneren eines schutzbedürftigen Raumes hervorruft. In STOB und ASE wurde hierzu die in VDI 2719 beschriebenen Vorgehensweise verwendet, die sich in folgender Beziehung zusammenfassen lässt:

$$L_i = L_a - R'_{w,res} + K_R + 6\ \text{dB} + 3\ \text{dB}. \qquad (3)$$

Hierbei bezeichnen L_i und L_a den Innenpegel im Raum bzw. den vor der Fassade im Freifeld einwirkenden Außenlärmpegel. Des weiteren gehen das resultierende bewertete Schalldämm-Maß der Außenbauteile, $R'_{w,res}$, und die Raumkorrektur K_R nach Gl. (2) mit in die Berechnung ein. Der Zuschlag in Höhe von 6 dB berücksichtigt das Wechselwirkung zwischen dem Frequenzspektrum des Fluglärms und der frequenzabhängigen Schalldämmung der Außenbauteile (insbesondere der Fenster), während der Zuschlag in Höhe von 3 dB den akustischen Einfluss der Geometrie des Schallfeldes und der Schallreflexionen an der Fassade des Gebäudes beschreibt.

Rechnet man die beiden Zuschläge von 6 dB + 3 dB = 9 dB der Einfachheit halber dem einwirkenden Außenlärmpegel zu, so erhält man aus Gl. (3) die vereinfachte Beziehung

$$L_i = L_a - R'_{w,res} + K_R, \qquad (4)$$

wie sie analog auch in STOB und ASE verwendet wird.

Das in den obigen Gleichungen aufgeführte resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ fasst die Schalldämmung aller Außenbauteile des Raums in einer einzigen Angabe zusammen. Dies ist deshalb erforderlich, weil ein Raum zumeist mehrere verschiedene Außenbauteile (z. B. Wände, Fenster, Rolladenkästen, Lüfter, etc.) enthält, die jeweils einzeln Schallenergie in den Raum übertragen. Wie viel Energie durch das Bauteil i hindurch tritt, hängt von seiner Fläche S_i und seinem Schalldämm-Maß $R'_{w,i}$ ab. Die Gesamtenergie, die in den Raum gelangt, wird durch das resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ beschrieben, das gemäß der

nachfolgenden Beziehung durch Summation über sämtliche Außenbauteile berechnet wird:

$$R'_{w,res} = -10 \lg\left(\frac{1}{S_g}\sum_i S_i \, 10^{-R'_{w,i}/10\,dB}\right) dB \,. \qquad (5)$$

Der Ausdruck S_g bezeichnet hierbei die gesamte Außenfläche des Raums, die sich aus der Summe der Flächen der einzelnen Bauteile ergibt. Lüftungseinrichtungen stellen hierbei insofern eine Besonderheit dar, als ihre Schalldämmung in STOB und ASE rechnerisch auf eine virtuelle Bauteilfläche von 1,9 m^2 bezogen wird (entspricht der genormten Einbaufläche für Fenster in einem bauakustischen Fensterprüfstand [s04]). In die Summe in Gl. (5) sind Lüfter daher mit einer Fläche von 1,9 m^2 einzusetzen, während sie bei der Ermittlung der gesamten Außenfläche des Raums hingegen nicht berücksichtigt werden dürfen. Die beschriebene Besonderheit kann bei den erforderlichen Berechnungen leicht zu Flüchtigkeitsfehlern führen, wie sie in einer untersuchten ASE auch tatsächlich festgestellt wurden.

2 Bauakustische Untersuchungen

2.1 Untersuchungsmethodik

Der bauakustische Teil der im Rahmen des vorliegenden Gutachtens durchgeführten Untersuchungen erfolgte zweigleisig, um alle in der Aufgabenstellung formulierten Fragen zu beantworten und zu einer umfassenden Einschätzung des baulichen Schallschutzkonzepts der FFB zu gelangen. In der nachfolgenden Beschreibung werden Ziele und Vorgehensweise der beiden Untersuchungsabschnitte in kurzer Form erläutert.

- Der ersten Abschnitt der Untersuchungen diente dazu, das grundlegende Konzept der baulichen Schallschutzplanung sowie die verwendeten Planungs- und Berechnungswerkzeuge zu überprüfen und zu beurteilen. Dabei wurden zunächst noch keine konkreten Beispiele betrachtet, sondern die verwendete Vorgehensweise und die eingesetzten bauakustischen Berechnungsverfahren in allgemeiner Form untersucht. Hierbei sollte zum Beispiel geklärt werden, ob das Planungsverfahren möglicherweise systematische Fehler enthält, ob alle akustisch maßgeblichen Gesichtspunkte berücksichtigt wurden und ob die Vorgehensweise den allgemein anerkannten Regeln der Technik und dem derzeitigen bauakustischen Wissensstand entspricht.

- Der zweite Untersuchungsabschnitt diente dazu, die praktische Umsetzung des baulichen Schallschutzkonzeptes zu überprüfen. Ob ein ausreichender Schallschutz erreicht wird, hängt neben der Verwendung geeigneter Planungswerkzeuge in der Praxis vor allem davon ab, wie sorgfältig die erforderlichen Eingangsdaten (Schalldämmung im Bestand) ermittelt wurden

und ob die erforderlichen Schallschutzmaßnahmen richtig ausgewählt und in ihrer Wirkung korrekt beurteilt wurden. Dabei kommt es in starkem Maße auf die Sachkenntnis, die Erfahrung und die Zuverlässigkeit des jeweiligen Bearbeiters an. Da die Bearbeitung durch unterschiedliche Ingenieurbüros erfolgte, sind in der Praxis - trotz der von der FBB durchgeführten Qualitätskontrollen - deutliche Unterschiede bei der Planungsqualität zu erwarten.

Um dies zu überprüfen, wurden aus einer großen Anzahl von Beispielen, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, zwölf typische Gebäude ausgewählt, um eine möglichst repräsentative Stichprobe aus der Vielzahl unterschiedlicher Einzelfälle zu erhalten. Diese Beispiele wurden anschließend im Detail überprüft, wobei von den Eingangsdaten über die Auslegung von Schallschutzmaßnahmen bis zum Leistungsverzeichnis alle Bearbeitungsschritte betrachtet wurden. Dabei wurde der Teil der Planung, der sich an die Ortsbegehung und die Festlegung des maßgeblichen Schallschutzkriteriums anschloss (die beiden vorgenannten Planungsschritte wurden nicht näher untersucht) nochmals komplett durchlaufen, wobei jedoch statt der in der ASE verwendeten Schalldämm-Maße Eingabewerte verwendet wurden, die vom IBP durch Berechnung, Schätzung oder Messung ermittelt wurden. Auf diese Weise ergaben sich letztendlich zwei verschiedene Endergebnisse - den in der ASE ermittelten Zielwert und das entsprechende Ergebnis des IBP, die durch Vergleich eine direkte Aussage zur Planungsqualität ermöglichten. Die Überprüfung erfolgte zumeist rechnerisch auf der Grundlage der in STOB und ASE enthaltenen Gebäude- und Bauteildaten. In einigen Fällen wurden jedoch zusätzlich auch Schalldämm-Messungen an einzelnen Außenbauteilen vor Ort durchgeführt.

2.2 Akustische Grundlagen

Zum besseren Verständnis der durchgeführten akustischen Untersuchungen werden in den nachfolgenden Abschnitten - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - in stark verkürzter Form einige zentrale akustische Grundlagen erläutert. Die hierzu ausgewählten Punkte beschränken sich auf die Themen, die in direktem Zusammenhang mit der Schallschutzplanung für den Flughafen Berlin-Schönefeld stehen und zum Verständnis und zur Beurteilung der Untersuchungsergebnisse unerlässlich sind.

2.2.1 Schallpegel

Unter Schall versteht man periodische Schwankungen des Drucks, die sich wellenförmig in Luft ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit ist temperaturabhängig und beträgt in normalen Bauten (Lufttemperatur ca. 20 °C) etwa 343 m/s. Die beiden wichtigsten Größen zur Kennzeichnung von Schallsignalen sind die Frequenz f (Anzahl der Schwingungen je Sekunde, Einheit Hz) und der Schalldruck p. Das menschliche Gehör kann Schall im Frequenzbereich von etwa 20 -

20.000 Hz wahrnehmen, in der Bauakustik beschränkt man sich jedoch aus praktischen Gründen auf den Bereich von 50 - 5.000 Hz (siehe Abb. 1).

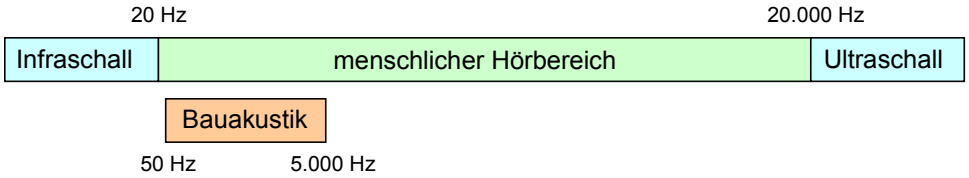


Abb. 1: Menschlicher Hörbereich im Vergleich zu dem in der Bauakustik verwendeten Frequenzbereich. Der Grund für die Vernachlässigung der tiefen Frequenzen besteht in der hohen Messunsicherheit unterhalb von 50 Hz. Die Frequenzen über 5.000 Hz spielen in der Bauakustik keine Rolle, da die Schalldämmung üblicher Bauteile in diesem Frequenzbereich so hoch ist, dass fast keine Schallübertragung mehr erfolgt.

Der bauakustisch bedeutsame Bereich des Schalldrucks reicht von 2×10^{-5} N/m^2 (menschliche Hörschwelle) bis etwa 20 N/m^2 (Schmerzgrenze) und umfasst somit sechs Dekaden. Da dieser Wertebereich schwer zu handhaben ist und keinen Bezug zur physiologischen Lautstärkeskala aufweist, verwendet man in der Akustik statt des Schalldrucks p den Schalldruckpegel L, der gemäß

$$L = 20 \lg \left(p/p_0\right) \mathrm{dB} \tag{6}$$

gebildet und auf den Schalldruck an der Hörschwelle, $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ N/m^2, bezogen wird. Durch die logarithmische Darstellung reduziert sich der Wertebereich des Schalldrucks in der baulichen Praxis auf einen Pegelbereich von etwa L = 0 - 120 dB, der näherungsweise mit der menschlichen Lautstärkewahrnehmung korreliert. Die Wahrnehmungsschwelle für Schall beträgt hierbei etwa 0 dB(A), die Schmergrenze etwa 120 - 125 dB(A). Der Geräuschpegel in Wohn- und Schlafräumen liegt üblicherweise etwa zwischen 20 dB(A) (Schlafraum in einem ruhig gelegenen Gebäude mit ausreichender Schalldämmung der Außenbauteile) und 70 - 80 dB(A) (Wohnraum bei lauter Unterhaltung mehrerer Personen oder lauter Musik). Eine Übersicht über den Schallpegel in verschiedenen alltagsüblichen Geräuschsituationen ist in Abb. 2 dargestellt.

Im Gegensatz zu (monofrequenten) Tönen bestehen bauübliche Geräusche aus einem Frequenzgemisch. Sie werden daher durch Frequenzspektren beschrieben, für die üblicherweise eine Darstellung in Terzen verwendet wird. Der bauakustische Frequenzbereich von 50 - 5.000 Hz wird hierbei in 21 Terzbänder unterteilt (je drei Terzen entsprechen einer Oktave). Für die Lautstärke ist der Gesamtschallpegel L_{ges} maßgebend, der sich durch energetische Addition der einzelnen Terzpegel L_n ergibt:

$$L_{ges} = 10 \lg \left(\sum_{n=1}^{21} 10^{L_n/10\,dB} \right) dB \tag{7}$$

In gleicher Weise wie in obiger Gleichung erfolgt auch die Überlagerung unterschiedlicher Geräusche, wobei statt der Terzpegel die Gesamtpegel addiert werden. Bei zwei gleichen Pegeln mit einem Betrag von jeweils 0 dB ergibt dies den ungewohnten aber korrekten Ausdruck

$$0\ dB + 0\ dB = 3\ dB\,, \tag{8}$$

den man scherzhaft auch als "kleines Einmaleins der Akustik" bezeichnet. Verallgemeinert bedeutet dies, dass sich der Gesamtpegel bei Überlagerung von zwei gleich lauten Geräuschen um 3 dB erhöht.

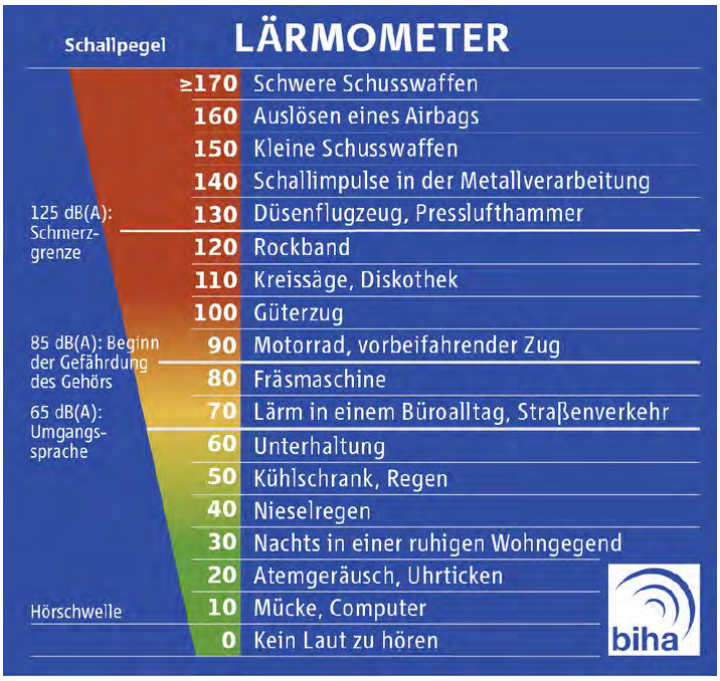


Abb. 2: Skala typischer Schallpegel aus dem menschlichen Alltag (Quelle: Bundesinnung der Hörgeräteakustiker (biha), Presseportal). Zum Vergleich: Die Schallschutzanforderungen für den Flughafen Berlin-Schönefeld lassen für Wohnräume einen Spitzenpegel von maximal 55 dB(A) und für Schlafräume (implizit) einen mittleren Schallpegel von ca. 30 dB(A) zu.

2.2.2 A-Bewertung und Lautstärkewahrnehmung

Neben der Höhe des Lärmpegels ist es für die Schallschutzplanung außerdem bedeutsam, wie das menschliche Gehör Veränderungen der Lautstärke wahrnimmt. Wird durch eine bauliche Schallschutzmaßnahme beispielsweise eine Verringerung des Innenpegels um 10 dB(A) erreicht, so stellt sich die Frage, in

welchem Maß diese Pegelminderung subjektiv als Absenkung der Lautstärke empfunden wird.

Leider gibt es hierauf keine einfache Antwort, da die menschliche Geräuschwahrnehmung - insbesondere die Lautstärkeempfindung - ein komplizierter psychoakustischer Vorgang ist, der von zahlreichen unterschiedlichen Faktoren abhängt. Im technischen Schallschutz und der Bauakustik wird zur Beschreibung der Lautstärke daher näherungsweise der A-bewertete Gesamtschallpegel (zumeist kurz A-Schallpegel genannt) verwendet. Die in Abb. 3 aufgetragene Bewertungskurve A bezeichnet hierbei die Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Gehörs:

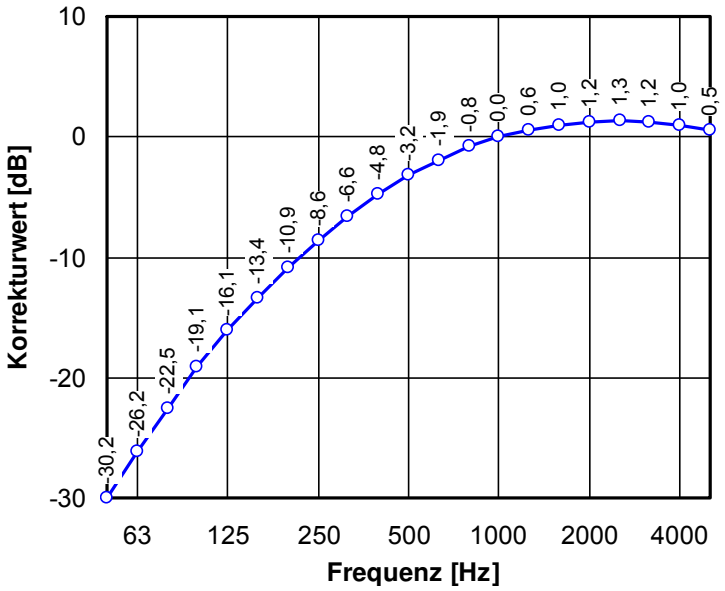


Abb. 3: Frequenzbewertung A zur Nachbildung der Frequenzempfindlichkeit des menschlichen Gehörs.

Um akustische Mess-Signale an die menschliche Hörcharakteristik anzupassen, sind zu den gemessenen Pegeln terzweise die obigen Korrekturen zu addieren, wodurch eine Absenkung der Schallanteile bei tiefen Frequenzen erfolgt (bei 100 Hz beispielsweise um 19,1 dB). Zur Kennzeichnung von A-Schallpegeln wird an die Einheit dB in Klammern der Buchstabe A angehängt (dB(A) statt dB).

In Bezug auf den A-Schallpegel gelten für die Wahrnehmung von Pegeländerungen durch das menschliche Gehör bei genügend hoher Lautstärke (oberhalb von etwa 40 dB(A)) näherungsweise folgende Zusammenhänge:

Pegeländerung	menschliche Wahrnehmung
ΔL = 1 dB(A)	Wahrnehmungsschwelle für Lautstärkeänderungen
ΔL = 3 dB(A)	deutlich wahrnehmbare Änderung der Lautstärke
ΔL = 10 dB(A)	Verdopplung / Halbierung der wahrgenommenen Lautstärke

Tab. 1: Wahrnehmung von Änderungen (Zu- oder Abnahme) des Schallpegels durch das menschliche Gehör. Die Angaben gelten für Pegel oberhalb von etwa 40 dB(A).

Mit abnehmender Lautstärke reagiert das menschliche Gehör empfindlicher auf Änderungen des Schallpegels, so dass bei einem Pegel von L = 30 dB(A) bereits eine Zunahme von ca. ΔL = 5 dB(A) als Verdoppelung der Lautstärke wahrgenommen wird. Bei einem Pegel von L = 20 dB(A) reichen hierzu sogar bereits etwa ΔL = 3 dB(A) aus. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich die obigen Angaben auf zeitlich konstante Geräusche beziehen. Für transiente Geräusche - insbesondere für kurzzeitige Geräuschspitzen - können sich demgegenüber Unterschiede bei der Lautstärkewahrnehmung ergeben.

2.2.3 Schalldämmung und bewertetes Schalldämm-Maß

Die Schallschutzwirkung von Bauteilen gegenüber Luftschallanregung wird durch ihr Schalldämm-Maß R gekennzeichnet, das als logarithmisches Verhältnis zwischen auftreffender und durchgelassener Schall-Leistung, P_1 und P_2, definiert ist:

$$R = 10 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right) \text{ dB} \cdot \tag{9}$$

Ein Bauteil mit einem Schalldämm-Maß von R = 30 dB vermindert die Schall-Leistung beispielsweise um den Faktor 1000. Dies klingt zwar eindrucksvoll, wird vom menschlichen Gehör aber als lediglich Verringerung der Lautstärke um etwa den Faktor 8 wahrgenommen.

Bei Messungen in bauakustischen Prüfständen erfolgt die Schallübertragung wie unten dargestellt ausschließlich über das trennende Bauteil. Am Bau sind dagegen weitere Übertragungswege in Form flankierender Bauteile (Decken, Böden und Wände) vorhanden. Man spricht in diesem Fall vom so genannten Bau-Schalldämm-Maß R', wobei der Apostroph hinter dem Buchstaben R zur Kennzeichnung der Flankenübertragung dient.

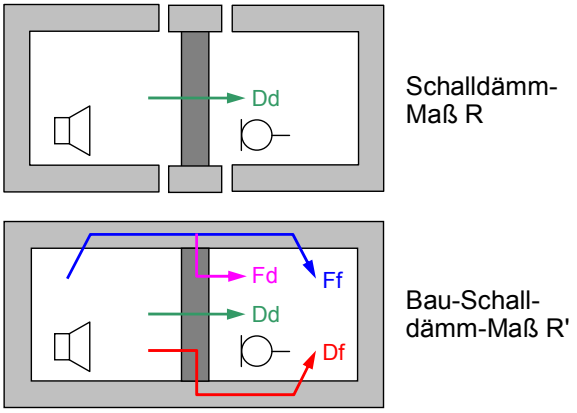


Abb. 4: Schalldämm-Maß einer Trennwand ohne und mit Flankenübertragung, R und R'. Im Prüfstand (oben) erfolgt die Schallübertragung ausschließlich über die Trennwand (Übertragungsweg Dd). Am Bau (unten) sind hingegen zusätzlich 12 Flankenwege (je 4 Wege Ff, Fd und Df) vorhanden.

Da R' stets kleiner ist als R, beziehen sich die baulichen Schallschutzanforderungen stets auf das Bau-Schalldämm-Maß R'. Außenbauteile stellen dabei insofern einen Sonderfall dar, als hier im Gegensatz zu Innenbauteilen nur vier Flankenwege, nämlich die Wege Df, vorhanden sind. Die Wege Fd und insbesondere die maßgebenden Flankenwege Ff entfallen. Man kann daher bei Außenbauteilen zumeist mit hinreichender Genauigkeit von R' ≅ R ausgehen, was den erforderlichen Berechnungsaufwand erheblich vermindert.

Die Schalldämmung ist eine frequenzabhängige Größe und steigt mit zunehmender Frequenz an. Der Anstieg erfolgt allerdings nicht gleichmäßig, sondern weist infolge unterschiedlicher akustischer Einflüsse, wie z. B. Koinzidenzeffekt und Bauteilresonanzen, mehr oder minder ausgeprägte Strukturen (Minima und Maxima) auf. Für einschalige homogene Massivwände lässt sich der Frequenzverlauf der Schalldämmung jedoch mit einer für die Praxis meist hinreichenden Genauigkeit durch eine vereinfachte Beziehung darstellen, bei der die Schalldämmkurve bei tiefen Frequenzen durch ein ebenes Plateau nachgebildet wird, an das sich bei hohen Frequenzen ein (in logarithmischer Darstellung) linearer Anstieg anschließt. Ein Beispiel für einen derartigen bautypischen Kurvenverlauf ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt:

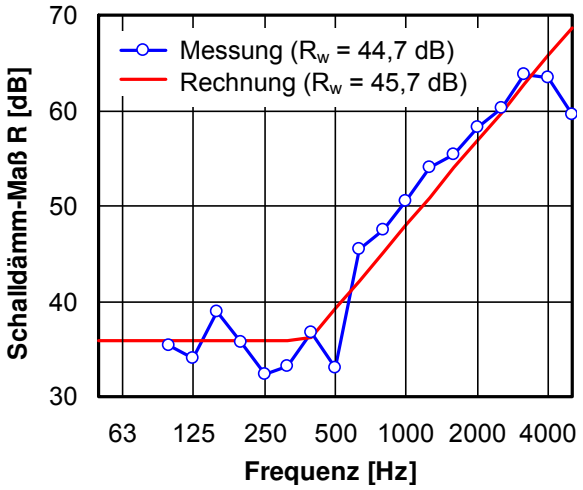


Abb. 5: Vereinfachte Darstellung der Schalldämmkurve einer einschaligen Wand (flächenbezogene Masse m'' ≅ 130 kg/m²) im Vergleich zu einer Prüfstandsmessung.

Während die Messung der Schalldämmung frequenzabhängig (zumeist in Terzen) erfolgt, werden für die schalltechnische Planung und den Vergleich mit den Schallschutzanforderungen in der Regel Einzahlangaben verwendet. Die zentrale Einzahlangabe für die Luftschalldämmung von Bauteilen ist das bewertete Schalldämm-Maß R_w. Die Berechnung von R_w erfolgt gemäß DIN EN ISO 717-1 [s05] durch Vergleich der Messkurve mit einer genormten Bezugskurve. Das verwendete Verfahren ist in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht:

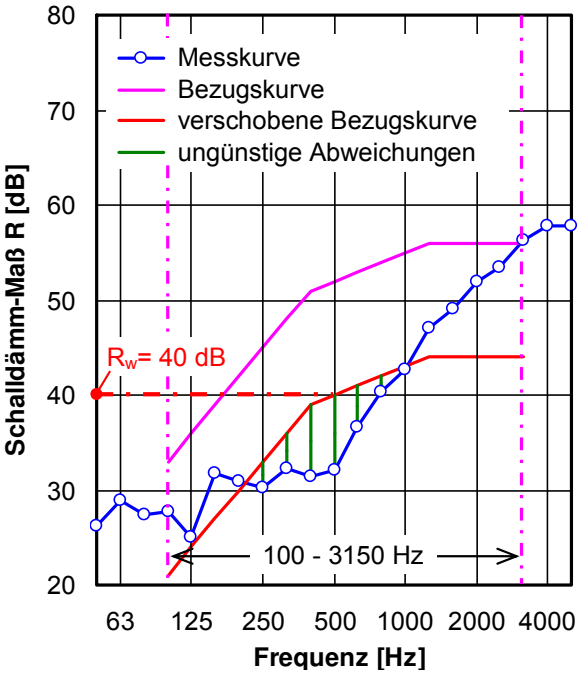


Abb. 6: Beispiel für die Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w. Die Berechnung erfolgt durch vertikale Verschiebung der Bezugs-

kurve in ganzzahligen Schritten. Die Verschiebung wird so lange fortgesetzt, bis die Summe der ungünstigen Abweichungen so groß wie möglich wird, aber nicht mehr als 32,0 dB beträgt (eine ungünstigste Abweichung liegt vor, wenn der Messwert unter der Bezugskurve liegt). Das bewertete Schalldämm-Maß entspricht dem Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz (im dargestellten Beispiel ergibt sich R_w = 40 dB).

Da das bewertete Schalldämm-Maß laut Norm als ganzzahliger Wert gebildet wird und dies eine Unsicherheit von ± 0,5 dB nach sich zieht, wird R_w zuweilen auch mit einer Genauigkeit von 0,1 dB angegeben, indem die Bezugskurve in Schritten von 0,1 anstatt 1,0 dB verschoben wird.

2.2.4 Spektrum-Anpassungswerte

Das oben beschriebene Verfahren zur Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes stammt aus dem Jahr 1960. Da damals noch keine elektronischen Rechner zur Verfügung standen und die Auswertung von Hand (bzw. mit dem Rechenschieber) durchgeführt werden musste, wurde das Verfahren vor allem im Hinblick auf einen praktikablen Berechnungsaufwand konzipiert. Die damit verbundenen Vereinfachungen verursachen jedoch bei der praktischen Anwendung erhebliche Probleme, so dass das Verfahren in vielen Fällen - insbesondere bei Außenbauteilen - eigentlich nicht mehr dem aktuellen bauakustischen Wissensstand entspricht:

- Das bewertete Schalldämm-Maß ist auf den Schallschutz bei wohnüblichen Geräuschen ausgerichtet. Bei Außenbauteilen, die Verkehrslärm ausgesetzt sind, liefert es keine adäquate Beschreibung der Schallschutzwirkung und korreliert nicht mit dem menschlichen Höreindruck. Die praktischen Auswirkungen dieser Problematik zeigen sich z. B. beim Austausch von Fenstern. Hierbei kommt es in der Praxis nicht selten vor, dass die betroffenen Bewohner über eine Verschlechterung der Schallschutzwirkung klagen, obgleich die neuen Fenster ein höheres bewertetes Schalldämm-Maß aufweisen, als dies bei den alten der Fall war.

- Der Frequenzbereich unterhalb von 100 Hz, der für den baulichen Schallschutz in der Praxis eine wichtige Rolle spielt, wird bei der Bewertung ausgespart. Dies stellt insbesondere bei Außenbauteilen ein großes Problem dar, da es sich bei dem auf diese Bauteile einwirkenden Lärm zumeist um Verkehrsgeräusche handelt, die häufig starke Geräuschanteile bei tiefen Frequenzen enthalten. In einem solchen Fall sagt das bewertete Schalldämm-Maß des betreffenden Bauteils daher nur wenig über die tatsächliche Schallschutzwirkung aus. Dies wird später noch an einem Beispiel genauer erläutert.

- Einbrüche in der Schalldämmkurve, wie sie z. B. durch Bauteilresonanzen entstehen, werden nur unzureichend erfasst.

Um die angesprochenen Probleme zu beheben, wurden in DIN EN ISO 717-1 im Jahr 1997 die beiden Spektrum-Anpassungswerte C (für Wohnaktivitäten) und C_{tr} (für Verkehrslärm) eingeführt. Die Werte sind so definiert, dass die Summe aus bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert (also z. B. R_w + C_{tr}) unmittelbar der menschlichen Geräuschwahrnehmung entspricht.

Da die Spektrum-Anpassungswerte aus dem gemessenen Schalldämm-Maß berechnet werden, sind keine zusätzlichen Messungen erforderlich. Die verwendete Berechnungsformel (am Beispiel von C_{tr}) lautet:

$$C_{tr} = -10 \lg \left(\sum_n 10^{(L_n - R_n)/10\,\mathrm{dB}} \right) \mathrm{dB} - R_w \,. \qquad (10)$$

Summiert wird hierbei über die verschiedenen Terzen, wobei R_n und L_n die Terzwerte des Schalldämm-Maßes und des zugrunde gelegten Anregungsspektrums bezeichnen. Die Anregungsspektren für C und C_{tr} sind in DIN EN ISO 717-1 definiert und entsprechen den in Abb. 7 dargestellten Kurven:

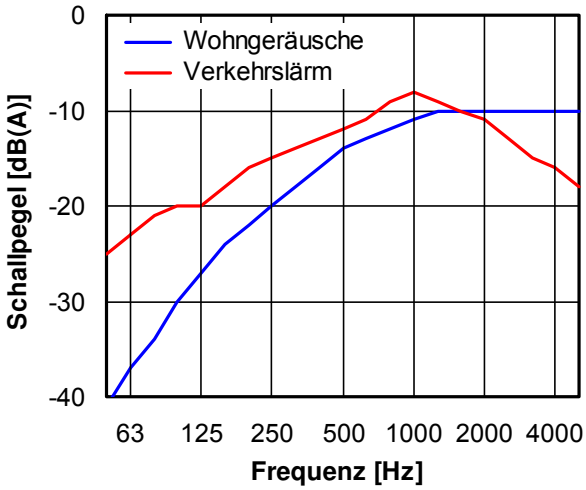


Abb. 7: Spektren zur Berechnung von C und C_{tr} nach DIN EN ISO 717-1. Die Kurve für C (blau) repräsentiert das Frequenzspektrum wohnüblicher Geräusche, die Kurve für C_{tr} (rot) ein typisches Verkehrslärmspektrum (standardisierte Straßenverkehrsgeräusche nach DIN EN 1793-3 [s06]).

Neben dem Frequenzbereich von 100 - 3150 Hz können die Spektrum-Anpassungswerte - sofern entsprechende Messwerte für die Schalldämmung vorliegen - optional auch für die Bereiche von 100 - 5000 Hz, 50 - 3150 Hz und 50 - 5000 Hz ermittelt werden. In diesen Fällen werden die Werte mit einem entsprechenden Index (also z. B. $C_{tr,50\text{-}5000}$) gekennzeichnet. Ist kein Index vorhanden, so ist immer der Bereich von 100 - 3150 Hz gemeint. Da die Vielzahl unterschiedlicher Angaben (zwei verschiedene Spektrum-Anpassungswerte mit jeweils vier verschiedenen Frequenzbereichen) bei der praktischen Anwendung

häufig zu Unklarheiten führt, hier in kurzer Form die wichtigsten Anwendungsregeln:

- Für die Wahrnehmung der Schallschutzwirkung durch das menschliche Gehör ist die Summe aus bewertetem Schalldämm-Maß und Spektrum-Anpassungswert maßgebend. Spektrum-Anpassungswerte alleine haben - über den Vergleich verschiedener Bauteile hinaus - keine direkte Aussagekraft.

- Der betrachtete Frequenzbereich sollte in jedem Fall die bauakustisch bedeutsamen Frequenzen von 50 - 100 Hz einbeziehen. Ob die obere Bereichsgrenze bei 3150 oder 5000 Hz liegt, hat demgegenüber nur geringen Einfluss auf das Ergebnis.

- Die Wahl des geeigneten Spektrum-Anpassungswertes hängt von der Art der einwirkenden Geräusche ab (siehe Hinweise in DIN EN ISO 717-1). Als Faustregel ist bei Wohngeräuschen der Wert C und bei Verkehrslärm (also bei Außenbauteilen) der Wert C_{tr} heranzuziehen. Bei Fluglärm kommt es dabei auf die Art der Schallquelle sowie den Abstand zwischen Quelle und Immissionsort an. In DIN EN ISO 717-1 wird für Düsenflugzeuge in geringem Abstand die Verwendung des Spektrum-Anpassungswertes C und für Düsenflugzeuge in großem Abstand sowie Propellerflugzeuge die Verwendung von C_{tr} empfohlen. Dies entspricht im Prinzip (abgesehen von Propellerflugzeugen) auch den Erfahrungen des IBP (siehe Abb. 8) und hängt unter anderem damit zusammen, dass bei der Schallausbreitung in der Atmosphäre die hohen Frequenzen stärker bedämpft werden, so dass mit zunehmendem Abstand von der Schallquelle die tiefen Frequenzen stärker in den Vordergrund treten. Im Übrigen sei darauf hingewiesen, dass es nach DIN EN ISO 717-1 bei der Berechnung von Spektrum-Anpassungswerten alternativ auch möglich ist, statt einer der beiden genormten Spektren aus Abb. 7 das Frequenzspektrum der vor Ort einwirkenden Geräusche heranzuziehen. Hierdurch ergibt sich zweifellos die beste Übereinstimmung zwischen der ermittelten Einzahlangabe und der menschlichen Geräuschwahrnehmung.

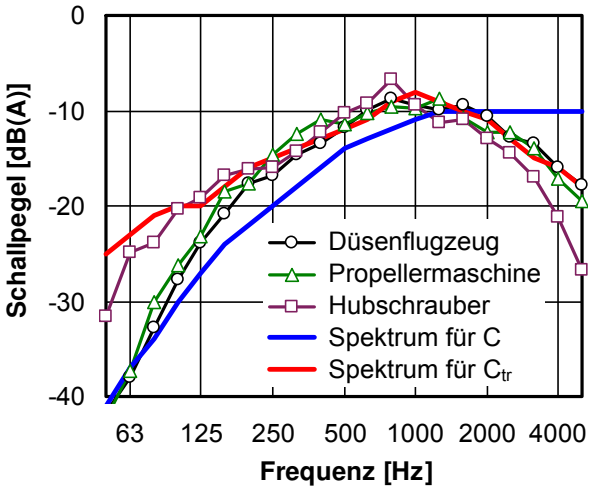


Abb. 8: Gemittelte Frequenzspektren für unterschiedliche Typen von Flugzeugen. Die dargestellten Ergebnisse entstammen Messungen, die vom IBP in etwa 1000 m Abstand von der Start- und Landebahn in der Einflugschneise eines Verkehrsflughafens (also mit vergleichsweise geringem Abstand zur Schallquelle) durchgeführt wurden. Die Spektren sind jeweils auf einen Gesamtschallpegel von 0 dB(A) normiert. Zum Vergleich sind außerdem auch die beiden genormtem Spektren zur Berechnung von C und C_{tr} mit eingezeichnet.

Trotz ihrer großen akustischen Bedeutung werden die Spektrum-Anpassungswerte in den gesetzlichen Anforderungen für den baulichen Schallschutz in Deutschland bislang nicht berücksichtigt. Dies trifft sowohl auf die DIN 4109 zu, die die zentrale Norm für den baulichen Schallschutz in Deutschland darstellt und im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) bearbeitet wird, als auch für die VDI 4100 aus dem Jahr 2012 [s07]. Die Ursachen hierfür hängen zum einen mit dem langsamen Arbeitsfortschritt in den Normungsgremien zusammen (die Überarbeitung der DIN 4109 dauerte fast 20 Jahre und wurde erst kürzlich abgeschlossen), zum anderen aber auch mit der kontroversen Diskussion über notwendige und angemessene Schallschutzanforderungen. Auch die neue Fassung der DIN 4109 vom 1. Juli 2016 enthält in dieser Hinsicht keine Neuerungen. Immerhin wurde in der neuen DIN 4109-2 [s08] in Abschnitt 4.4 "Berechnung der Luftschalldämmung von Außenbauteilen", Ziffer 4.4.1 "Grundprinzip" folgender Hinweis aufgenommen:

> "ANMERKUNG 6: Für Planungszwecke außerhalb des Anwendungsbereichs von DIN 4109 können zur Berechnung der resultierenden Schalldämmung der Außenbauteile bei Bedarf auch die Spektrum-Anpassungswerte C oder C_{tr} verwendet werden, wenn die spektralen Eigenschaften des Außengeräuschs berücksichtigt werden sollen. In den nachfolgenden Berechnungsvorschriften werden als Kennwerte für die Bauteile dann anstelle von R_w und $D_{n,e,w}$ die Größen (R_w + C_{tr}) und ($D_{n,e,w}$ + C_{tr}) oder (R_w + C) und ($D_{n,e,w}$ + C) verwendet. Die Verwendung dieser Bauteilgrößen führt zur Gebäudegröße (R'_w + C_{tr}) oder (R'_w + C)."

Baurechtlich gesehen ist eine Berücksichtigung der Spektrum-Anpassungswerte bei der Schallschutzplanung - im Gegensatz zu anderen Staaten - in Deutschland also bislang nicht zwingend erforderlich. Bei Anwendungen, die über den baulichen Mindestschallschutz nach DIN 4109 hinausreichen und eine frequenzabhängige Beurteilung der Geräuschsituation erfordern, ist sie hingegen - wie dies auch in der oben zitierten Anmerkung aus der neuen DIN 4109 zum Ausdruck kommt - im Interesse eines wirkungsvollen baulichen Schallschutzes vielfach unverzichtbar. Dies gilt insbesondere bei Außenbauteilen, die tieffrequentem Verkehrslärm ausgesetzt sind, wobei grundsätzlich auch die Frequenzen unter 100 Hz in die Betrachtung einbezogen, d. h. die Einzahlangaben R_w + $C_{50\text{-}5000}$ bzw. R_w + $C_{tr,50\text{-}5000}$ verwendet werden sollten.

Die obige Aussage trifft selbstverständlich auch für den baulichen Schallschutz im Umfeld des Flughafens Berlin-Schönefeld zu. Sie ist hier sogar von besonderer Wichtigkeit, da hier in Wohnräumen tagsüber ein Spitzenpegel von maximal 55 dB(A) einzuhalten ist. Werden die tieffrequenten Geräuschanteile des einwirkenden Fluglärms bei der baulichen Schallschutzplanung nicht ausreichend berücksichtigt, so erfolgt eine erhöhte Schallübertragung von außen nach innen und der genannte Grenzwert wird überschritten. Die FBB berücksichtigt die tieffrequenten Fluggeräusche durch einen pauschalen Korrektursummanden in Höhe von 6 dB gemäß Tab. 7 in VDI 2719. Wie später noch genauer gezeigt wird, ist dieser Korrektursummand jedoch bei einigen Arten von Außenbauteilen nicht immer ausreichend.

Abschließend soll die praktische Bedeutung der Spektrum-Anpassungswerte an einem konkreten Beispiel demonstriert werden. In Abb. 9 sind die idealisierten Schalldämmkurven einer zweischaligen Leichtbauwand (es könnte sich aber ebenso gut um eine andere Leichtbaukonstruktion, wie z. B. eine Ziegeldach handeln) und einer Massivwand in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt. Obgleich die Schalldämmung der Leichtbauwand bei tiefen Frequenzen weitaus geringer ist, haben beide Wände das gleiche bewertete Schalldämm-Maß. In der Schallschutzplanung der FBB würden demnach beide Wände als akustisch völlig gleichwertig behandelt.

Andererseits ist offensichtlich, dass die Leichtbauwand bei tiefen Frequenzen erheblich mehr Schall als die Massivwand durchlässt. Dies bedeutet beispielsweise, dass eine stark erhöhte Übertragung von Verkehrslärm erfolgt und dass sich im Raum hinter der Wand ein entsprechend erhöhter Schallpegel ergibt. Der Unterschied zwischen den beiden Wände hinsichtlich der Übertragung von Verkehrslärm wird ersichtlich, wenn man neben dem bewerteten Schalldämm-Maß außerdem den Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50\text{-}5000}$ in die Betrachtung einbezieht. So weist die Leichtbauwand für R_w + $C_{tr,50\text{-}5000}$ einen 11 dB geringeren Wert als die Massivwand auf, was sich in einer entsprechend verringerten Schallschutzwirkung gegenüber Verkehrslärm bemerkbar macht.

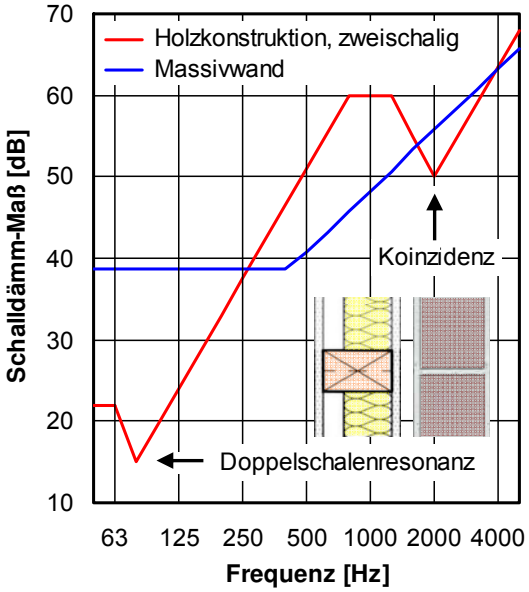


Abb. 9: Veranschaulichung der akustischen Bedeutung von Spektrum-Anpassungswerten am Beispiel von zwei idealisierten Wänden. Die dargestellte Leichtbauwand und die Massivwand haben das gleiche bewertete Schalldämm-Maß von R_w = 47 dB, obgleich sich der Frequenzverlauf der Schalldämmung grundlegend voneinander unterscheidet. Die Unterschiede werden jedoch deutlich, wenn man den Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50\text{-}5000}$ mit einbezieht: bei der Massivwand ergibt sich für die Einzahlangabe $R_w + C_{tr,50\text{-}5000}$ ein Wert 44 dB, bei der Leichtbaukonstruktion sind es hingegen nur 33 dB.

2.3 Überprüfung des Planungskonzepts

Als Grundlage zur Beurteilung des von der FBB verwendeten Planungskonzepts dienten vor allem die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen (STOB und ASE für zahlreiche Bauten im Umfeld des Flughafens). Diese wurden hinsichtlich ihrer Methodik, der Vollständigkeit und in Bezug auf mögliche Fehlerquellen überprüft. Außerdem wurden die in den Unterlagen enthaltenen Berechnungsergebnisse an mehreren Beispielen - mit jeweils gleichen Eingangsdaten - durch eigene Berechnungen des IBP verifiziert. Als hilfreich zum Verständnis und zur Beurteilung der von der FBB verwendeten Vorgehensweise erwies sich in diesem Zusammenhang der Leitfaden Schallschutz [s01], den die FBB im Internet zum Download bereitstellt. Trotz einiger unbedeutender Flüchtigkeitsfehler gibt der Leitfaden einen sehr guten Überblick über die Methodik und die detaillierte Durchführung der bauakustischen Entwurfsplanung.

Die im vorliegenden Gutachten durchgeführten Untersuchungen kamen zu folgenden Ergebnissen:

- Die prinzipielle Vorgehensweise und das für die bauakustische Planung eingesetzte Berechnungsverfahren sind in sich schlüssig und konsistent.

Das akustische Berechnungsverfahren wurde sowohl durch Vergleich der verwendeten Formeln als auch numerisch an mehreren Beispielen durch eigene Berechnungen des IBP überprüft, wobei sich in allen Fällen abgesehen von Rundungsfehlern (maximal ± 0,1 dB) die gleichen Werte ergaben. Andererseits lässt das Berechnungsverfahren einige wichtige akustische Effekte unberücksichtigt, was in der Praxis unter Umständen zu erheblichen Beeinträchtigungen der ermittelten Ergebnisse führen kann. Hierauf wird weiter unten noch genauer eingegangen.

- Soweit ersichtlich verwenden alle von der FBB beauftragten Ingenieurbüros für die akustischen Berechnungen die gleiche Software. Dies stellt eine wichtige Maßnahme zur Vereinheitlichung der Vorgehensweise und zur Vermeidung von Fehlern dar. Auch die Gliederung und der Aufbau der Berichte sind in allen Fällen gleich, was ebenfalls zur Klarheit und Übersichtlichkeit der Unterlagen beiträgt. Bauteile mit gleichartiger Konstruktion wurden von den meisten Büros in akustischer Hinsicht auch gleich oder ähnlich bewertet, was dafür spricht, dass die Beurteilung möglicherweise auf abgestimmter Basis erfolgte (Näheres hierzu ist allerdings nicht bekannt). Es gibt allerdings auch Ausnahmen. So werden z. B. Wärmedämm-Verbundsysteme, deren Aufbau nicht näher bekannt ist, von einigen Büros akustisch einfach vernachlässigt. Andere Büros rechnen in diesem Fall dagegen mit einem Sicherheitsabschlag in Höhe von 2 dB oder 5 dB zur Schalldämmung der Grundwand.

- Die akustische Beurteilung der vorhandenen Außenbauteile (d. h. die Abschätzung der Schalldämmung aus den vorhanden technischen Angaben zum Aufbau der Bauteile) ist nicht immer korrekt. In vielen Fällen, wie z. B. bei manchen Dachkonstruktionen, wurde die Schalldämmung teilweise deutlich zu niedrig angesetzt. Eine starke Überschätzung der vorhandenen Schalldämmung war umgekehrt hingegen weniger häufig festzustellen. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse der durchgeführten akustischen Berechnungen vielfach eher auf der sicheren Seite liegen. Hierdurch erhöhen sich zwar die Kosten für die akustische Sanierung, es sind aber normalerweise keine Schallschutzmängel zu befürchten.

- Die verwendeten Verbesserungsmaßnahmen (im Wesentlichen der Austausch von Fenstern, die Beschwerung von Bauteilen und die Anbringung von Vorsatzschalen) entsprechen aus akustischer Sicht größtenteils den allgemein anerkannten Regeln der Technik. Allerdings wird die akustische Wirkung der Maßnahmen in manchen Fällen (z. B. bei der Anbringung von Vorsatzschalen an Leichtbaukonstruktionen oder starrer Verbindung zwischen Vorsatzschale und Grundbauteil) erheblich überschätzt. Die hierdurch entstehenden Fehler halten sich jedoch zumeist in Grenzen, da sich die Unterschätzung des Grundbauteils und die Überschätzung der Vorsatzschale gegenseitig teilweise kompensieren und weil die Schallübertragung von außen nach innen in der Regel über mehrere Bauteile erfolgt, so dass Fehler bei einem einzelnen Bauteil das Gesamtergebnis oft nur geringfügig

beeinträchtigen. Daher wurden in den untersuchten Berichten öfters kleinere Abweichungen festgestellt, während sich gravierende Überschreitungen der Schutzziele um mehr als 3 dB auf etwa 9 % der untersuchten Räume beschränkten.

Systematische Probleme bei der in STOB und ASE verwendeten Vorgehensweise bestehen vor allem im Hinblick auf folgende Punkte:

- Im Gegensatz zu Schalldämm-Messungen in einem bauakustischen Prüfstand, bei denen die Anregung des Bauteils durch ein diffuses Schallfeld erfolgt (in einem diffusen Schallfeld, wie es z. B. in geschlossenen Räumen vorhanden ist, sind alle Ausbreitungsrichtungen gleichmäßig vertreten), trifft der Außenlärm am Bau häufig vor allem aus einer bestimmten Richtung auf die Außenbauteile auf. Bei gerichtetem Schalleinfall hängt die Schalldämmung von Bauteilen und insbesondere von Fenstern jedoch in starkem Maße von dem Winkel zwischen der Schalleinfallsrichtung und der Bauteiloberfläche ab. Bei einem Schalleinfallswinkel von 45° erhält man für die Schalldämmung zumeist ähnliche Werte wie bei Messung im Diffusfeld. Bei flacheren Winkeln, wie sie bei Fluglärm oft vorhanden sind, ist die Schalldämmung hingegen deutlich niedriger. Dies wird aus dem Beispiel in Abb. 10 ersichtlich, das aus VDI 2719, Abschnitt 2.1 entnommen ist:

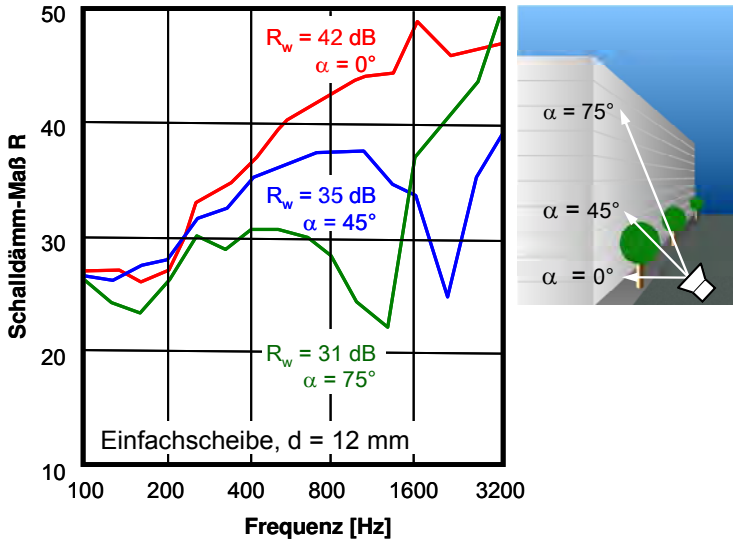


Abb. 10: Einfluss des Schalleinfallswinkels auf die Schalldämmung einer Glasscheibe nach VDI 2719. Die Ergebnisse lassen sich sinngemäß auch auf moderne Mehrscheiben-Isolierverglasungen mit zwei oder drei Einzelscheiben übertragen.

Aus Abb. 10 ist zu entnehmen, dass das bewertete Schalldämm-Maß eines Fensters bei gerichtetem Schalleinfall unter einem Winkel von 75° gegenüber dem im Prüfstand gemessenen (und vom Hersteller angegebenen) Wert etwa 4 dB niedriger ausfallen kann. Bei noch flacherem Schalleinfallswinkel verstärkt sich dieser Effekt noch weiter. Da Fluglärm häufig un-

ter flachem Winkel auf die Bauteiloberfläche auftrifft, ist es erforderlich, diesen Effekt bei der Auswahl geeigneter Schallschutzfenster zu berücksichtigen. In der baulichen Schallschutzplanung für den Flughafen Berlin-Schönefeld ist dies bislang nicht der Fall.

- Wie oben schon erwähnt, enthält Fluglärm tieffrequente Geräuschanteile, die Außenbauteile besonders leicht durchdringen können. Dies gilt insbesondere für leichte mehrschalige Konstruktionen, wie z. B. Ziegeldächer, aber auch für Massivwände mit Wärmedämm-Verbundsystemen sowie teilweise auch für Fenster. Für derartige Bauteile stellt das bewertete Schalldämm-Maß keinen geeigneten akustischen Bewertungsmaßstab dar und auch der Korrektursummand in Höhe von 6 dB, der bei der Schallschutzplanung der FBB zur Berücksichtigung des Frequenzspektrums der Fluggeräusche verwendet wird, bietet vielfach keinen ausreichenden Schallschutz. Der Innenpegel im Raum kann dadurch deutlich höher ausfallen, als sich bei Verwendung der derzeitigen Berechnungsmethode unter alleiniger Verwendung des bewerteten Schalldämm-Maßes ergibt. Abhilfe für dieses Problem bietet z. B. die Berücksichtigung von Spektrum-Anpassungswerten, die im Planungskonzept der FBB jedoch bislang nicht vorgesehen ist. Auf das Thema der tiefen Frequenzen wird später noch genauer eingegangen.

- Auch das beste Planungswerkzeug ist letztlich nur ein Werkzeug und die Qualität der damit ermittelten Ergebnisse wird von der Fachkenntnis und der Sorgfalt des Anwenders bestimmt. Insbesondere der Qualität der Eingabewerte - im vorliegenden Fall sind dies die Schalldämm-Maße der vorhandenen Außenbauteile - kommt dabei eine entscheidende Rolle zu. Da eine Messung der Schalldämmung vor Ort aus verschiedenen Gründen normalerweise nicht praktikabel ist, müssen die technischen Daten der vorhandenen Außenbauteile im Rahmen einer Ortsbegehung erhoben und daraus dann anschließend - rechnerisch oder unter Verwendung akustischer Bauteilkataloge und Erfahrungswerte - die Schalldämm-Maße der Bauteile ermittelt werden. Dabei gibt es mehrere Probleme, die die Genauigkeit der ermittelten Ergebnisse stark beeinträchtigen können. So liegen vor allem bei älteren Bauten häufig keine Pläne oder sonstigen Angaben zu den Außenbauteilen vor. Das Bauteil stellt dann mehr oder weniger eine "Black Box" dar, so dass sich Aufbau und Schalldämmung lediglich erahnen lassen. Ein weiteres Problem ist die äußerst große Konstruktionsvielfalt, mit der man es in der bauakustischen Praxis vor allem bei älteren Gebäuden häufig zu tun hat. Viele Konstruktionen sind in keinem Bauteilkatalog verzeichnet und es liegen auch keine Erfahrungswerte dazu vor. Da auch Berechnungen vielfach nicht möglich sind, bleibt als einzige Möglichkeit, ähnliche Bauteile mit bekannter Schalldämmung zum Vergleich heranzuziehen und die akustischen Eigenschaften durch Abschätzung so gut wie möglich auf die betrachtete Konstruktion zu übertragen. Dies ist naturgemäß sehr fehleranfällig und erfordert überdies gute bauakustische Fachkenntnisse und langjährige Erfahrung, die nach unserem Eindruck nicht bei allen beauf-

tragten Ingenieurbüros in ausreichendem Maße vorhanden waren. Eine einfache Lösung für diese grundsätzliche Problematik existiert leider nicht. Es kann lediglich dazu geraten werden, bei der Datenerfassung mit möglichst großer Sorgfalt vorzugehen und bei der Abschätzung der Schalldämmung im Zweifelsfall einen ausreichenden Sicherheitsspielraum einzubeziehen.

2.4 Überprüfung der praktischen Umsetzung

Die Überprüfung der praktischen Umsetzung der baulichen Schallschutzplanung erfolgte beispielhaft an einer Stichprobe von zwölf verschiedenen Gebäuden. Die Ergebnisse für die einzelnen Gebäude sind in den Anlagen 5 bis 16 des vorliegenden Gutachtens dokumentiert. Im Folgenden werden zunächst in kurzer Form die Vorgehensweise, die Kriterien bei der Auswahl der Prüfobjekte und die Gliederung der Anlagen erläutert. Anschließend erfolgt dann eine Diskussion der Mess- und Berechnungsergebnisse.

2.4.1 Vorgehensweise

Zunächst wurden aus den schallschutztechnischen Planungsunterlagen von ca. 130 Gebäuden, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt worden waren, 12 repräsentative Bauten ausgewählt. Anschließend wurde die ASE für jedes der ausgewählten Gebäude rechnerisch überprüft, wobei jeweils die in der ASE enthaltenen technischen Angaben zu Gebäude und Bauteilen zugrunde gelegt wurden. Bei einem Teil der Gebäude wurden zusätzlich Schalldämm-Messungen vor Ort durchgeführt (die zugehörigen Messergebnisse sind separat in den Anhängen 1 bis 4 dargestellt). Die Ermittlung des maßgeblichen Schallschutzkriteriums für die einzelnen Räume aus den Fluglärmkarten wurde nicht näher betrachtet, da es sich dabei um keine bauphysikalische Aufgabenstellung im Sinne des Untersuchungsauftrages handelte.

Die rechnerische Überprüfung der jeweils betrachteten ASE erfolgte in drei Schritten:

- Im ersten Schritt wurde überprüft, ob die in der ASE angegebenen Schalldämm-Maße der vorhandenen Außenbauteile (Schalldämmung im Bestand) mit den technischen Angaben zu diesen Bauteilen übereinstimmen. War dies nicht der Fall, so wurde die Schalldämmung entsprechend den vorliegenden Bauteildaten korrigiert.

- Im zweiten Bearbeitungsschritt wurde die oben beschriebene Vorgehensweise für die in der ASE vorgesehenen akustischen Verbesserungsmaßnahmen wiederholt, d. h. es wurde überprüft, ob die einzelnen Maßnahmen - wie z. b. der Einbau einer Innendämmung - aufgrund ihrer technischen Eigenschaften die in der ASE angenommene Verbesserung der Schalldämmung erreichen. Traf dies nicht zu, wurde die Verbesserung entsprechend korrigiert. Da bei vielen Maßnahmen die Verbesserungswirkung

vom Aufbau des Grundbauteils abhängt (so ist beispielsweise eine Vorsatzschale an einer leichten Massivwand akustisch wirkungsvoller als an einer schweren Wand) mussten dabei die technischen Angaben sowohl des Zusatz- als auch des Grundbauteils einbezogen werden.

- Im dritten Arbeitsschritt wurden die korrigierten Schalldämm- und Verbesserungsmaße in die hierfür vorbereitete Berechnungs-Software (es genügte eine Excel-Tabelle) eingegeben werden. Abgesehen von den korrigierten Schalldämmwerten erfolgte die Berechnung in genau gleicher Weise und mit den gleichen geometrischen Daten (Raum- und Bauteilabmessungen) wie in der ASE. Berechnet wurde - abhängig von der jeweils geltenden Schallschutzanforderung - der resultierende Innenpegel im Raum oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile.

Die bei der Berechnung in Schritt 3 ermittelten Werte konnten anschließend mit den Originalergebnissen aus der ASE verglichen werden. Aus dem Vergleich ist unmittelbar zu entnehmen, ob die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen die Einhaltung der geltenden Schallschutzanforderungen gewährleisten, oder ob dies nicht der Fall ist. Aus den in den Anlagen enthaltenen Bauteil- und Berechnungstabellen geht außerdem hervor, welche Bauteile oder Maßnahmen die gegebenenfalls vorhandenen Unterschiede bewirken.

2.4.2 Auswahl der Untersuchungsobjekte

Bei der Planung des baulichen Schallschutzes greift die FBB bei allen Bauten auf ein ähnliches Repertoire von Maßnahmen zurück, dass im Wesentlichen Vorsatzschalen im Bereich von Dächern und Wänden, die Beschwerung von Bauteilen, den Austausch vorhandener Fenster sowie den Einbau von Schalldämmlüftern umfasst. Obgleich sich die Maßnahmen im Prinzip immer gleichen, hängen die technische Ausführung und die bauphysikalische Wirkung in starkem Maße von der bereits vorhandenen Bausubstanz ab, deren Erfassung und Bewertung in STOB und ASE dokumentiert ist. Daneben bemisst sich das erforderliche Schallschutzniveau - und damit auch Umfang und Qualität der erforderlichen Maßnahmen - selbstverständlich auch an der Höhe des einwirkenden Fluglärmpegels.

Bei der Auswahl der Untersuchungsobjekte durch das IBP wurde deshalb versucht, das breite Spektrum des vorhandenen Gebäudebestands (von Bauten in preisgünstiger Bauweise, die lediglich die gesetzlichen Mindestanforderungen an den baulichen Schallschutz erfüllen, bis hin zu Gebäuden in hochwertiger schalltechnischer Qualität) möglichst vollständig abzudecken. Da es hierbei weniger auf das Baujahr (das im Übrigen aus den Unterlagen teilweise gar nicht ersichtlich ist) als vielmehr auf die bauliche Ausführung ankommt, wurde das Alter der Gebäude nur am Rande mit in die Überlegungen einbezogen. Ein größeres Gewicht wurde stattdessen auf den Umfang und die Kosten der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen gelegt, da dies ein wichtiges Indiz für die bauliche Qualität der Bestandssituation darstellt. Ein weiteres Auswahlkriterium

bildete die einwirkende Lärmbelastung, da für Gebäude im Nachtschutzgebiet oft nur geringer akustischer Sanierungsbedarf besteht (teilweise sind lediglich Schalldämmlüfter in den Schlafräumen erforderlich). Dies ist zwar akustisch wenig interessant, in hygrothermischer Hinsicht jedoch teilweise als problematisch einzustufen, insbesondere dann, wenn kein sachgemäßes Lüftungskonzept vorliegt. Das Vorhandensein eines integrierten Lüftungskonzept im Kontext der ASE wurde deshalb gleichfalls als wichtiges Kriterium mit in die Auswahl einbezogen.

Da sich das vorliegende Gutachten gleichermaßen mit der bauakustischen als auch mit der hygrothermischen Problematik im Zusammenhang mit den vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen beschäftigt, wurde versucht, beide Themenfelder gleichberechtigt in die Auswahl einzubeziehen. Die wichtigsten akustischen Auswahlkriterien hierbei waren (Reihenfolge entsprechend ihrer Bedeutung):

- Bestandssituation (Schallschutzniveau der vorhandenen Bauteile, Vollständigkeit der verfügbaren technischen Angaben, Vorhandensein akustisch problematischer Bauteile wie z. B. Wände aus Hochlochziegeln oder ungedämmte Rollladenkästen),

- Art, Umfang und Kosten der vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen (einige Maßnahmen, wie z. B. Innendämmung und Schalldämmlüfter, bergen bauakustische Probleme und bedürfen deshalb einer genaueren Betrachtung),

- Fluglärmpegel am Standort des Gebäudes und resultierende Schallschutzanforderungen (allgemeiner Lärmschutz tagsüber und / oder Nachtschutz) sowie erforderliche Schalldämm-Maße der Bauteile,

- Hinweise auf mögliche akustische Probleme sowie bauliche oder technische Besonderheiten in den vorliegenden Planungsunterlagen.

In hygrothermischer Hinsicht sind folgenden Auswahlkriterien mit in die Entscheidung eingeflossen:

- Geographische Lage westlich und östlich des Flughafens bei gleichzeitiger Berücksichtigung unterschiedlicher Siedlungsbereiche von reinem Wohngebiet über windgeschützte Waldrandlagen bis hin zu Lagen in Seenähe mit einem generell höheren Feuchtigkeitsniveau in der Umgebungsluft,

- Unterschiede in der Größe und der Grundrissgestaltung der einzelnen Objekte (bei den Gebäuden, bei denen Ortsbegehungen erfolgten, wurden zudem die Anzahl der Bewohner, deren bisherige Lüftungsgewohnheiten und evtl. vorhandene Feuchteschäden erfasst),

- Auswahl unterschiedlicher vorhandener Baustoffe in der Gebäudesubstanz,

- Art und Umfang des geplanten Maßnahmenpakets einschließlich Besonderheiten in der Ausführung, wie zum Beispiel Innendämm-Maßnahmen oder Einbau von Schalldämmlüftern und Position der Lüfter im Raum.

Aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Unterlagen, die insgesamt etwa 130 Gebäude umfassten, wurde für die weiteren Untersuchungen eine Stichprobe von 12 Gebäuden ausgewählt. Hierbei wurde versucht eine möglichst repräsentative Auswahl zu treffen und - unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien - die bauphysikalische Problematik sowohl in akustischer als auch hygrothermischer Hinsicht möglichst vollständig abzubilden. Dies betrifft einerseits die vorhandenen Sonderfälle (also z. B. Gebäude, an denen sehr umfangreiche oder nur geringfügige Schallschutzmaßnahmen erforderlich sind) als auch typische Bauten, die sich als repräsentatives Beispiel für die Mehrzahl der betroffenen Gebäude ansehen lassen. Da die letztgenannte Gruppe den größten Teil des Gebäudebestands ausmacht, wurde sie auch bei der Auswahl zahlenmäßig am stärksten berücksichtigt.

Eine Liste der zwölf ausgewählten Gebäude ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen. Detaillierte Informationen, aus denen sich u. a. auch Art und Kosten der vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen sowie die bauakustischen Anforderungen entnehmen lassen, sind in Anlage 17 aufgeführt.

Aktenzeichen FBB	Art des Gebäudes	Anl. Nr.
13442 - Bla - XETN - 10 W	EFH	5
02879 - Szd - XXTN - 07 W	EFH mit ELW	6
07539 - Tre - XXTN - 08 W	EFH	7
07540 - Tre - XXTN - 08 W	EFH	8
09361 - Bla - XETN - 09 W	EFH	9
02712 - Szd - XETN - 07 W	EFH	10
02981 - Szd - XETN - 07 W	EFH	11
03504 - Tre - XXXN - 07 W	Wohngeb.	12
07946 - Szd - XETN - 09 W	MFH, 2 Whg.	13
16595 - Eic - XXTN - 11 W	MFH, 3 Whg.	14
04781 - Tre - XXXN - 08 W	EFH, 2 Whg.	15
14148 - Bla - XATN - 10 W	EFH / Arztpr.	16

Tab. 2: Liste der zwölf untersuchten Wohngebäude. Neben dem Aktenzeichen der FBB und der Art des Gebäudes ist auch die Nummer der Anlage aufgeführt, in der die für das betreffende Gebäude ermittelten Ergebnisse dargestellt sind.

2.4.3 Aufbau der beigefügten Anhänge

Die für die zwölf untersuchten Gebäude ermittelten Ergebnisse sind in den beigefügten Anlagen 5 bis 16 wiedergegeben. Um die Übersichtlichkeit zu verbessern, weisen alle Anlagen die gleiche Gliederung auf. Der Aufbau der Gliederung wird zur besseren Orientierung im Folgenden kurz beschrieben:

- Auf der ersten Seite der Anlage befindet sich jeweils eine kurze Beschreibung des Gebäudes mit dem Aktenzeichen der FBB, der Bauweise und der Bezeichnung der schutzbedürftigen Räume. Daran schließen sich eine Angabe zum einwirkenden Fluglärmpegel (maximaler Fluglärmpegel tags L_{a_MaxT}) sowie Name und Adresse des mit der Erstellung der zugehörigen ASE beauftragten Ingenieurbüros an. In der nachfolgenden Tabelle (ebenfalls auf Seite 1) sind die wichtigsten Untersuchungsergebnisse als Übersicht zusammengefasst, wobei für jeden Raum die geltende Schallschutzanforderung sowie das in der ASE angegebene und das vom IBP berechnete Ergebnis angegeben sind. Bei dem Ergebnis handelt es sich abhängig von der jeweils geltenden Anforderung entweder um den resultierenden Innenpegel im Raum oder um die resultierende Schalldämmung der Außenbauteile. Gemäß der ASE wird diese Anforderung - nach Durchführung der vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen - natürlich immer eingehalten; nach den Berechnung des IBP trifft dies aber keineswegs in allen Fällen zu. Liegt nach den Erkenntnissen des IBP eine Überschreitung vor, ist deshalb in der letzten Spalte der Tabelle mit dem Titel "eingehalten" das Wort "nein" eingetragen. Sind die Anforderungen rechnerisch erfüllt, steht dort das Wort "ja".

- Auf den nächsten Seiten der Anlage sind die Grundrisse sowie - soweit vorhanden - Fotos des Gebäudes dargestellt. Die Pläne und Fotos stammen in der Regel aus der untersuchten ASE. In einigen Fällen handelt es sich auch um Fotos, die vom IBP bei der Ortsbegehung aufgenommen wurden. Die Herkunft der Bilder ist jeweils mit angegeben.

- Auf der nachfolgenden Seite der Anlage (und bei entsprechend großer Zahl von Bauteilen auch auf den Folgeseiten) befindet sich eine Tabelle, in der alle akustisch relevanten Außenbauteile des Gebäudes aufgeführt und in kurzer Form beschrieben sind. Die Bauteile sind nach Räumen geordnet und tragen die gleichen Kurzbezeichnungen wie in der ASE, so dass eine Zuordnung jederzeit problemlos möglich ist. Zu jedem Bauteil ist das in der ASE angegebene Schalldämm-Maß (in roter Schrift) sowie auch der vom IBP durch Messung, Berechnung oder Schätzung ermittelte Wert (in blauer Schrift) angegeben. Die beiden vorgenannten Angaben beziehen sich jeweils auf die Schalldämmung im Bestand. Sind in der ASE für das Bauteil Schallschutzmaßnahmen vorgesehen, so sind auch diese (in der nächsten Tabellenspalte) in kurzer Form beschrieben. Die beiden rechten Spalten der Tabelle enthalten das nach der Sanierung zu erwartende Schalldämm-Maß, wobei wiederum die Werte aus der ASE (rot) und die vom IBP ermittelten

Werte (blau) aufgeführt sind. Sind für ein Bauteil keine Maßnahmen erforderlich, so stimmen der Bestandswert der Schalldämmung und der Wert in saniertem Zustand selbstverständlich überein.

- In der nächsten Tabelle, die sich ebenfalls über mehrere Seiten erstrecken kann, sind die vom IBP durchgeführten Berechnungen dokumentiert. Die Tabelle ist genauso aufgebaut und ebenso beschriftet wie die entsprechenden Berechnungstabellen der ASE, so dass ein Vergleich mit den in der ASE dargestellten Berechnungen auf einfache Weise möglich ist. Auf eine Beschreibung des Tabellenaufbaus wird verzichtet, da Erläuterungen hierzu bereits in der ASE enthalten sind. In die in der Tabelle dokumentierten Berechnungen wurden die vom IBP ermittelten Schalldämm-Maße der Bauteile eingesetzt (blaue Werte aus vorangehender Bauteiltabelle), die sich gegebenenfalls von den entsprechenden Angaben aus der ASE unterscheiden können. Bei den Bauteil- und Raumabmessungen wurden hingegen die Werte aus der ASE übernommen, da für das IBP in der Regel keine Möglichkeit zur Überprüfung dieser Angaben bestand.

- Im Anschluss an die Berechnungstabelle folgt eine Seite, die Bemerkungen und Kommentare zu den ermittelten Untersuchungsergebnissen enthält. Der aufgeführte Text dient außerdem dazu, die wichtigsten Ergebnisse in kurzer Form zusammenzufassen und schlägt - soweit zutreffend - mögliche Verbesserungen vor.

- Auf den letzten Seiten der Anlage erfolgt schließlich eine Beurteilung der vorhandenen Bausituation und der in der ASE vorgeschlagenen Maßnahmen in Bezug auf die hygrothermische und lüftungstechnische Problematik.

2.4.4 Schalldämm-Messungen vor Ort

Zur Überprüfung der ansonsten allein auf rechnerischer Basis ermittelten Schalldämm-Maße der Außenbauteile wurden bei vier der untersuchten Gebäude im Rahmen einer Ortsbegehung zusätzlich Schalldämm-Messungen vor Ort durchgeführt. Bei den betreffenden Bauten handelte es sich um die ersten vier der in Tab. 2 aufgeführten Bauten (Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W, 02879 - Szd - XXTN - 07 W, 07539 - Tre - XXTN - 08 W und 07540 - Tre - XXTN - 08 W). Die Messungen erfolgten vom 25. bis 27. August 2015 durch Hr. Brandstetter und Hr. Hermes vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Um die Schalldämmung der Außenbauteile zu bestimmen, wurde das Bauteil-Lautsprecher-Verfahren nach DIN EN ISO 140-5:1998, Abschnitt 5.6 [s09] verwendet, das erfahrungsgemäß zuverlässige und mit Prüfstandsmessungen gut vergleichbare Werte liefert. Wegen der zum Teil schwierigen Randbedingungen vor Ort (Zugänglichkeit der Außenbauteile, Überlagerung mehrerer Schallübertragungswege, vorhandene Fremdgeräusche, etc.) waren allerdings nur für wenige Bauteile störungsfreie Messungen möglich.

Die ermittelten Messwerte und die Messbedingungen sind den beigefügten Berichten in den Anlagen 1 bis 4 zu entnehmen. Neben einer kurzen Beschreibung der Bauteile sind in den Berichten auch die in der zugehörigen ASE für die Bauteile verwendeten Kurzbezeichnungen aufgeführt, so dass sich die Ergebnisse auf einfache Weise zuordnen lassen. In den Bauteiltabellen in den Anlagen 5 bis 16 sind gemessene Werte des bewerteten Schalldämm-Maßes außerdem durch Unterstreichung gekennzeichnet, so dass sich die Messergebnisse leicht identifizieren lassen.

Messungen der Schalldämmung am Bau sind oft problematisch und weisen im allgemeinen eine verhältnismäßig hohe Unsicherheit auf. Dies liegt daran, dass die akustischen Bedingungen vor Ort (wie z. B. Fremdgeräuschpegel, Nachhallzeit und Verteilung des Schallfeldes im Empfangsraum) für genaue Messungen zumeist nur bedingt geeignet sind. Im vorliegenden Fall, in dem über den Aufbau der untersuchten Außenbauteile häufig nur unvollständige und unzuverlässige Angaben vorliegen, sind Messungen am Bau aber dennoch als weitaus genauer und zuverlässiger als eine rechnerische Abschätzung der Schalldämmung anzusehen.

Die Details der Messergebnisse sind aus den Anlagen 1 bis 4 zu ersehen, so dass hier nicht näher darauf eingegangen werden muss. Stattdessen ist im Folgenden eine kurze statistische Auswertung der Messdaten dargestellt. Bei Auswertung der Messungen an 12 verschiedenen Bauteilen ergibt sich bezogen auf das bewertete Schalldämm-Maß folgendes Bild:

höchste positive Abweichung:	17 dB
höchste negative Abweichung:	-8 dB
mittlere Abweichung:	5,3 dB

Bei den obigen Angaben bezeichnet der Begriff "Abweichung" die Differenz zwischen dem vom IBP gemessenen und dem in der ASE angegebenen (durch rechnerische Abschätzung ermittelten) Wert des bewerteten Schalldämm-Maßes. Bei der Bildung des arithmetischen Mittelwerts wurde nicht über die Abweichungen selbst (diese würden sich durch ihr unterschiedliches Vorzeichen teilweise gegenseitig aufheben), sondern über die Absolutwerte der Abweichungen gemittelt. Wie sich aus den ermittelten Ergebnissen entnehmen lässt, ist der Unterschied zwischen Messung und Rechnung zum Teil beträchtlich, wobei positive und negative Abweichungen in etwa gleichem Maße vertreten sind.

2.4.5 Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der an den zwölf überprüften Gebäuden durchgeführten Untersuchungen sind in den Anlagen 5 bis 16 dargestellt. Da die Anlagen alle wesentlichen Informationen sowie auch eine Diskussion und Bewertung der jeweiligen Ergebnisse enthalten, beschränkt sich der vorliegende Abschnitt auf einen kurzen Überblick und eine Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse:

- Bei der Abschätzung der Schalldämmung der vorhandenen Außenbauteile sind den beauftragten Ingenieurbüros zum Teil gravierende Fehler unterlaufen (die Abweichungen betragen teilweise mehr als 15 dB). Positiv hierbei ist zu vermerken, dass die Schalldämmung vielfach zu niedrig eingeschätzt wurde, so dass die Fehler keine Schallschutzmängel nach sich ziehen (sie wirken lediglich als zusätzliches Sicherheitspolster bei der bauakustischen Planung). Es gibt jedoch auch viele Fälle, in denen in der Planung von einer zu hohen Schalldämmung der Bauteile ausgegangen wurde. Dies hatte dann häufig zur Folge, dass die gerichtlich festgesetzten Schutzziele nicht eingehalten wurden. Fehler traten erwartungsgemäß vor allem bei solchen Konstruktionen auf, die in der Praxis nur selten vorkommen und nicht in den Bauteilkatalogen der DIN 4109 verzeichnet sind. Woher die in der ASE für diese Konstruktionen angegebenen Schalldämmwerte stammen bleibt unklar. Zumeist wird lediglich pauschal auf die DIN 4109 verwiesen und zwar auch dann, wenn das betreffende Bauteil gar nicht in DIN 4109 beschrieben ist.

- Im Gegensatz zur Schalldämmung im Bestand wurde die akustische Wirkung der vorgesehenen Verbesserungsmaßnahmen in der Planung häufig überschätzt. Ein typisches Beispiel hierfür ist Anbringung von Vorsatzschalen an mehrschaligen Leichtbaukonstruktionen. Wie später noch genauer erläutert wird, weisen Vorsatzschalen hier eine weit geringere Wirkung als in Verbindung mit massiven Bauteilen auf. In ähnlicher Weise erweisen sich auch andere Maßnahmen, wie z. B. die Erhöhung der Dämmstoffdicke im Inneren von leichten Wand- und Dachkonstruktionen, akustisch zumeist als wenig wirkungsvoll und sind auch vom erforderlichen baulichen Aufwand her als nur bedingt praxistauglich anzusehen. Die verwendete Vorgehensweise erweckt vielfach den Eindruck, dass unterschiedslos auf ein festes Repertoire von Maßnahmen zurückgegriffen wurde, ohne die akustische Wechselwirkung mit den vorhandenen Bauteilen ausreichend zu berücksichtigen.

Wie sich die oben beschriebenen Probleme in ihrer Gesamtheit auf den baulichen Schallschutz auswirken, ist der nachfolgenden statistischen Auswertung zu entnehmen, in die insgesamt 65 schutzbedürftige Räume in den 12 untersuchten Gebäuden Eingang fanden. Hinsichtlich der rechnerischen Einhaltung der geltenden Schallschutzziele ergaben sich für diese Räume folgende Ergebnisse:

- In 19 Fällen (dies entspricht ca. 29 % aller Räume) wurden die akustischen Schutzziele nicht eingehalten, d. h. der zulässige Schallpegel in den Räumen wurde überschritten.
- In 6 Fällen (dies sind ca. 9 % der Räume) handelte es sich dabei um gravierende Überschreitungen um mehr als 3 dB.
- Die höchste festgestellte Überschreitung lag bei ca. 5 dB.

Selbst bei Räumen, bei denen die Anforderungen eingehalten werden, ist vielfach von Planungsmängeln auszugehen. Dies geht daraus hervor, dass die beauftragten Ingenieurbüros aus Kostengründen bestrebt waren, die erforderlichen Maßnahmen auf das zur Erfüllung der Anforderungen nötige Minimum zu beschränken. Deshalb wurde die Planung so durchgeführt, dass der Zielwert möglichst genau der jeweils geltenden Anforderung entspricht. Bei der Überprüfung durch das IBP zeigte sich jedoch, dass diese "Punktlandung" nur in wenigen Fällen gelang. Soweit die Anforderungen eingehalten wurden, erfolgte dies zumeist mit einem beträchtlichen Sicherheitsspielraum (im Mittel ca. 2 dB, in einem Fall sogar 5 dB).

Außerdem sei darauf hingewiesen, das die rechnerische Einhaltung der Anforderungen in der Praxis nicht zwangsläufig einen ausreichenden Schallschutz gewährleistet. Dies hängt damit zusammen, dass das von der FBB bei der bauakustischen Planung verwendete Berechnungsverfahren auf vereinfachten Voraussetzungen beruht und wichtige akustische Effekte, die den baulichen Schallschutz beeinträchtigen können, unberücksichtigt lässt. Als Beispiele hierfür seien der Einfluss der Schalleinfallsrichtung auf die Schalldämmung von Fenstern sowie die Auswirkungen tieffrequenter Geräuschanteile auf den Schalldurchgang bei Leichtbau- und Vorsatzkonstruktionen genannt. Die erwähnten Effekte wurden im vorliegenden Gutachten wegen des erforderlichen Aufwandes zwar nicht am Beispiel einzelner Bauten untersucht, die hierzu angestellten Untersuchungen und Überlegungen zeigen jedoch, dass es sich dabei um eine grundsätzliche Problematik handelt, die fast alle untersuchten Gebäude betrifft.

3 Bauphysikalische Problemstellen

In den folgenden Abschnitten soll auf einige Themen eingegangen werden, zu denen es bei den Eigentümern der von den Schallschutzmaßnahmen betroffenen Gebäuden besonders viele Fragen und Bedenken gibt. Dies betrifft vor allem den Einbau von Innendämmungen und von Schalldämmlüftern. Außerdem wird der Einfluss tieffrequenter Geräusche auf den Schallschutz der Gebäudehülle diskutiert, der in der derzeitigen Planung nicht ausreichend berücksichtigt wurde und erhebliche akustische Probleme hervorrufen kann.

3.1 Innenseitige Dämmsysteme

Innenseitige Dämmsysteme zählen zum Standardrepertoire der von der FBB verwendeten Schallschutzmaßnahmen und werden immer dann eingesetzt, wenn die Außenwände der Gebäude keine ausreichende Schalldämmung aufweisen. Zunächst ist klarzustellen, dass es sich dabei um keine Wärmedämmsysteme im klassischen Sinn, sondern vielmehr um akustische Vorsatzschalen handelt, die als Kollateraleffekt gleichzeitig die thermische Isolation der Außenwand erhöhen. Dies geht schon daraus hervor, dass die von der FBB vorgesehenen Systeme zumeist aus Gipskartonplatten bestehen, die an einem freistehenden oder an der Wand montierten Ständerwerk befestigt werden. Bei

den gebräuchlichen innenseitigen Wärmedämmsystemen, wie sie derzeit üblicherweise am Bau eingesetzt werden, handelt es sich demgegenüber um Verbundsysteme, bei denen Wand, Dämmung und Verkleidung (ganz- oder teilflächig) miteinander verklebt sind. Ein Beispiel hierfür ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

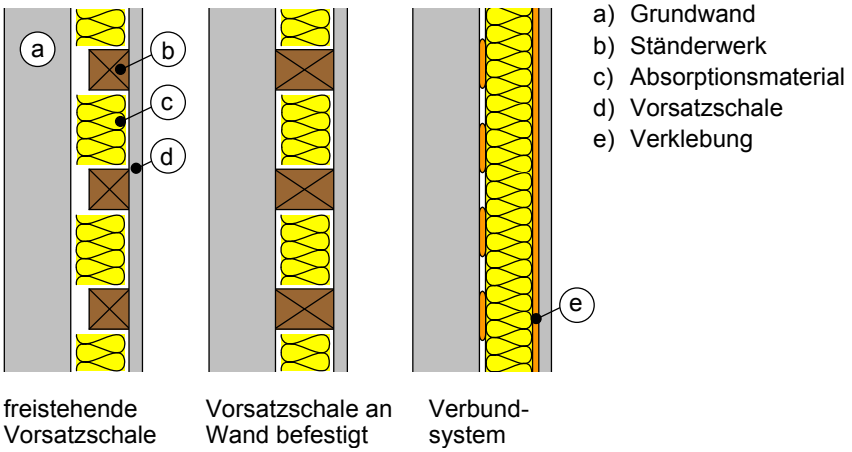


Abb. 11: Schematische Darstellung verschiedener Arten von Vorsatzkonstruktionen. In akustischer Hinsicht weisen Systeme mit freistehendem Ständerwerk (links im Bild) zumeist die höchste Schallschutzwirkung auf. Wichtig hierbei ist, dass der Hohlraum zwischen der Wand und der Beplankung in ausreichendem Maße mit Schallabsorptionsmaterial gefüllt ist (Füllgrad mindestens 50 %), da sich ansonsten im Hohlraum stehende Wellen ausbilden, die die akustische Wirkung erheblich beeinträchtigen.

Wenn die Schalldämmung von Außenwänden verbessert werden soll, gibt es in der Praxis zumeist nur zwei sinnvolle Alternativen. Die erste Möglichkeit, für die sich die FBB entschieden hat, besteht im Einsatz innenseitiger Vorsatzschalen. Bei der zweiten Möglichkeit, die unter den Eigentümern der betroffenen Gebäude viele Befürworter hat, wird das Gebäude außenseitig mit einem Wärmedämm-Verbundsystem (WDVS) verkleidet. Bei einem WDVS handelt es sich - wie der Name schon sagt - um ein Verbundsystem, bei dem die äußere Verkleidung statt aus einer Holz- oder Gipskartonplatte aus einer Putzschicht besteht.

In ihrer akustischen Wirkung bestehen zwischen Vorsatzschalen mit Ständerwerk, wie sie von der FBB im Gebäudeinneren vorgesehen sind, und außenseitig angebrachten WDVS im Prinzip kaum Unterschiede. Ob sich das Dämmsystem auf der Außen- oder Innenseite der Wand befindet, spielt für die Schallübertragung nur eine untergeordnete Rolle. Auch das akustische Wirkungsprinzip (Masse-Feder-Masse System mit Grundwand und Verkleidung als Massen und Dämmschicht als Feder) ist in beiden Fällen gleich. Dennoch gibt es natürlich Unterschiede, die sich - auch wenn sie in der Praxis normalerweise keine allzu große Rolle spielen - auf die Schalldämmung auswirken können:

- Bei Systemen mit Ständerwerk lassen sich zumeist niedrigere Resonanzfrequenzen als bei Verbundsystemen erreichen, da der Dämmstoff nur lose eingestellt ist, so dass nicht die Dämm- sondern die Luftschicht im Hohlraum als Feder wirkt. Die Absenkung der Resonanzfrequenz verbessert die akustische Wirkung der Vorsatzschale (hierauf wird später noch genauer eingegangen).

- Ein außenseitiges Wärmedämm-Verbundsystem bedeckt die gesamte Fläche der Wand, so dass keine ungeschützten Nebenwege verbleiben. Bei einer Innendämmung sind neben der Außenwand mit der Vorsatzschale weitere Bauteilflächen vorhanden, die Schall in den Raum abstrahlen. Dies betrifft in erster Linie die flankierenden Bauteile (also Boden, Decke und Seitenwände des Raums) aber auch Teilflächen der Außenwand selbst, wie z. B. unverkleidete Fensterlaibungen. Da die Vorsatzschale keinen Einfluss auf die Schallabstrahlung dieser Flächen hat, wird die Verbesserungswirkung insgesamt herabgesetzt. In den Abbildungen 12 und 13, die aus einem Forschungsbericht des IBP [s10] entnommen wurden, ist dies an der - gegenüber einer Außenwand leicht unterschiedlichen - Bausituation einer Innenwand veranschaulicht. Da bei Außenwänden weniger Flankenwege als bei Innenwänden vorhanden sind, ist der akustische Einfluss der Flankenbauteile dort geringer als in Abb. 13 dargestellt.

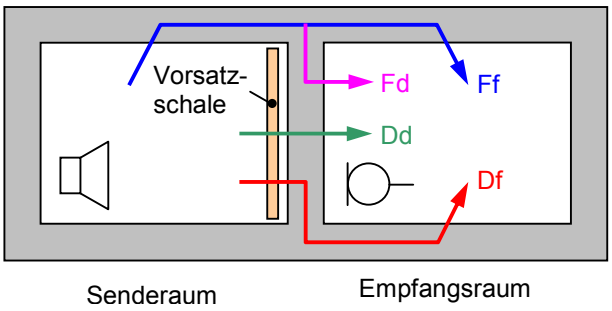


Abb. 12: Unterbrechung des direkten Übertragungsweges Dd und der vier Flankenwege Df durch eine senderaumseitig an der Trennwand zwischen Sende- und Empfangsraum angebrachte Vorsatzschale. Auf die acht Flankenwege Fd und Ff hat die Vorsatzschale hingegen keinen Einfluss.

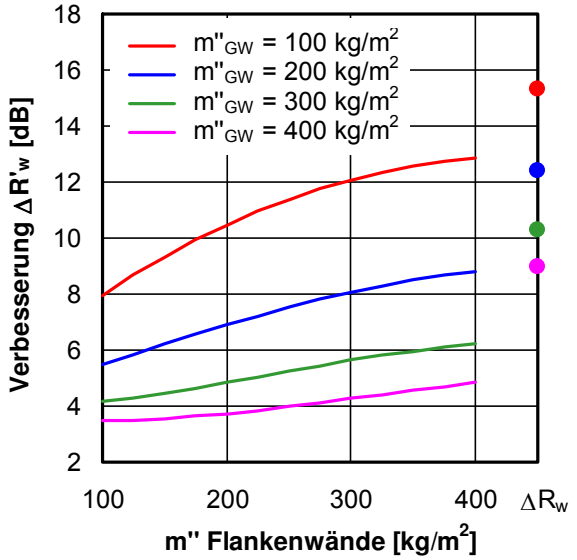


Abb. 13: Verbesserung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes einer Trennwand, $\Delta R'_w$, durch eine Vorsatzschale in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Flankenwände. Die dargestellten Werte wurden durch eine frequenzabhängige Berechnung in Anlehnung an DIN EN 12354-1 [s11] ermittelt, wobei von einer Vorsatzschale mit einer Resonanzfrequenz von f_0 = 80 Hz ausgegangen wurde. Die betrachtete Bausituation ist in Abb. 12 dargestellt. Die vier gezeigten Kurven beziehen sich auf unterschiedliche Massen der Trennwand. Die Punkte am rechten Rand des Diagramms bezeichnen die Verbesserung, die sich ohne Flankenübertragung (also z. B. in einem bauakustischen Prüfstand) ergeben würde.

Neben den aufgeführten akustischen Unterschieden gibt es weitere Vor- und Nachteile, die beim Vergleich von Innen- und Außendämmung zu berücksichtigen sind:

- Während sich die Anbringung von innenseitigen Vorsatzschalen auf die Räume beschränken kann, in denen eine akustische Ertüchtigung der Außenwand erforderlich ist, müssen WDVS die Außenfläche des Gebäudes vollständig umschließen oder zumindest die betroffene Seitenfläche komplett bedecken. Dies kann in der Praxis erhebliche Mehrkosten verursachen.

- Da bei innenseitigen Vorsatzschalen kein Gerüst gestellt werden muss, ist ihre Herstellung - bezogen auf die Kosten je Quadratmeter - im Allgemeinen günstiger als bei WDVS. Anderseits fallen bei innenseitigen Systemen zumeist Zusatzkosten für das Versetzen von Schaltern, Steckdosen und Heizkörpern sowie das Tapezieren und Streichen der Wände an.

- Im Gegensatz zu einem WDVS auf der Außenseite des Gebäudes verringert sich bei Anbringung einer Innendämmung sowohl die Grundfläche als auch das Volumen des Raums. Abhängig von der Raumgeometrie kann die Flä-

chenminderung leicht 0,5 m^2 oder mehr betragen, was sich einem entsprechenden Wertverlust der Immobilie niederschlägt. Legt man einen Preis von ca. € 2.000,-- bis 4.000,-- je Quadratmeter Wohnfläche zugrunde, so kann der Wertverlust bei innenseitiger Dämmung mehrerer Räume einige tausend Euro betragen.

- Bei nachträglicher Dämmung der Außenwand erhöht sich die Tiefe der Fensterlaibungen, so dass weniger Tageslicht von außen in die Räume gelangt. Genauere Untersuchungen hierzu sind in Abschnitt 4 dargestellt. Der Effekt tritt sowohl bei außen- als auch bei innenseitiger Dämmung der Wände auf. Bei Außendämmungen ist er oft noch etwas stärker ausgeprägt, da hier vielfach eine größere Dämmstoffdicke vorhanden ist und die Laibungsfläche der Fenster in der Regel mit überdämmt wird.

- Aus hygrothermischer Sicht bewirken Innendämm-Maßnahmen eine erhebliche Veränderung der bauphysikalischen Gegebenheiten eines Gebäudes. Immerhin wird die Innenoberfläche der betreffenden Außenwand nach erfolgter Sanierung von der Raumbeheizung abgekoppelt. Dadurch findet nahezu keine Erwärmung der früheren Außenwand von innen her statt. Diese kann dadurch stark abkühlen, was wiederum die Gefahr von Tauwasserbildung begünstigt. Falls Wasserdampf aus der Raumluft durch oder hinter die Innendämmung gelangen könnte, würde der Wasserdampf an der nun hinter der Innendämmung liegenden kalten Innenoberfläche der Außenwand kondensieren können.

- Innendämmungen sollten daher möglichst dampfdicht angeschlossen werden. Auch können Innendämm-Materialien zum Einsatz kommen, die die Fähigkeit besitzen, auftretendes Tauwasser im Grenzbereich zwischen Innendämmung und massiver Außenwand aufzunehmen, um es in der Trockenperiode wieder abzugeben. Diese Eigenschaft ist im Bereich der Innendämmsysteme unter dem Begriff der Kapillaraktivität bekannt.

- Innendämmungen führen dazu, dass die betreffenden massiven Wandbereiche nicht mehr als thermischer „Massivspeicher“ zur Verfügung stehen. Dies führt in der Regel zu einer leichten Veränderung in der Nutzung der Raumbeheizung. Dadurch dass die innengedämmte Außenwand in der Heizperiode nicht mehr mit Heizwärme „befüllt“ werden kann, erfolgt eine schnellere Raumerwärmung. Im Gegenzug kann aber auch die vom Raumklima abgekoppelte Außenwand keine Wärmeenergie nach Abschalten der Heizung in den Raum liefern. Der Effekt: Nach Abschalten der Heizung kühlt der Raum etwas schneller ab als vor der Innendämm-Maßnahme gewohnt. Dieser Effekt wirkt bei weiterhin vorhandenen (nicht innengedämmten) massiven Innenbauteile nicht so stark, da diese ja weiterhin als Massivspeicher zu Verfügung stehen.

- Da die Außenwand durch eine Innendämmung vom Raumklima abgekoppelt wird, entfällt auch eine Nutzung der solaren Gewinne der opaken Au-

ßenwand. Bei entsprechender Sonnenbestrahlung und geeigneter Gestaltung der äußeren Außenwandoberfläche konnte eine entsprechende Erwärmung der Außenwand(vor der Innendämmmaßnahme) bis an die Innenoberfläche gelangen und von dort aus Einfluss auf das Raumklima nehmen.

- Bei der Verwendung von Innendämmsystemen verändern sich auch die hygrothermischen Verhältnisse von angrenzenden Wärmebrückenbereiche. Hierzu zählen einbindende Bauteile wie zum Beispiel Raumtrennwände, die an eine Außenwand grenzen oder auch Fensterleibungen. Bei fehlender Leibungsdämmung zum Beispiel kann die Temperatur im Eckbereich zwischen Fenster-Blendrahmen und ungedämmter Leibung deutlich stärker absinken. Dies führt zu einer gleichzeitigen Erhöhung der relativen Oberflächenfeuchte in unmittelbarer Nähe des Eckbereiches.

- Der Wärmebrückeneffekt bildet sich verstärkt auch bei raumweise durchgeführten Innendämm-Maßnahmen aus. Diese kommen häufig bei Schallschutzmaßnahmen vor, in denen nur die Außenwände entsprechend schutzbedürftiger Räume mit Hilfe von Vorsatzschalenkonstruktionen schallschutztechnisch ertüchtigt werden. Im nicht sanierten Nachbarraum können sich dann im Eckbereich von Raumtrennwand zur ungedämmten Außenwand niedrigere Oberflächentemperaturen einstellen. Sollte der Temperaturfaktor den Wert von 0,7 unterschreiten, wäre die Gefahr von Schimmelpilzwachstum gegeben.

- Bei Zuluftgeräten zu Lüftungszwecken werden häufig Abluftöffnungen in den betreffenden Räumen nicht eingebaut. Das würde bedeuten, dass beim Betrieb solcher ventilatorbetriebenen Lüftungskomponenten die Zuluft- und die Abluft-Volumenströme nicht aufeinander abgestimmt wären. Dadurch könnte sich durch den Betrieb von Zufluftgeräten eine Überdrucksituation im Raum ausbilden. Feuchte, warme Raumluft könnte folglich hinter die Innendämmung gedrückt werden. Dieser Effekt würde die Gefahr von Feuchteschäden im Grenzbereich zwischen Innendämmung und tragender Außenwand stark erhöhen.

- Innendämmungen sind mit Kenntnis und Berücksichtigung der hygrothermischen Effekte sehr wohl beherrschbar. Notwendige Grundlage hierfür ist eine gesicherte Planung der zuvor beschriebenen Punkte. Insbesondere bei fehlender Überprüfung der geänderten Wärmebrückenwirkung oder fehlendem Lüftungskonzept bei Schallschutzmaßnahmen bei denen Fensterelemente über einen längeren Zeitraum hinweg geschlossen bleiben müssen, ist die Gefahr von Feuchteschäden geradezu vorprogrammiert.

Die akustische Wirkung von Vorsatzkonstruktion hängt von der Frequenz ab. Obgleich sich das akustischen Verhalten abhängig von Aufbau und Ausführung stark voneinander unterscheiden kann, folgt die Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen aufgrund der einheitlichen Wirkungsweise (Masse-

Feder-Masse System) einem charakteristischen Frequenzverlauf, der in Abb. 14 schematisch dargestellt ist:

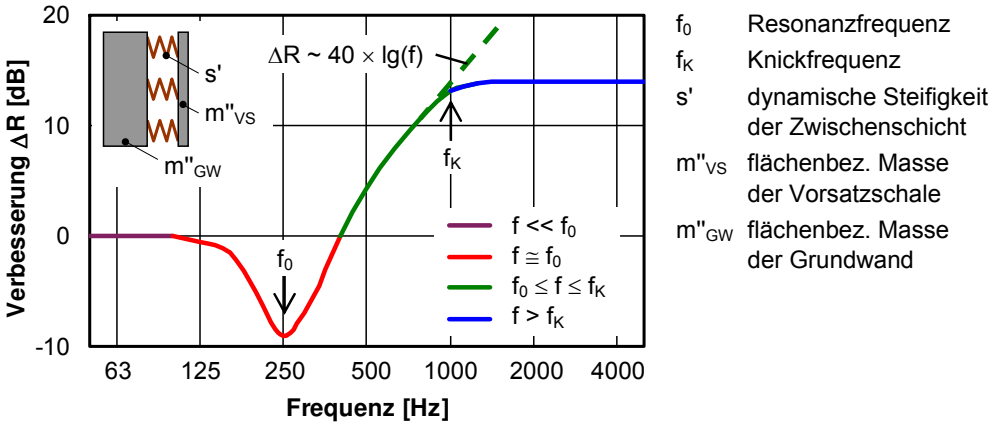


Abb. 14: Verbesserung der Schalldämmung einer Massivwand durch eine Vorsatzschale in Abhängigkeit von der Frequenz (schematische Darstellung).

Eine Verbesserung der Schalldämmung erfolgt nur in genügendem Abstand oberhalb der Resonanzfrequenz f_0, während im Resonanzbereich selbst eine Verschlechterung eintritt. Liegt die Resonanz zu hoch, so ist statt der angestrebten Erhöhung daher im Gegenteil eine Abnahme des bewerteten Schalldämm-Maßes zu verzeichnen. Man strebt deshalb bei der Auslegung von Vorsatzschalen zumeist eine möglichst niedrige Resonanzfrequenz an. Dies ist im allgemeinen auch sinnvoll, kann jedoch in manchen Fällen (z. B. bei Außenbauteilen und tieffrequentem Verkehrslärm) zu akustischen Problemen führen. Über die richtige Auslegung muss daher im Einzelfall entschieden werden.

Wie sich aus den obigen Ausführungen ergibt, stellt die Resonanzfrequenz die wichtigste akustische Einflussgröße bei der Auslegung von Vorsatzschalen dar. Sie lässt sich nach der folgenden Gleichung berechnen, in der s' die dynamische Steifigkeit des Dämmstoffs und m''_{VS} bzw. m''_{GW} flächenbezogenen Massen der Vorsatzschalen und der Grundwand bezeichnen:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{s'\left(\frac{1}{m''_{VS}} + \frac{1}{m''_{GW}}\right)}\,. \qquad (11)$$

Für $m''_{VS} << m''_{GW}$ (dies ist bei massiven Grundwänden fast immer erfüllt) sowie Systemen mit Ständerwerk und lose eingestelltem Dämmstoff (hier übernimmt die im Dämmstoff enthaltene Luft die Aufgabe der Feder) lässt sich die obige Beziehung in vereinfachter Form als Zahlenwertgleichung darstellen:

$$f_0 \cong \frac{53}{\sqrt{m''_{VS}\,d}}\,\mathrm{Hz}\,. \qquad (12)$$

In die obige Gleichung sind die flächenbezogene Masse der Vorsatzschale m''_{VS} in kg/m² und der Schalenabstand d (Breite des zwischen Vorsatzschale und Grundwand vorhandenen Hohlraums) in m einzusetzen. Wie aus der Gleichung zu ersehen ist, liegt die Resonanzfrequenz um so niedriger, je höher die flächenbezogene Masse der Vorsatzschale und je größer der Schalenabstand ist. Für Vorsatzschalen in üblicher Bauweise, die an einem Ständerwerk befestigt sind, ergeben sich Resonanzfrequenzen im Bereich von etwa 30 - 100 Hz. Bei der von der FBB bevorzugt verwendeten Bauweise (Schalenabstand 40 - 100 mm, ein- oder zweilagige Beplankung mit Gipskartonplatten) beträgt die Resonanzfrequenz etwa 40 - 90 Hz.

Ist die Resonanzfrequenz bekannt, so kann daraus die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Grundwand durch die Vorsatzschale, ΔR_w, berechnet werden. Die entsprechenden Berechnungsformeln, an deren Entwicklung das IBP beteiligt war und die mittlerweile in die neue Fassung der DIN 4109 und der DIN EN ISO 12354-1 [s12, s13] (letztere noch Entwurf) Eingang gefunden haben, sind in Tab. 3 dargestellt. Da die Formeln in vereinfachter Form schon mehr als 15 Jahre in der europäischen Normung (DIN EN 12354-1: 2000-12, Anhang D.2) Verwendung finden, sind sie als anerkannte Regel der Technik anzusehen.

f_0 [Hz]	ΔR_w [dB]
≤ 30	$(45 - R_{w,GW}/2) \geq 0$
30 - 160	$(74{,}4 - 20 \lg (f_0) - R_{w,GW}/2) \geq 0$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
630 - 1600	-10
> 1600	-5

Tab. 3: Formeln zur Berechnung der Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes massiver Grundwände, ΔR_w, durch Vorsatzschalen. Als Eingangsdaten werden die Resonanzfrequenz der Vorsatzschale f_0 (kann nach Gl. (11) oder Gl. (12) berechnet werden) sowie das bewertete Schalldämm-Maß der Grundwand, $R'_{w,GW}$, benötigt.

Wie aus Tab. 3 zu ersehen ist, hängt das Verbesserungsmaß der Vorsatzschale neben der Resonanzfrequenz in starkem Maße von der Schalldämmung der Grundwand ab: je höher das bewertete Schalldämm-Maß der Wand, desto geringer die Verbesserung durch die Vorsatzschale. Außerdem ist zu erkennen, dass sich bei Vorsatzschalen mit hoher Resonanzfrequenz (oberhalb von etwas f_0 = 200 Hz) keine Verbesserung, sondern im Gegenteil eine Verschlechterung der Schalldämmung ergibt. Bei Vorsatzkonstruktionen mit Ständerwerk ist dies

im Normalfall nicht zu befürchten. Bei Verbundsystemen sind Verschlechterungen der Schalldämmung hingegen durchaus an der Tagesordnung. So ist bei WDVS mit steifer Dämmschicht vielfach eine Verminderung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Grundwand um bis zu 5 dB und mehr zu verzeichnen [s14]. Die in Tab. 3 dargestellten Berechnungsformeln sind in Abb. 15 zusätzlich in grafischer Form veranschaulicht.

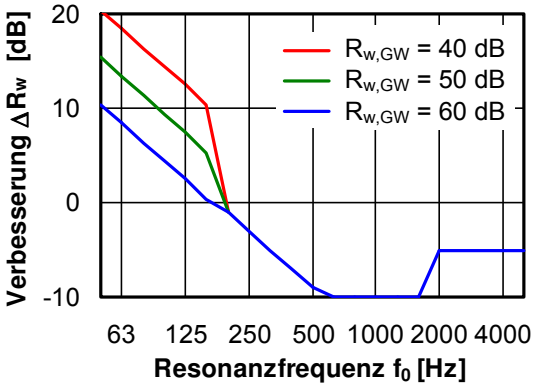


Abb. 15: Grafische Darstellung der in Tab. 3 angegebenen Berechnungsformeln. Dargestellt ist die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Grundwand durch die Vorsatzschale in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_0. Die Berechnung erfolgte für drei verschiedene Grundwände mit bewerteten Schalldämm-Maßen zwischen R_w = 40 dB und R_w = 60 dB. Oberhalb von f_0 = 200 Hz ist die Verbesserung bzw. Verschlechterung der Schalldämmung bei allen Wänden gleich.

Nach Darstellung der grundlegenden akustischen Zusammenhänge sind im Folgenden die für die bauakustische Planung wichtigsten Punkte in kurzer Form zusammengefasst:

- Die Verbesserungswirkung von Vorsatzschalen hängt in erster Linie von ihrer Resonanzfrequenz ab, wobei niedrige Resonanzfrequenzen die höchsten Verbesserungen der Schalldämmung bewirken. Bei Resonanzfrequenzen oberhalb von etwa 200 Hz tritt eine Verschlechterung der Schalldämmung ein.

- Neben der Resonanzfrequenz der Vorsatzschale spielt auch das bewertete Schalldämm-Maß der Grundwand für die Wirkung von Vorsatzschalen eine wichtige Rolle. Bei leichten Wänden mit geringer Schalldämmung fällt die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch die Vorsatzschale deutlich höher aus als dies bei schweren Wänden der Fall ist.

- Vorsatzschalen mit freistehendem Ständerwerk erreichen im allgemeinen die höchsten Verbesserungen der Schalldämmung. Ist das Ständerwerk hingegen an der Grundwand befestigt, vermindert sich die Verbesserungswirkung nach Erkenntnissen des IBP um ca. 50%.

- Bei der Anbringung an mehrschaligen Leichtbaukonstruktionen zeigen Vorsatzschalen ein völlig anderes akustisches Verhalten als bei massiven Grundwänden. Berechnungsverfahren für diese - in der Praxis nur verhältnismäßig selten anzutreffende - Anwendung existieren nicht, so dass man auf Erfahrungswerte und Daten aus Bauteilkatalogen angewiesen ist. Da eine große Vielfalt unterschiedlicher Leichtbaukonstruktionen existiert, ist es schwierig, hierzu allgemeingültige Aussagen zu treffen. Nach Erfahrung des IBP sowie Angaben in Literatur und Regelwerken [s15 - s21] ist aber davon auszugehen, dass die Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes durch an Leichtbaukonstruktionen angebrachten Vorsatzschalen im allgemeinen nicht mehr als etwa 2 - 4 dB beträgt.

- Werden Vorsatzschalen innenseitig an den Außenwand von Bauten angebracht, ist normalerweise nicht die ganze Wand bedeckt. Einzelne Bereiche, wie z. B. die Fensterlaibung, bleiben frei (bei einem Fenster üblicher Größe, wie es in Abb. 19 dargestellt ist, kann die innere Fläche der Laibung immerhin fast 1 m^2 betragen). Gleiches gilt auch für die flankierenden Bauteile, die weiterhin ungehindert Schall in den Empfangsraum abstrahlen können. In den oben angegebenen Berechnungsformeln, die sich auf eine Prüfstandsituation ohne Nebenwege beziehen, ist dies nicht berücksichtigt. Daher ist beim Einsatz am Bau von dem berechneten Verbesserungsmaß ein Abschlag zu subtrahieren. Die Höhe des Abschlags hängt von den jeweiligen Randbedingungen ab (je größer die Verbesserung der Schalldämmung durch die Vorsatzschale, desto höher der Abschlag). Nach Erkenntnissen des IBP ist im Normalfall von einem Abschlag von etwa 2 - 5 dB auszugehen. In der Schallschutzplanung der FBB ist dies soweit erkennbar bislang nicht berücksichtigt. Da die Berücksichtigung der Flankenübertragung bei der akustischen Auslegung von Vorsatzschalen sowohl in DIN 4109 (alte und neue Fassung) als auch in DIN EN 12354-1 vorgesehen ist, ist sie als anerkannte Regel der Technik anzusehen.

- Die Wirkung von Vorsatzschalen ist frequenzabhängig. Eine Verbesserung der Schalldämmung erfolgt nur bei Frequenzen, die genügend weit oberhalb der Resonanzfrequenz liegen. Im Resonanzbereich selbst ist hingegen eine erhebliche Verschlechterung der Schalldämmung zu verzeichnen. Enthält der einwirkende Außenlärm tieffrequente Geräuschanteile, wie dies z. B. bei Fluglärm der Fall ist, so werden diese Anteile im Bereich der Resonanzfrequenz in verstärktem Maße in das Gebäude übertragen, was unter Umständen eine Überschreitung der geltenden Schallschutzanforderungen zur Folge haben kann. Auf diesen Effekt, den die FBB bislang nicht in ihre Planung einbezieht, wird später noch genauer eingegangen.

3.2 Dezentrale Wandlüfter

Dezentrale Wandlüfter mit Schallschutzfunktion (im folgenden kurz als Schalldämmlüfter bezeichnet) kommen immer dann zum Einsatz, wenn die Fenster von Schlafräumen wegen des einwirkenden Fluglärms nachts dauerhaft ge-

schlossen bleiben müssen. Sie sollen eine ausreichende Belüftung der Räume sicherstellen und gleichzeitig über eine genügend hohe Schalldämmung verfügen, damit ein Schalldurchgang von außen nach innen vermieden wird.

In akustischer Hinsicht stellt die Erfüllung dieser Anforderung normalerweise kein allzu großes Problem dar. Die beiden von der FBB empfohlenen Schalldämmlüfter, Siegenia Aeropac und Brink Sonair F+, weisen laut Herstellerangabe im Betriebszustand eine Normschallpegeldifferenz von $D_{n,e,w}$ = 48 dB bzw. 50 dB auf [s22, s23]. Wird beim Siegenia-Lüfter einer der beiden Schieber geschlossen (der Luftstrom also entsprechend vermindert), wird nach Angabe des Herstellers sogar ein Wert von $D_{n,e,w}$ = 53 dB erreicht. Dies entspricht einer 10 m^2 großen Wand mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von R'_w = 53 dB, oder - wenn man die Schalldämmung so wie die FBB auf eine Fläche von 1,9 m^2 bezieht - einem Fenster normaler Größe mit R'_w = 46 dB. Dies reicht völlig aus, um im Normalfall einen ausreichenden Schallschutz gegenüber dem einwirkenden Außenlärm sicherzustellen.

Andererseits stoßen Schalldämmlüfter bei vielen betroffenen Eigentümern auf erhebliche Bedenken. Einer der Gründe hierfür sind die Eigengeräusche, die die Lüfter im laufenden Betrieb verursachen. Zwar sind Schalldämmlüfter bestimmungsgemäß auf einen leisen Betrieb hin ausgelegt, aber wenn es um die Geräusche von Lüftern geht, fallen einem zunächst unwillkürlich die in den Bädern und Toiletten von Hotels eingebauten Geräte ein, die teilweise sehr laute und störende Geräusche hervorrufen. So laut sind Schalldämmlüfter bei weitem nicht, trotzdem lohnt es sich aber, ihre Eigengeräusche genauer zu betrachten.

Leider machen viele Hersteller, wie auch die Firma Brink Climate Systems, keine Angaben zu den Eigengeräuschen ihrer Lüftungsgeräte. Für den Schalldämmlüfter Siegenia Aeropac gibt der Hersteller bei einem Luftdurchsatz von 60 m^3/h einen Schallpegel von L = 24 dB(A) an. Der Pegel wurde nach DIN EN ISO 3741 [s24] gemessen und bezieht sich auf einen Raum mit einer äquivalenten Schallabsorptionsfläche von A = 10 m^2. Er entspricht damit ungefähr dem Schallpegel, den der Lüfter in einem normalen Schlafraum hervorrufen würde.

Um den genannten Schallpegel in Höhe von 24 dB(A) richtig einordnen zu können, sind im Folgenden einige Vergleichswerte aufgeführt, die teilweise der Normung und teilweise dem täglichen Umfeld entstammen. Die Anforderungen aus DIN 4109 und VDI 4100 beziehen sich auf die Übertragung der Geräusche haustechnischer Anlagen in fremde Wohnräume.

Datenquelle	Pegel [dB(A)]
DIN 4109 (Vermeidung unzumutbarer Belästigungen)	30 *
VDI 4100, Schallschutzstufe SSt I (Mindestschallschutz)	30
VDI 4100, Schallschutzstufe SSt II (normaler Schallschutz)	27
VDI 4100, Schallschutzstufe SSt III (erhöhter Schallschutz)	24
Eigengeräusche im Schlafraum (Atemgeräusche, Uhrenticken)	ca. 20
Heizungsanlage (Strömungs- und Pumpengeräusche)	15 - 25

* für Lüftungseinrichtungen im Dauerbetrieb ohne auffällige Einzeltöne sind 5 dB(A) höhere Werte zulässig

Tab. 4: Vergleichswerte für den in ruhigen Schlafräumen vorhandenen Schallpegel.

Wie ein Vergleich mit den Werten aus der obigen Tabelle zeigt, können die Eigengeräusche eines Schalldämmlüfters mit einem Pegel von 24 dB(A) im Einzelfall durchaus störend wirken. Da es sich um gleichförmige Dauergeräusche handelt, tritt vermutlich in den meisten Fällen rasch ein Gewöhnungseffekt ein. Hörbar sind die Geräusche aber in jedem Fall.

Eine mögliche Alternative, um Lüftungsgeräusche in Schlafräumen zu vermeiden, könnte z. B. darin bestehen, den erforderlichen Lüfter in einem akustisch unempfindlichen Nebenraum (z. B. Küche oder Bad) anzuordnen und den Schlafraum lediglich mit einem schallgedämmten Außenluftdurchlass (ohne aktiven Lüfter) auszustatten. Selbstverständlich muss in diesem Fall ein ausreichender Luftaustausch zwischen den betreffenden Räumen innerhalb der Wohnung sichergestellt werden, was normalerweise nur im Rahmen eines umfassenden Lüftungskonzeptes erfolgen kann. Macht das Lüftungskonzept den Einbau von Außenluftdurchlässen in schutzbedürftigen Räumen erforderlich, so müssen die Durchlässe selbstverständlich bei der Schallschutzplanung berücksichtigt werden, da sie einen zusätzlichen Schallübertragungsweg von außen nach innen darstellen. Lüftungs- und Schallschutzplanung sind hier also eng miteinander verzahnt.

Neben den erwähnten Eigengeräuschen von Schalldämmlüftern, ist ihr Einsatz in Schlafräumen vor allem in lufthygienischer und hygrothermischer Hinsicht mit Problemen verbunden. Daneben kann auch die thermische Behaglichkeit (Zugluft) Probleme bereiten. Dieses Themenfeld wird später noch genauer untersucht.

3.3 Schallschutz bei tiefen Frequenzen

Alle von der FBB im Rahmen der bauakustischen Schallschutzplanung für den Flughafen Berlin-Schönefeld durchgeführten Berechnungen beruhen allein auf dem bewerteten Schalldämm-Maß R'_w , das nach DIN EN ISO 717-1 aus der

frequenzabhängigen Schalldämmkurve gebildet wird. Der Grund hierfür ist, dass das bewertete Schalldämm-Maß die zentrale bauakustische Planungsgrundlage in Deutschland darstellt, auf die sich alle Schallschutzanforderungen sowie sämtliche genormten Planungswerkzeuge und Planungsdaten beziehen. An der Verwendung von R'_w. führt daher in der Praxis kein Weg vorbei. Dennoch muss man sich bewusst sein, dass das bewertete Schalldämm-Maß die tatsächliche akustische Situation stark vereinfacht, indem es den Frequenzverlauf der Schalldämmung in einer Einzahlangabe zusammenfasst. Das funktioniert in vielen Fällen gut, kann aber - insbesondere bei Außenlärm - zum Teil auch erhebliche Probleme nach sich ziehen.

Die Probleme sind darauf zurückzuführen, dass das bewertete Schalldämm-Maß ursprünglich für den Schallschutz im Innenbereich - d. h. für die Schallübertragung zwischen fremden Wohnbereichen - konzipiert wurde. Man hat es dann der Einfachheit halber auch für Außenbauteile übernommen, obwohl es für diese Anwendung vielfach keinen adäquaten Beurteilungsmaßstab darstellt. Das liegt vor allem daran, dass Außenlärm ein anderes Frequenzspektrum als Wohngeräusche aufweist, wobei der Außenlärm im Verhältnis häufig sehr viel stärkere Geräuschanteile bei tiefen Frequenzen enthält. Letzteres trifft vor allem für Verkehrslärm und insbesondere auch für Fluglärm zu. Da das bewertete Schalldämm-Maß im Frequenzbereich von 100 - 3150 Hz gebildet wird, bleiben die Frequenzen unter 100 Hz unberücksichtigt, obgleich bekannt ist, dass die Geräuschanteile im Frequenzbereich von 50 - 100 Hz, die in starkem Maße im Verkehrslärm enthalten sind, häufig zu Lärmstörungen führen.

Die Schalldämmung der meisten Bauteile steigt mit zunehmender Frequenz an, so dass sich bei tiefen Frequenzen zumeist nur ein geringes Schalldämm-Maß ergibt. Trifft tieffrequenter Verkehrslärm auf ein solches Bauteil auf, so erfolgt eine erhöhte Schallübertragung. Das bewertete Schalldämm-Maß ist dann kein geeigneter Beurteilungsmaßstab mehr, sondern täuscht eine höhere Schallschutzwirkung vor, als in Wirklichkeit vorhanden ist. Dies gilt im Prinzip für alle Arten von Außenbauteilen, insbesondere jedoch für leichte mehrschalige Konstruktionen, wie z. B. Ständerwände, viele Dachaufbauten sowie Fenster mit Isolierverglasung, die bei tiefen Frequenzen aufgrund ihrer Bauweise eine besonders niedrige Schalldämmung aufweisen. Ebenso sind auch Massivwände mit Vorsatzkonstruktionen - also z. B. innen- oder außenseitige Dämmsysteme - in starkem Maße von der Problematik betroffen.

Um einen angemessenen Schallschutz gegenüber Fluglärm sicherzustellen, ist es daher erforderlich, die in dem Lärm enthaltenen tieffrequenten Geräuschanteile bei der Planung angemessen zu berücksichtigen. Bei dem von der FBB verwendeten Verfahren erfolgt dies durch einen pauschalen Korrektursummanden in Höhe von 6 dB gemäß Tab. 7 der VDI 2719, der zu dem einwirkenden Fluglärmpegel bzw. - gleichbedeutend damit - zu dem erforderlichen Schalldämm-Maß der Außenbauteile addiert wird. Die VDI 2719 ist zweifellos ein nützliches Regelwerk, das wertvolle Informationen über die Schallschutzwirkung von Fenstern enthält, im Hinblick auf Fluglärm entspricht sie mit ihrem

Alter von fast dreißig Jahren aber teilweise nicht mehr dem aktuellen Wissensstand. Dies geht schon daraus hervor, dass sowohl die Flugzeuge selbst (im Hinblick auf Größe und Leistung) als auch die Antriebstechnik in diesem Zeitraum bedeutende Veränderungen erfahren haben. Die Verwendung eines Korrektursummanden von 6 dB stellt daher zweifellos einen Schritt in die richtige Richtung dar. Es erscheint aber zweifelhaft, ob die 6 dB in der Praxis wirklich in allen Fällen ausreichen, um die im Fluglärm enthaltenen tieffrequenten Geräuschanteile bauakustisch korrekt abzubilden, oder ob gegebenenfalls eine höhere Korrektur erforderlich ist.

Um dies zu untersuchen kann man die DIN EN ISO 717-1 heranziehen, die ja ohnehin die Grundlage zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes bildet. Die aktuelle Fassung dieser Norm stammt aus dem Jahr 2013 und entspricht daher in sehr viel stärkerem Maße dem aktuellen akustischen Wissensstand als die VDI 2719 aus dem Jahr 1987. Da DIN EN ISO 717-1 außerdem bewährte Werkzeuge zur Berücksichtigung tieffrequenter Geräusche enthält und zudem international eingeführt und anerkannt ist, stellt sich die Frage, warum die FBB stattdessen auf die alte VDI 2719 zurückgreift.

Zur Berücksichtigung des Frequenzspektrums der einwirkenden Geräusche werden in DIN EN ISO 717-1 die beiden Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} verwendet, die aus der Schalldämmkurve des betrachteten Bauteils berechnet und zum bewerteten Schalldämm-Maß addiert werden. Statt dem bewerten Schalldämm-Maß R'_w ist für die Planung also z. B. die Summe aus R'_w und C_{tr}, d. h. ($R'_w + C_{tr}$) heranzuziehen. Welcher der beiden Spektrum-Anpassungswerte im Einzelfall zu verwenden ist, hängt von der Art der einwirkenden Geräusche ab. In DIN EN ISO 717-1 wird für Düsenflugzeuge in geringem Abstand die Verwendung des Spektrum-Anpassungswertes C und für Düsenflugzeuge in großem Abstand sowie Propellerflugzeuge die Verwendung von C_{tr} empfohlen. Dies entspricht im Prinzip (abgesehen von den Propellerflugzeugen) auch den Erfahrungen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik und hängt unter anderem damit zusammen, dass bei der Schallausbreitung in der Atmosphäre die hohen Frequenzen stärker bedämpft werden, so dass mit zunehmendem Abstand von der Schallquelle die tiefen Frequenzen immer stärker in den Vordergrund treten.

Für Gebäude im Nachtschutzgebiet, die sich in etwas größerer Entfernung vom Flughafen befinden, stellt daher in der Regel C_{tr} die am besten geeignete Beurteilungsgröße dar. Für Gebäude im Tagschutzgebiet, die in geringer Höhe bzw. geringem Abstand überflogen werden, ist vermutlich C besser geeignet. In der Praxis ist in den weitaus meisten Fällen - in Übereinstimmung mit den Ausführungen in DIN EN ISO 717-1 - davon auszugehen, dass sich das Frequenzspektrum des einwirkenden Fluglärms zwischen den beiden zur Berechnung von C und C_{tr} verwendeten Norm-Spektren bewegt. Die tatsächlich erforderliche Korrektur des bewerteten Schalldämm-Maßes entspricht dann einem Zahlenwert im Zwischenbereich von C und C_{tr}.

Ergänzend sei erwähnt, dass die Berechnung der beiden Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} für unterschiedliche Frequenzbereiche erfolgen kann. Standardmäßig erfolgt die Berechnung für den Bereich von 100 - 3150 Hz, also den gleichen Frequenzbereich, der auch zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes verwendet wird. Die praktische Erfahrung zeigt aber, dass dies in vielen Fällen nicht ausreicht, sondern dass auch die Frequenzen unter 100 Hz in die Bewertung einbezogen werden müssen, um eine hörgerechte Beurteilung der Schallschutzwirkung von Außenbauteilen sicherzustellen. Es ist also unbedingt zu empfehlen, die Berechnung von C und C_{tr}, wie in DIN EN ISO 717-1 bereits vorgesehen, für den gesamten zur Verfügung stehenden Frequenzbereich von 50 - 5000 Hz durchzuführen. Nur so ist sichergestellt, dass der menschliche Hörbereich, der mit etwa 20 Hz bis 20000 Hz ohnehin über den in der Bauakustik betrachteten Frequenzbereich hinausreicht, bei der akustischen Planung angemessen abgebildet wird. Der zur Berechnung verwendete Frequenzbereich wird als Index im Formelzeichen der Spektrum-Anpassungswerte vermerkt, als z. B. $C_{50\text{-}5000}$ oder $C_{tr,50\text{-}5000}$. Fehlt der Index, so wurde die Berechnung für den Standardbereich von 100 - 3150 Hz durchgeführt.

Bei Bauteilen, die bei tiefen Frequenzen eine niedrige Schalldämmung aufweisen, nehmen C und C_{tr} normalerweise negative Werte an [s25]. Die Funktionsweise ist dabei ähnlich wie bei dem Korrektursummanden nach VDI 2719: Im dem einen Fall (der VDI 2719) wird zum <u>erforderlichen</u> Schalldämm-Maß des Bauteils eine Korrektur von 6 dB hinzuaddiert. Im anderen Fall (Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1) wird zum <u>vorhandenen</u> Schalldämm-Maß des Bauteils ein negativer Wert addiert, so dass sich die Schalldämmung im Bestand entsprechend vermindert. Aus diesen Überlegungen heraus lässt sich auch leicht eine Aussage darüber treffen, ob der Korrektursummand in Höhe von 6 dB ausreicht, um die im Fluglärm enthaltenen tieffrequenten Geräuschanteile korrekt zu berücksichtigen:

- Für $C_{tr,50\text{-}5000} \geq -6$ dB gewährleistet der Korrektursummand nach VDI 2719 bei Fluglärm einen ausreichenden Schallschutz.
- Für $C_{tr,50\text{-}5000} \leq -6$ dB ist hingegen mit Schallschutzmängeln zu rechnen.

Für ein Außenbauteil mit einem Spektrum-Anpassungswert von beispielsweise $C_{tr,50\text{-}5000} = -5$ dB reicht die in der ASE geforderte Schalldämmung demnach aus. Bei $C_{tr,50\text{-}5000} = -7$ dB müsste im Hinblick auf einen ausreichenden Schallschutz jedoch nachgebessert werden.

Da die Spektrum-Anpassungswerte der in den Unterlagen der FBB beschriebenen Bauteile zumeist nicht bekannt sind, wurde eine statistische Übersicht für einige repräsentative Arten von Bauteilen erstellt, die in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben ist. Es handelt sich jeweils um die statistische Auswertung einer großen Anzahl von Schalldämm-Messungen an unterschiedlichen Bauteilen der jeweiligen Art, die in den bauakustischen Prüfständen des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik oder anderer akkreditierter Prüfstellen durchgeführt

wurden. Da die Daten über einen Zeitraum von mehreren Jahren zurückreichen und ein Vielzahl unterschiedlicher Prüfobjekte umfassen, geben sie einen repräsentativen Überblick über die jeweilige Art von Bauteil. Neben dem Wertebereich der Spektrum-Anpassungswerte ist außerdem der Mittelwert - also der Wert der für die betreffende Art von Bauteil ohne nähere Kenntnisse des Aufbaus wahrscheinlich zu erwarten wäre - aufgeführt. Gleichartige oder ähnliche Bauteile sind in den meisten der untersuchten Gebäude in der Umgebung des Flughafens Berlin-Schönefeld vorhanden.

Bauteil	$C_{50\text{-}5000}$ [dB]		$C_{tr,50\text{-}5000}$ [dB]	
	Werte-bereich	Mittel-wert	Werte-bereich	Mittel-wert
Ziegeldächer mit Zwischensparrendämmung [1)]	-11 bis -5	-8	-24 bis -16	-20
Massivwände mit Wärmedämm-Verbundsystemen [2)]	-14 bis -1	-3	-28 bis -3	-11
Massivwände mit Innendämmung auf Ständerwerk [3)]	-7 bis -1	-4	-20 bis -9	-14
Fenster mit Isolierverglasung (2 oder 3 Scheiben) [4)]	-4 bis 0	-2	-11 bis -3	-7

1) 39 Messungen, Auswertung der in [s17] aufgeführten Messergebnisse,
2) 130 Messungen, Auswertung der in [s14] aufgeführten Messergebnisse,
3) 55 Messungen, Auswertung der in [s10] aufgeführten Messergebnisse,
4) ca. 650 Messungen, Datenbank der bauakustischen Prüfstelle des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik.

Tab. 5: Übersicht über die Spektrum-Anpassungwerte typischer Außenbauteile. Die angegebenen Werte wurden durch Auswertung einer großen Menge von Messdaten aus bauakustischen Prüfständen ermittelt.

Wie sich aus der obigen Tabelle entnehmen lässt, liegt der Spektrum-Anpassungswert $C_{tr,50\text{-}5000}$ bei allen aufgeführten Arten von Bauteilen im Mittel unter -6 dB. Dies bedeutet, dass der von der FBB verwendete Korrektursummand in Höhe von 6 dB bei diesen Bauteilen normalerweise nicht ausreicht, um einen adäquaten Schallschutz gegenüber Fluglärm zu gewährleisten. Die derzeitige Vorgehensweise der FBB mit einer pauschalen Korrektur von 6 dB für alle Arten von Bauteilen ist demnach kritisch zu bewerten, da sie dazu führen kann, dass die geltenden Schallschutzanforderungen überschritten werden. In einigen Fällen, wie z. B. bei Räumen mit Dachschrägen in Bauten mit Ziegeldächern, können die Überschreitungen erheblich ausfallen. Geht man von einem Spektrum-Anpassungswert von $C_{tr,50\text{-}5000}$ = -20 dB für die Dachfläche aus (Mittelwert für Ziegeldächer aus obiger Tabelle) so kann der Innenpegel in derartigen Räumen gegenüber dem von der FBB ermittelten Wert ohne weiteres um 10 - 15 dB ansteigen.

Statt eines pauschalen Korrektursummanden ist demnach eine differenziertere Vorgehensweise erforderlich. Hierzu bestehen z. B. folgende Möglichkeiten:

a) Einbeziehung der Spektrum-Anpassungswerte $C_{50\text{-}5000}$ bzw. $C_{tr,50\text{-}5000}$ nach DIN EN ISO 717-1 zur Berücksichtigung der tieffrequenten Geräuschanteile des Fluglärms an Stelle des pauschalen Korrektursummanden nach VDI 2719.

b) Die DIN EN ISO 717-1 sieht im Einzelfall auch die Verwendung individueller Spektrum-Anpassungswerte vor. Hierzu wird eine Fluglärmmessung am Standort des Gebäudes durchgeführt und aus dem ermittelten Frequenzspektrum ein auf die lokale Lärmsituation zugeschnittener Spektrum-Anpassungswert berechnet. Selbstverständlich ist eine solche Messung nicht für jedes einzelne Gebäude im Einwirkungsbereich des Flughafens erforderlich. Es reicht aus, anhand der vorhandenen Fluglärmkarten Gebiete mit annähernd gleicher Lärmbelastung festzulegen (ein Bereich von ± 3 - 5 dB erscheint hier angemessen, da es bei den Messungen nicht auf die Höhe des Lärmpegels, sondern lediglich auf das Frequenzspektrum ankommt) und in jedem dieser Gebiete einen repräsentativen Messort auszuwählen.

c) Theoretisch wäre es auch möglich, das Fluglärmspektrum für die verschiedenen Einwirkungsorte aus den Flugbewegungen zu berechnen und daraus ortspezifische Spektrum-Anpassungswerte zu bestimmen. Die Möglichkeiten hierzu müssten aber zunächst mit der FBB abgeklärt werden.

Neben der Schallschutzwirkung von Außenbauteilen gegenüber Fluglärm ist für die Planung auch von Interesse, wie die Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen in dieser Hinsicht zu bewerten ist. Um dies zu untersuchen, wurden die für Vorsatzschalen vorhandenen Messergebnisse entsprechend ausgewertet. Hierzu wurde der gleiche Datensatz wie in Tab. 5 (innenseitige Vorsatzschalen mit Ständerwerk) herangezogen, da dies der von der FBB vorgesehenen Bauweise entspricht. Bei der Auswertung wurden neben der Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes, ΔR_w, auch die auf die Summe ($R_w + C$) bzw. ($R_w + C_{tr}$) bezogenen Verbesserungen ermittelt. Dabei ergaben sich folgende Werte (Statistik aus 55 Schalldämm-Messungen):

ΔR_w:	Wertebereich 6 - 23 dB, Mittelwert 15 dB,
$\Delta(R_w + C_{50\text{-}5000})$:	Wertebereich 2 - 20 dB, Mittelwert 11 dB,
$\Delta(R_w + C_{tr,50\text{-}5000})$:	Wertebereich 0 - 14 dB, Mittelwert 6 dB.

Wie die dargestellten Ergebnisse zeigen, fällt die Verbesserung der Schalldämmung durch Vorsatzschalen bei der Einwirkung von Fluglärm erwartungsgemäß deutlich geringer aus, als dies in der Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes zum Ausdruck kommt und von der FBB bei der Schallschutzplanung in Ansatz gebracht wird.

Um zu untersuchen, in welchem Zusammenhang der beschriebene Effekt mit der Resonanzfrequenz der Vorsatzschalen steht, wurde eine numerische Simulation durchgeführt, bei der die Verbesserung der Schalldämmung unter idealisierten Voraussetzungen für Vorsatzschalen mit unterschiedlicher Resonanzfre-

quenz berechnet wurde. Die Ergebnisse der Simulation sind in den Abbildungen 16 bis 18 dargestellt (da von einer an der Grundwand befestigten Vorsatzschale ausgegangen wurde, fallen die Verbesserungen geringer aus, als dies bei Berechnung nach Tab. 3 der Fall wäre):

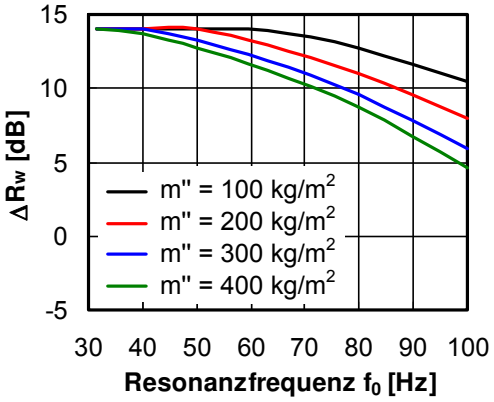


Abb. 16: Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes einer Massivwand durch eine Vorsatzschale, ΔR_w, in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_0. Rechnerische Simulation unter Verwendung eines vereinfachten numerischen Modells. Die Berechungen erfolgten für vier Wände mit unterschiedlicher flächenbezogener Masse.

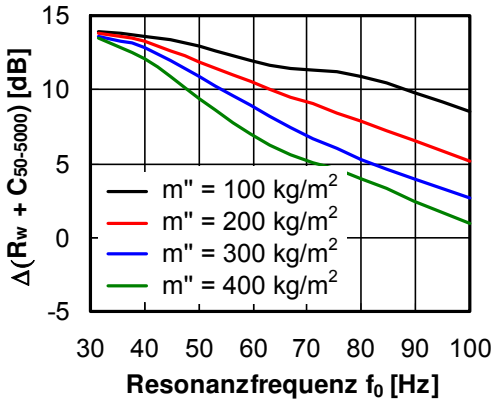


Abb. 17: Gleiche Darstellung wie in Abb. 16, jedoch bezogen auf die Verbesserung $\Delta(R_w + C_{50\text{-}5000})$.

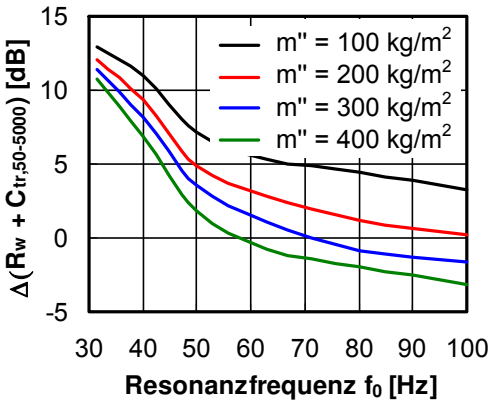


Abb. 18: Gleiche Darstellung wie in Abb. 16, jedoch bezogen auf die Verbesserung $\Delta(R_w + C_{tr,50\text{-}5000})$.

Aus dem Vergleich der obigen Abbildungen geht hervor, dass der Unterschied zwischen ΔR_w und $\Delta(R_w + C_{50\text{-}5000})$ bzw. $\Delta(R_w + C_{tr,50\text{-}5000})$ bei mittleren Resonanzfrequenzen ($f_0 \cong 60$ Hz) am größten ist. Des weiteren wächst der Unterschied mit zunehmender flächenbezogener Masse der Grundwand an.

4 Einfluss der Innendämmung auf die Versorgung mit Tageslicht

Wird die Außenwand eines Gebäudes auf der Innenseite nachträglich mit einer Vorsatzschale bzw. einem Dämmsystem versehen, so erhöht sich die Tiefe der Fensterlaibung und es gelangt weniger Tageslicht in den Raum. Dies gilt für außen- und innenseitige Dämmsysteme in annähernd gleichem Maße (bei der Außendämmung ist die Abschattung oft noch etwas höher, da vielfach eine größere Dämmstoffdicke vorhanden ist und im Gegensatz zu innenseitigen Systemen in der Regel auch die Laibung überdämmt wird). Betrachtet werden im Folgenden jedoch nur innenseitige Systeme, da die FBB nur diese Bauweise vorsieht.

Zur Untersuchung des Tageslichteinfalls mit und ohne Dämmsystem wurde beispielhaft von der in Abb. 19 dargestellten Situation ausgegangen, bei der ein Fenster üblicher Größe und Bauart etwa mittig in einer 35 cm dicken Außenwand eingebaut ist. Auf der Innenseite der Wand wird dann nachträglich noch ein 10 cm dickes Dämmsystem angebracht. Die Berechnung des Tageslichteinfalls erfolgte jeweils mit und ohne Dämmsystem, wobei ein im IBP vorhandenes Simulationsprogramm eingesetzt wurde. Es wurde sowohl für bewölkten als auch für klaren Himmel gerechnet. Dabei wurde von einem Standort in Berlin an einem Sommertag (21. Juni, 12.00 Uhr) ausgegangen. Die Innenwände des betrachteten Raums wiesen einen Standard-Reflexionsgrad und die Verglasung einen Transmissionsgrad von 70% auf. Ein Beispiel für die durchgeführten Berechnungen, aus dem auch die verwendete Raumgeometrie zu entnehmen ist, ist in Abb. 20 dargestellt.

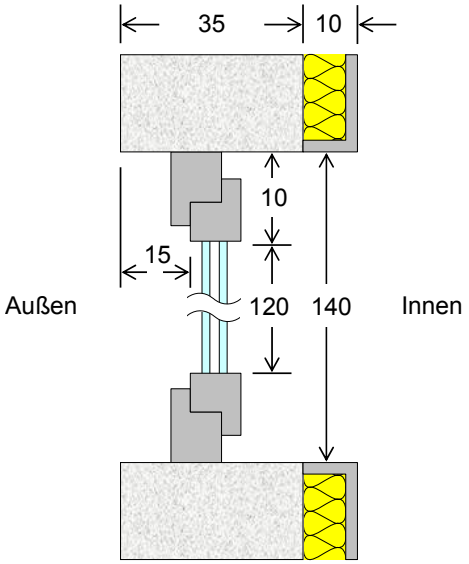


Abb. 19: Beispiel für die Verbreiterung der Fensterlaibung durch ein innenseitiges Dämmsystem (alle Maße in cm, Laibungsfläche B x H = 100 cm x 140 cm, Glasfläche B x H = 80 cm x 120 cm). Die in der Skizze dargestellte bauliche Situation diente als Grundlage zur Berechnung des Tageslichteinfalls.

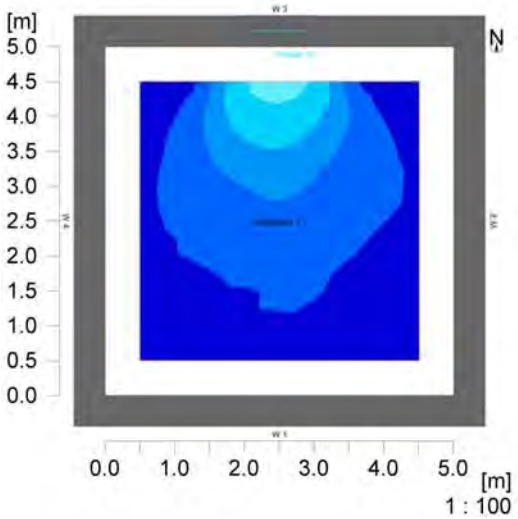


Abb. 20: Beispiel für die Berechnung des Tageslichteinfalls durch das in Abb. 19 dargestellte Fenster in den dahinter liegenden Raum (Grundriss des Raums, Rechnung bei klarem Himmel, Nordseite).

Im Folgenden sind in kurzer Form die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen aufgeführt, bei denen wie schon erwähnt zwischen bewölktem Himmel (diffuses Streulicht) und klarem Himmel (direkte Sonneneinstrahlung) zu unterscheiden ist:

- Bei bewölktem Himmel verringert sich der Tageslichtquotient durch die Innendämmung von 0,73 % auf 0,66 %. Dies entspricht einer Verminderung des Lichteinfalls um etwa 10 %.

- Bei direkter Sonneneinstrahlung hängen die Ergebnisse von der Orientierung des Fensters (Himmelsrichtung) ab. Die Verringerung der mittleren Beleuchtungsstärke im Raum durch das Dämmsystem liegt zwischen 6 % (Westseite) und 11 % Südseite. Im Mittel über alle Himmelsrichtung ergibt sich eine Verminderung des Lichteinfalls um etwa 8 %.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei der Anbringung eines innenseitigen Dämmsystems mit einer Dicke von 10 cm unter üblichen baulichen Verhältnissen mit einer Verminderung des Tageslichteinfalls von etwa 10 % zu rechnen ist. Abhängig von der Geometrie der Bauteile (Wand- und Dämmstoffdicke, Einbauposition der Fenster in der Wand, Rahmenbreite, Fläche und Seitenverhältnis der Fenster, etc.) können sich aber selbstverständlich abweichende Werte ergeben.

5 Hygrothermische und lüftungstechnische Untersuchungen

Die Lüftung von Wohnungen zählt bauphysikalisch zu den grundlegenden Themen, wenn es um den Erhalt der menschlichen Gesundheit und der Gebäudesubstanz geht. In Altbauten sorgen häufig schon zum Teil erhebliche Gebäudeundichtigkeiten für einen permanenten Luftaustausch zwischen Innen- und Außenklima. Dadurch werden häufig Feuchteschäden verhindert und mögliche Luftschadstoffkonzentrationen verdünnt. Allerdings sind bekanntermaßen derart undichte Gebäudehüllen schalldämmtechnisch unzureichend, nicht energieeffizient und beeinträchtigen zudem die thermische Behaglichkeit im Gebäudeinnern.

Um sich der zuvor skizzierten Thematik anzunähern, werden im Folgenden

- einige Aspekte der Belüftung von Wohnungen beleuchtet,

- deren normative Situation kurz angesprochen,

- im Rahmen einer dynamischen hygrothermischen Gebäudesimulation ein typisches Einfamilienhaus vor und nach einer Sanierung von schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen untersucht,

- die Ergebnisse dieser ingenieursmäßigen Betrachtung diskutiert.

5.1 Allgemeines

Wesentliche Gründe für die Belüftung von Gebäuden und Wohnungen sind:

- Austausch von verbrauchter Luft durch Frischluft, da der menschliche Organismus Frischluft für eine einwandfreie Sauerstoffversorgung des Blutes benötigt. Idealerweise sollte der CO_2-Gehalt der Raumluft den Wert von 0,1 Vol.-% (entsprechend 1000 ppm) nicht dauerhaft überschreiten [w01, w02].

- Abfuhr möglicher Innenluftverunreinigungen und Schadstoffe (Stäube, VOC aus Baustoffen, Möbeln, Wandfarbe, Bodenversiegelungen u.a.), ebenfalls zum Schutz der Gesundheit der Bewohner.

- Abtransport übermäßiger Feuchtemengen zur Sicherstellung der Hygiene (Vermeidung von Schimmelwachstum) und Gesundheit der Bewohner sowie zum Schutze der Bausubstanz [w03 - w05].

- Abfuhr von übermäßig erwärmter Raumluft infolge direkter Sonnenbestrahlung auf nicht verschattete Verglasungsflächen (zum Beispiel bei fehlender oder nicht betätigter Sonnenschutzeinrichtung).

Ein Luftwechsel kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen. Grundsätzlich können dabei folgende unterschiedliche Strategien einen Luftaustausch bewirken:

- Permanenter Luftaustausch durch Undichtigkeiten in der Gebäudehülle (führt zum Grundluftwechsel, der bei Neubauten oder nach Sanierungsmaßnahmen sehr niedrig ausfallen kann),

- Luftaustausch durch das Fensteröffnen der Bewohner (die verschiedenen Fensterflügelstellungen besitzen jeweils eine eigene Lüftungseffektivität),

- Luftaustausch durch das Betätigen kleiner Lüftungseinrichtungen am Fensterelement (Lüftungsgitter, Schiebelüfter, Falzlüfter, etc., ebenfalls mit unterschiedlichem Wirkungsgrad),

- Luftwechsel durch den Einbau und Betrieb von Lüftungsgeräten oder einer Lüftungsanlage, die in den unterschiedlichsten Ausführungsarten von einer einfachen Anlage mit Außenwandluftdurchlässen bis hin zur aufwändigen mit Wärmerückgewinnung angeboten werden.

- Wichtig beim Einbau und Betrieb von Lüftungsgeräten ist die vorherige Planung der Abluftführung im Rahmen eines Lüftungskonzeptes nach DIN 1946-6 [w08] und [w09]. Dies gilt insbesondere in den schallschutzbedürftigen Schlafräumen. Dort empfiehlt sich die Auslegung auf Nennlüftungs-Stufe während der Nachtzeit zur Sicherstellung der Lufthygiene.

- Diese Empfehlung weicht bewusst von der DIN 1946-6-Forderung einer 24-stündigen Bereitstellung einer nutzerunabhängigen Nennlüftung ab. Da während den Tagstunden die ausreichende Frischluftzufuhr durch stoßwei-

ses Fensterlüften sichergestellt werden kann, ist die nutzerunabhängige Nennlüftung nur in den Nachtstunden notwendig. Die Anwendung der DIN 1946-6 erfolgt somit bedarfsgerecht.

5.2 Feuchte

Aus den oben genannten und zum Teil lebensnotwendigen Gründen für das Lüften spielt in der Planung von Gebäuden üblicherweise der Feuchteschutz eine gewichtige Rolle. Die Feuchteentstehung, Feuchtespeicherung sowie Feuchteabtransport durch Fensterlüftung soll daher kurz näher beleuchtet werden.

Beim Bewohnen von Gebäuden entsteht durch Atmen (Mensch und Tier), Waschen und Kochen oder Pflanzen gießen, Aquarium, etc. eine durchschnittliche tägliche Feuchtelast, die je nach Haushaltsgröße und Nutzung zwischen 2 und 9 Liter beträgt [w04]. Diese erzeugten Feuchtigkeitsmengen werden zum einen in der Raumluft und zum andern in den sorptionsfähigen Stoffen der Raumumschließungsflächen und der Inneneinrichtung abgespeichert. Beispielhaft sind hierzu Tapeten, Putze, Wandbaustoffe sowie Teppiche, Vorhänge und Möbel zu nennen. Die Feuchteaufnahmekapazität der Raumluft liegt dabei deutlich unter der der Raumumschließungsflächen und Inneneinrichtung.

Wegen der unterschiedlichen Art der Feuchteeinlagerung in der Raumluft und in den sorptionsfähigen Stoffen, sind zur Abfuhr möglicher Feuchtigkeitsmengen jeweils unterschiedliche Lüftungsstrategien erforderlich: Spaltlüften und Stoßlüften. Während die Stoßlüftung nur zur kurzzeitigen Raumlufterneuerung und damit zur Abfuhr der in der Raumluft abgespeicherten Feuchtemengen geeignet ist, dient die Spaltlüftung zur Raumentfeuchtung und damit zur Abfuhr der in den Materialien abgespeicherten Stofffeuchtemengen [w06, w07].

Räume sollten abhängig von ihrer Funktion und Nutzung gelüftet werden. Beim Fensterlüften ist es erforderlich, sich an der Luftfeuchte und Geruchsbelastung des zu lüftenden Raumes zu orientieren.

Beim Stoßlüften geht es nur darum verbrauchte Luft gegen Frischluft auszutauschen. Dabei gilt als Grundregel, dass Feuchte und Schadstoffe möglichst am Entstehungsort und weitestgehend während oder unmittelbar nach ihrer Entstehung durch Stoßlüften entfernt werden sollten. Beim Stoßlüften ist es günstig, auch die Innentüren offen zu halten. Der Luftwechsel wird dann wesentlich größer, vor allem wenn Fenster an gegenüberliegenden Fassaden geöffnet sind (Stoßlüftung mit gleichzeitiger Querlüftung). Zum Abbau der "Feuchtespitzen" in Bad oder Küche durch Lüften ist es besser, die Bad- bzw. Küchentür zu schließen, da sich sonst Feuchte und Gerüche in der übrigen Wohnung verteilen können. Jedoch sind Öffnungen, die dem sicheren Betrieb von Feuerstätten dienen (so genannter Verbrennungsluftverbund), generell nicht zu verschließen.

Bei der Spaltlüftung zur Raumentfeuchtung handelt es sich um einen kontinuierlichen Luftaustausch bei dem die schleichend eintretende kalte Außenluft

durch gleichzeitiges Erwärmen in trockene Raumluft umgewandelt wird, die so größere Feuchtemengen aus den Umschließungsflächen und der Inneneinrichtung aufnehmen kann. Die Raumentfeuchtung ist somit ein Raumtrocknungsvorgang, der wegen der Wärmezuführung endotherm verläuft. Daher darf die Heizung bei der Spaltlüftung nicht abgedreht werden [w06].

Günstig zur kontinuierlichen Spaltlüftung sind Einrichtungen, die den Fensterflügel nur einen Spalt weit öffnen, zum Beispiel begrenzte Drehstellungen oder Parallelabstellung des Fensterflügels. Weitere Möglichkeiten zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Luftaustausches sind sinnvoll positionierte Außenluftdurchlässe und Lüftungsanlagen. Wegen der Temperaturschichtung in beheizten Räumen besitzen gekippte Fenster keine ausreichende Lüftungseffektivität. Insbesondere bei kalten Außentemperaturen führt ein dauerndes Kipplüften ohne Begrenzung der Öffnungsweite zu hohen Wärmeverlusten und einem Auskühlen der Fensterleibung, was zu vermeiden ist.

Es zeigt sich, dass die Abfuhr der in Wohnungen auftretenden Feuchtemengen bewusst und gezielt durchzuführen ist, um Feuchteschäden auf lange Sicht zu vermeiden. Allerdings steht insbesondere die Frage im Raum, wie das Gebäude nach erfolgter Schallschutzmaßnahme effektiv belüftet werden soll. Da eine sonst übliche Lüftungsmöglichkeit über offene Fensterelemente aus Schallschutzgründen hier ausfällt (nur geschlossene, luftdichte Schallschutzfenster besitzen einen ausreichenden Schallschutz) bleibt generell nur der Einbau von geeigneten Lüftungselementen zur Sicherung der notwendigen Luftvolumenströme. Gemäß [w08] ist hierfür ein Lüftungskonzept zu erstellen, dass die notwendigen Luftvolumenströme zur Sicherung der hygienischen Anforderungen und des Bautenschutzes benennt und die entsprechende Auslegung der Lüftungsgeräte vornimmt, siehe hierzu auch [w09] [w10] [w11].

5.3 Raumlufttechnik-Norm DIN 1946-6: Lüftung von Wohnungen

Die Norm DIN 1946-6 [w08] stellt eine Norm der Raumlufttechnik dar und behandelt im Teil 6 die Lüftung von Wohnungen. Die Norm bildet im Rahmen der schallschutztechnischen Sanierung der Wohngebäude in den Umlandgemeinden die Grundlage zur Lüftungsauslegung, zumindest in den schutzbedürftigen Räumen. Daher sollen im Folgenden einige wichtige Begriffe und Zusammenhänge der DIN 1946-6 kurz erläutert werden.

5.3.1 Lüftungsstufen gemäß DIN 1946-6

Generell unterscheidet die DIN 1946-6 [w08] vier Lüftungsstufen unterschiedlicher Intensität, die auch in einem Lüftungskonzept gemäß [w08] berücksichtigt werden. Es sind dies:

- Lüftung zum Feuchteschutz (nach [w08] die "notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten"),

- Reduzierte Lüftung (nach [w08] die "notwendige Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten- und Stofflasten"),

- Nennlüftung (nach [w08] die "notwendige Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit der Nutzer (Normalbetrieb)"),

- Intensivlüftung (nach [w08] die "zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb)").

Da für alle Lüftungssysteme nach [w08] im Fall der freien Lüftung davon auszugehen ist, "dass die Nutzer durch manuelles Fensteröffnen den notwendigen Außenluftvolumenstrom für die Lüftungsstufen, für die die Einrichtungen zur freien Lüftung nicht ausgelegt sind, unterschiedlich intensiv ergänzen" müssen, wird deutlich, dass zur Realisierung der notwendigen Luftvolumenströme nutzerunabhängige Maßnahmen durch nutzerabhängige ergänzt werden. Ein Lüftungskonzept setzt sich daher aus nutzerunabhängigen und nutzerabhängigen Komponenten zusammen.

Im Fall der ventilatorgestützten Lüftung soll das Lüftungssystem nach DIN 1946-6 [w08] die Lüftungsstufe "Nennlüftung" sicherstellen und zwar explizit ohne Nutzerunterstützung. Die Lüftungsstufe "Nennlüftung" schließt die beiden niedrigeren Lüftungsstufen "Lüftung zum Feuchteschutz" und "Reduzierte Lüftung" mit ein. Zum Erreichen der "Intensivlüftung", der höchsten Lüftungsstufe gemäß DIN 1946-6 [w08], darf "von einer Nutzerunterstützung (zeitweiliges manuelles Fensteröffnen) ausgegangen werden." Auch im Fall der ventilatorgestützten Lüftung zeigt sich, dass zur Sicherstellung aller Lüftungsstufen nach DIN 1946-6, nutzerunabhängige Maßnahmen durch nutzerabhängige ergänzt werden.

5.3.2 Einsatz von Zuluftgeräten

Die geplante Verwendung des dezentralen Wandlüfters AEROPAC SN der Firma Siegenia-Aubi KG im Rahmen der schallschutztechnischen Sanierung der Wohngebäude in den Umlandgemeinden kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn eine entsprechendes Lüftungskonzept erstellt wird. Nur so kann die Lüftungseffektivität der Schlafräume während der Nachtstunden sichergestellt werden. Eine bloße Installation solcher Lüftungsgeräte ohne Planung der notwendigen Abluftströme ist bauphysikalisch unzureichend. Hierzu lässt sich folgendes ausführen:

Das angesprochene Zuluftgerät "AEROPAC SN" besitzt die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) mit Zulassungsnummer Z-51.5-206 [w15]. In der aktuellen Ausgabe vom 7. November 2014, wie auch in der abgelaufenen, nicht mehr gültigen Fassung vom 4. No-

vember 2009 wird im Zulassungstext unter Ziffer 1.1 (Zulassungsgegenstand) erläutert: "Gegenstand dieser Zulassung ist der dezentrale Wandlüfter AEROPAC SN. Der Wandlüfter saugt ventilatorgestützt Außenluft an und führt diese gefiltert dem zu belüftenden Raum zu." Weiter wird unter Ziffer 1.2 (Anwendungsbereich) ausgeführt: "Der dezentrale Wandlüfter AEROPAC SN ist als Zuluftgerät für die Belüftung von Räumen, Wohnungen oder vergleichbaren Nutzungseinheiten in Verbindung mit geeigneten Möglichkeiten zur Luftabströmung verwendbar."

In Ziffer 3.1 "Lüftungstechnische Anforderungen" der bauaufsichtlichen Zulassung Z-51.5-206 [w15] des dezentralen ventilatorbetriebenen Wandlüfters AEROPAC SN heißt es hierzu näher: "Entwurf, Bemessung und Ausführung der gesamten Lüftungsanlage müssen so erfolgen, dass möglichst keine Luft aus Küche, Bad sowie WC in andere Räume überströmt. Die zuluftseitige Bemessung muss so erfolgen, dass sich für den planmäßigen Zuluftvolumenstrom in der Wohnung oder vergleichbaren Nutzungseinheit kein größerer Unterdruck als 8 Pa gegenüber dem Freien einstellt . Geeignete Möglichkeiten zur Luftabströmung sowie ausreichend dimensionierte Überströmöffnungen zwischen den Zu- und Ablufträumen müssen vorhanden sein. Die Anzahl der zu installierenden Lüftungsgeräte ist von der Größe des jeweils zu belüftenden Raumes abhängig und nach Planungsvorgaben zu bestimmen."

Mit dieser in der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung genannten Eigenschaften und Verwendungshinweise des Wandlüfters AEROPAC SN handelt es sich gemäß DIN 1946-6 [w08], Ziffer 8.2.1, Tabelle 16 eindeutig um eine Lüftungskomponente (Zuluftdurchlass ZuLD) eines ventilatorgestützten Lüftungssystems. Gemäß Ziffer 8.2.5 der genannten Norm [w08] erfolgt die Auslegung der Zuluftdurchlässe bei Zuluftsystemen für Reduzierte Lüftung und für Nennlüftung bei geschlossenen Fenstern sowie unter der Annahme, dass über die Undichtheiten der jeweiligen Gebäudehülle ein wirksamer Luftvolumenstrom durch Infiltration auftritt. Basis für den Nachweis eines ausreichend wirksamen Luftvolumenstroms über die Gebäudehülle ist die Gleichung (13) aus DIN 1946-6 [w08] unter Ziffer 6.2. In Gleichung (13) wird der wirksame Außenluftvolumenstrom durch Infiltration unter Berücksichtigung des Luftvolumens der Nutzungseinheiten, dem (Auslegungs-) Luftwechsel, dem (Auslegungs-) Differenzdruck , einem Druckexponenten sowie zweier Korrekturfaktoren für den wirksamen Infiltrationsluftanteil bezogen auf die Lüftungskomponente selbst und der Gebäudelage ermittelt. Die entsprechenden Werte für den Korrekturfaktor für den wirksamen Infiltrationsluftanteil sind explizit auch für Zuluftsysteme der Tabelle 8 der DIN 1946-6 zu entnehmen. Tabelle 9 liefert die Vorgabewerte für den Auslegungs-Luftwechsel, Tabelle 10 die Werte für den Auslegungsdifferenzdruck. Sollte der Luftvolumenstrom über Infiltration aufgrund der Gebäudedichtheit für einen wirkungsvollen Betrieb der Zuluftkomponente (mindestens Erreichen des Nennlüftungsniveaus zur Sicherung der hygienischen Anforderungen und des Bautenschutzes im Normalbetrieb) nicht ausreichen, müssen geeignete Abluftkomponenten (AbLD) geplant werden. Dabei ist selbstver-

ständlich die Aufteilung der Luftvolumenströme gemäß Ziffer 8.1.5.2 der DIN 1946-6 [w08] zu berücksichtigen.

Generell bleibt festzuhalten, dass lüftungstechnische Maßnahmen in einer Nutzungseinheit gemäß DIN 1946-6 nach Ziffer 4.2 sowieso erforderlich werden, wenn der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz gemäß Tabelle 5 der DIN 1946-6 [w08] höher ist als der Luftvolumenstrom, der durch Infiltration erreicht werden kann.

Dieser erste Überblick über die genannten Schritte, die je nach Gebäude im tatsächlichen Einzelfall gemäß DIN 1946-6 auch deutlich detaillierter ausfallen können, lassen keinen Zweifel darüber, dass die wirkungsvolle Verwendung des Wandlüfters AEROPAC SN als ventilatorgestützte Lüftungskomponente nur im Zusammenhang mit der Erstellung eines Lüftungskonzeptes gemäß DIN 1946-6 gesichert werden kann. Ein bloßer Einbau des Wandlüfters ohne Lüftungskonzept sichert nicht automatisch eine ausreichende Lüftung der jeweiligen Nutzungseinheit. Insbesondere wenn man bedenkt, dass die Dichtigkeit der Gebäudehülle im Rahmen der schallschutztechnischen Ertüchtigung klar zunehmen dürfte und damit der Luftaustausch durch Infiltration deutlich reduziert werden dürfte.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass in der 18-seitigen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) mit Zulassungsnummer Z-51.5-206 [w15] für den dezentralen Wandlüfter AEROPAC SN gemäß der dortigen Ziffer 1.1 "Zulassungsgegenstand" ausdrücklich vermerkt ist: "Schalldämmeigenschaften der Wandlüfter sind nicht Gegenstand dieser Zulassung". Bezüglich des Schallschutzes sei auf Ziffer 5.3.9. "Erhöhte Anforderungen an den Schallschutz" in DIN 1946-6 [w08] verwiesen. Darin ist vermerkt, dass die Geräuschbelastung im Wohnungsbau "vor allem durch die Schallemission von Geräten (z.B. Ventilatoren und Wärmepumpen) und die Schallübertragung (Luft- und Körperschall) charakterisiert" wird. Weiter heißt es: " Im Aufenthaltsbereich kann der wahrgenommene Schalldruckpegel gemessen werden. Die schalltechnischen Kennwerte für Ventilatoren in Lüftungsanlagen und für Lüftungsgeräte (Schallleistungspegel) sind in den Produktangaben des jeweiligen Herstellers nach DIN 4719 [w16] zu entnehmen." Zudem wird auf die DIN 4109 [s02] und das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ verwiesen, das bei Einbau von Lüftungskomponenten nicht unterschritten werden darf.

Die Ausführungen zeigen klar, dass beim Einbau von Zuluftgeräten ohne Lüftungskonzept nach [w08] eine Sicherstellung der Lüftung zum Feuchteschutz, der Reduzierten Lüftung und der Nennlüftung nicht sichergestellt ist und damit nach DIN 1946-6 unzulässig ist.

5.4 Lüftungskonzept – bauphysikalisch grundlegende Aspekte

Die Durchführung eines Lüftungskonzepts, wie in Ziffer 5.3.2 zuvor beschrieben, unterstützt die Erfüllung der nachfolgend genannten bauphysikalisch grundlegenden Ziele:

- Effektive Zu- und Abluftführung,
- Erhaltung der Luftqualität,
- Vermeidung von Schimmelwachstum,
- Wahrung der thermischen Behaglichkeit während des Lüftens.

Eine Planung unter Berücksichtigung oben genannter Aspekte ist ingenieursmäßig wirkungsvoll mit einer dynamischen Gebäudesimulation zu bewerkstelligen. Die Gebäudesimulation findet zunehmend auch ihren Stellenwert in der Normung, zum Beispiel seit dem Jahr 2013 beim Sonneneintragskennwertverfahren in der DIN 4108-2 [w3] und bei der Berechnung der Lüftungseffektivität in der aktuell laufenden Änderung des Fachbericht Schimmel [w4], der in eine DIN 4108-8 übergeführt werden soll. Ebenso findet sich in der DIN EN 15251 aus dem Jahr 2007 [w17] bereits der Hinweis zu "Ganzjahrescomputersimulation des Raumklimas und der Energieeffizienz": "Durch dynamische Computersimulationen können für repräsentative Räume in einem Gebäude die Raumtemperaturen, Lüftungsraten und/oder CO_2-Konzentrationen berechnet werden." Aus diesem Grund werden derartige dynamische Gebäudesimulationen im Folgenden durchgeführt.

5.5 Hygrothermische Gebäudesimulation

In der nachfolgenden dynamischen Gebäudesimulation wird beispielhaft ein typisches Einfamilienhaus modelliert und mit den entsprechenden Eingangsparametern und klimatischen Randbedingungen als Bestandsgebäude (Zustand vor der Sanierung) für ein vollständiges Jahr simuliert. Anschließend erhält das Gebäude fiktiv in der Simulation eine schallschutztechnische Ertüchtigung der entsprechenden Bauteile in den schutzbedürftigen Räumen (Zustand Teilsanierung) Danach wird es erneut einer Ganzjahressimulation unterzogen und die Ergebnisse aus beiden Simulationen betrachtet. Da wegen der hohen Anzahl an Gebäuden der Umlandgemeinden im Rahmen dieses Berichts nicht alle Varianten möglicher Teilsanierungen durchgeführt werden konnten, ist eine kleine Auswahl von immerhin insgesamt 8 denkbaren Teilsanierungsvarianten betrachtet worden.

5.5.1 Rechnerische Untersuchung

Die möglichen bauphysikalischen Auswirkungen eines schallschutztechnischen Sanierungsvorhabens an einem Modell-Einfamilienhaus wird mit Hilfe des am

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) entwickelten und vielfach experimentell validierten Verfahrens zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen WUFI® [w18] durchgeführt. Das Programm WUFI® entspricht vollständig den Anforderungen der DIN EN 15026 [w19] für hygrothermische Simulationen. Hauptsächlich verwendet wird das Gebäudesimulationsmodell WUFI® Plus und das darin integrierte Multi-Zonen-Modell zur Gebäudedurchströmung. Eine Eignung der Software für diesen Zweck ist unter anderem in [w20] beschrieben.

Zur Berechnung werden Geometrie und weitere Angaben aus einem typischen Einfamilien-Beispielhaus, wie es auch für Untersuchungen im Rahmen der DIN-Normung herangezogen wird und dort bewährt hat. Die festgelegten Bauteilaufbauten, Sollwerteinstellungen, inneren Lasten, Wetterdaten sowie die zur Verfügung stehende Anlagentechnik sind nachfolgend dokumentiert.

Für das Einfamilienhaus werden mehrere Varianten vor und nach der schallschutztechnischen Sanierung berechnet. Bewertet werden der erzielbare Luftwechsel je Zone (= Raum), die Raumluftqualität, das Risiko für Schimmelpilzwachstum, der Heizwärmebdearf sowie die Wärmebrückenwirkung von einem innengdämmten Raum zu einem nicht schutzbedürftigen Raum.

5.5.2 Übersicht der Varianten

lfd. Nr.	Bezeichnung	Innendämmung 60 mm	Innendämmung 100 mm	Schallschutz-Fenster neu	Luftwechsel Stoßlüften	Luftwechsel mechanische Lüftung
1	Bestandsgebäude	nein	nein	nein	nein	nein
2	Bestandsgebäude	nein	nein	nein	5 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	nein
3	Gebäude teilsaniert	nein	ja	ja	2 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	ja, Zonen 4, 5, 8, 9, 10
4	Gebäude teilsaniert	nein	ja	ja	5 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	nein
5	Gebäude teilsaniert	nein	ja	ja	2 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	**ja, nur Zonen 8, 9, 10 und nur 22 bis 6 Uhr** (für alle neuen Varianten Nr. 5 bis 8)
6	Gebäude teilsaniert	nein	nein	ja	5 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	
7	Gebäude teilsaniert	ja	nein	ja	5 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	
8	Gebäude teilsaniert	nein	ja	ja	2 Minuten, 2x täglich (Zone 5: 1x)	

Variante ohne Innendämmung im Schlafzimmer

Tab. 6: Übersicht der Varianten mit den entsprechenden Teilsanierungsmaßnahmen. Die Gebäudezonen werden in Ziffer 5.6 bei der Vorstellung des Gebäudemodells näher erläutert.

5.5.3 Simulations-Zeitraum

Die durchgeführten Gebäudesimulationen werden über einen Simulationszeitraum von einem Jahr, mit Start am 1.Oktober durchgeführt. Sämtliche Ergebnisse werden stündlich gespeichert (8760 Stundenwerte) und zur weiteren Auswertung aufbereitet. Es wird angenommen, dass das Einfamilienhaus über den gesamten Zeitraum bewohnt wird.

5.5.4 Gebäudestandort / Klimadaten

In der umfangreichen WUFI-Wetterdatenbank findet sich als geeigneter Außenklimadatensatz, 30 km Luftlinie vom Flughafen Schönefeld BER entfernt, das Testreferenzjahr von Potsdam (Version 2004). Der Jahresverlauf der Temperatur und Luftfeuchtigkeit ist in Abb. 21 dargestellt. Hinweis: Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden in diesem Klimadatensatz keine Niederschlagsmengen und daher vereinfachend auch keine Schlagregenmengen auf die Außenbauteile des Gebäudes berücksichtigt.

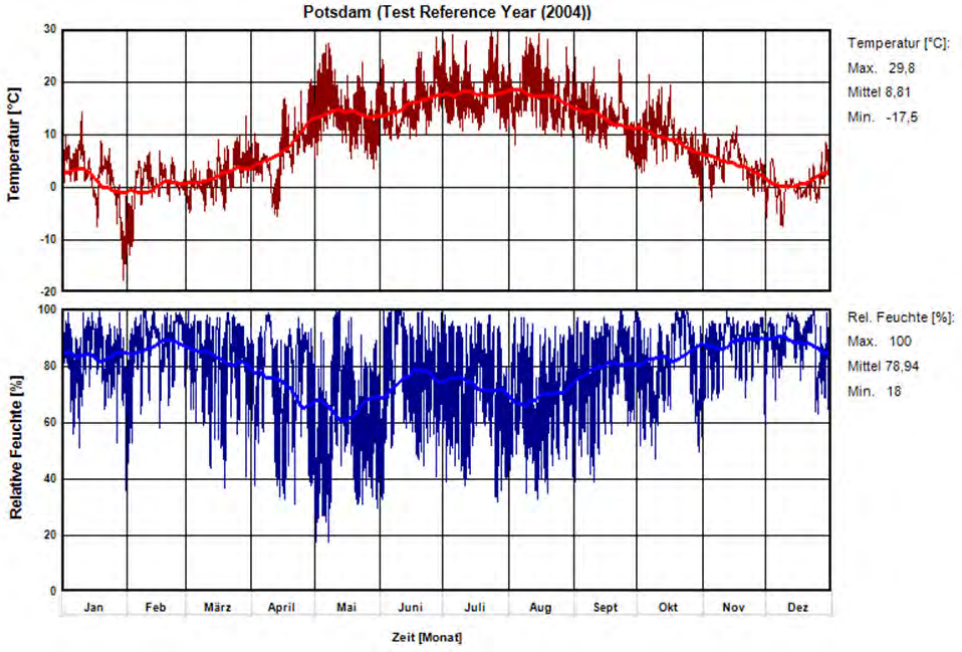


Abb. 21: Angewendete Klimadaten, Jahresverlauf der Außenlufttemperatur und -feuchte am Standort Potsdam.

5.5.5 Innere Wärme-, Feuchte-, CO_2-Quellen

Es wird angenommen, dass 4 Personen das Einfamilienhaus bewohnen. Die Personen geben während ihrer Anwesenheit in einem Raum Wärme, Feuchte und CO_2 an diesen ab. Tagesprofile definieren die Wärme- und Feuchteabgabe, sowie die CO_2 Produktion infolge der Anwesenheit der Bewohner. Der Nutzungsart eines Raumes entsprechend sind die zur Simulation verwendeten Profile der WUFI Plus Datenbank entnommen. Diese werden täglich, über den ge-

samten Simulationszeitraum, jedoch zwischen Wochentag und Wochenende variierend angesetzt. In den Profilen ist ebenfalls auch ein Zuschlag für den Wärmeeintrag durch Haushaltsgeräte enthalten (Abb. 22). Der Feuchteeintrag durch Raumpflanzen, Wäschetrocken innerhalb der Wohnung und Duschen, oder Baden, wurde ebenfalls bei der Erstellung der Tagesprofile (Abb. 23) berücksichtigt. In Tab. 6 bis Tab. 11 sind die verwendeten Tagesprofile gelistet.

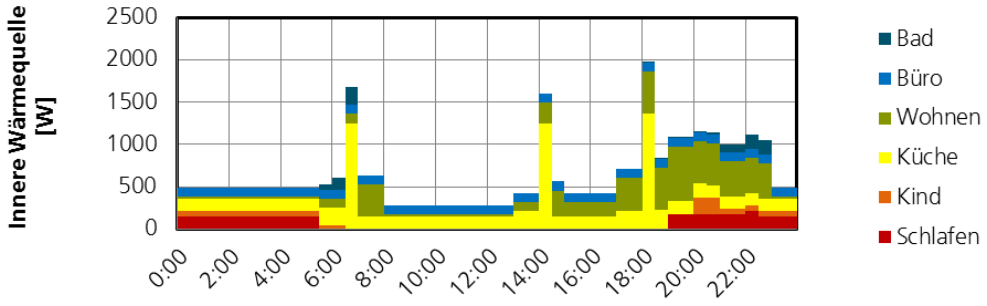


Abb. 22: Darstellung der inneren Wärmequellen, wie sie wochentags je Zone und Raumtyp in der Gebäudesimulation berücksichtigt wurden.

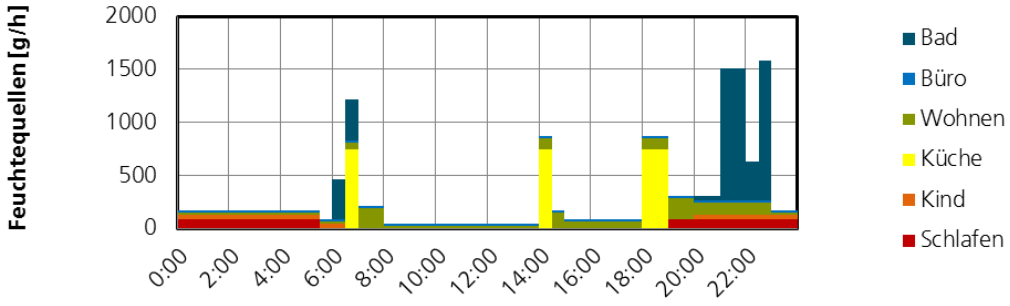


Abb. 23: Darstellung der inneren Feuchtequellen, wie sie wochentags je Zone und Raumtyp in der Gebäudesimulation berücksichtigt wurden.

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 5:30	94	47	88	30
5:30 - 19	1	0,5	0	0
19 - 22	114	57	88	0
22 – 22:30	138	69	207	18
22:30 - 24	94	47	88	30

Tab. 7: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion im Schlafzimmer.

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 5:30	46	23	44	20
5:30 – 6:30	24	12	44	10
6:30 - 20	0	0	0	0
20 - 21	136	68	204	36
21 - 24	4	23	44	20

Tab. 8: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion im Kinderzimmer.

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 5:30	22	11	20	0
5:30 – 6:30	70	35	20	16
6:30 - 7	70	35	64	34
7 – 7:30	256	128	196	238
7:30 – 8	256	128	196	0
8 - 13	22	11	20	0
13 - 14	70	35	20	34
14 – 14:30	162	81	108	118
14:30 - 15	208	104	152	104
15 - 17	116	58	64	34
17 - 18	258	129	64	70
18 - 19	330	165	108	118
19 - 20	422	211	196	139
20 - 21	330	165	108	70
21 – 23	282	141	108	34
23 - 24	22	11	20	0

Tab. 9: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion im Wohnzimmer.

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 24	70	3547	20	18

Tab. 10: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion im Arbeitszimmer (Büro).

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 5:30	94	47	0	0
5:30 – 6:30	142	71	0	8
6:30 - 7	834	417	744	34
7 - 13	94	47	0	0
13 – 14	142	71	0	34
14 – 14:30	834	417	744	60
14:30 – 17	94	47	0	0
17 – 18	142	71	0	34
18 – 18:30	904	457	744	60
18:30 - 19	152	77	0	0
19 – 20:30	108	54	0	0
20:30 – 24	94	47	0	0

Tab. 11: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion in der Küche.

Uhrzeit Mo-So	Wärmeabgabe konvektiv [W]	Wärmestrahlung [W]	Feuchteeintrag [g/h]	CO_2-Produktion [g/h]
0 – 5:30	0	0	0	0
5:30 - 6	46	23	0	16
6 – 6:30	94	47	384	16
6:30 - 7	140	70	384	16
7 – 18	0	0	0	0
18 - 20	6	3	0	0
20 - 21	14	7	44	0
21 - 22	60	30	1250	34
22 – 22:30	110	55	372	18
22:30 – 23	110	55	1322	18
23 - 24	0	0	0	0

Tab. 12: Tagesprofil der Wärme-, Feuchte- und CO_2-Produktion im Bad.

5.5.6 Heizung

Es wird angenommen das die Heizungsanlage des Einfamilienhauses stets so viel Heizwärme erzeugen kann, damit die minimale Auslegungs-Innenraumtemperatur nicht unterschritten wird. Bei der Simulation wird somit die ideale Anlagentechnik zur Berechnung des notwendigen Heizwärmebedarfs verwendet.

Eine aktive Kühlung ist im Rahmen dieser Untersuchung nicht vorgesehen.

5.5.7 Luftwechsel

Der Luftwechsel zwischen der Außenluft und den Räumen, sowie zwischen den Räumen selbst, wird simuliert. Ein Mehrzonen - Gebäudedurchströmungsmodell wird zur Berechnung der stündlichen Luftvolumenströme, abhängig von Druckdifferenzen aktiviert. Zur Berechnung der Druckdifferenzen werden Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit berücksichtigt. Der jeweilig resultierende Luftdruck innerhalb jeder Zone wird anhand eines komplexen Strömungsnetzwerkes berechnet. Das Strömungsnetzwerk wird gebildet durch luftdurchlässige Gebäudebauteile und Räume, bzw. Zonen, welche über die Gebäudebauteile gekoppelt sind. Somit wird der Luftwechsel zwischen sämtlichen definierten Zonen (interzonaler Luftwechsel), sowie zwischen jeder Zone und der Außenluft (natürlicher Luftwechsel) simuliert. Die Menge der Luft, welche durch die luftdurchlässigen Gebäudebautele strömen kann wird mit unterschiedlichen Strömungspfad-Simulationsmodellen, entsprechend der Art der Durchströmung, berechnet. Je nach Strömungspfad-Modell sind hierfür angenommene, oder anhand von Messdaten ermittelte Strömungsparameter notwendig. Eine Beschreibung des Gebäudedurchströmungsmodells befindet sich in [w21].

Die verwendeten Strömungsparameter für sämtliche als luftdurchlässig angenommene Gebäudebauteile sind so angesetzt, dass im geschlossenen Zustand eine definierte Luftdurchlässigkeit erzeugt wird. Die hierfür angesetzte Luftwechselrate über der Bezugsdruckdifferenz in Höhe von 50 Pa über der Gebäudehülle nach DIN EN 13829 [w22] beträgt im Rahmen dieser Untersuchung n_{50} = 5 h^{-1}, bzw. in den sanierten Räumen n_{50} = 1,5 h^{-1}.

Diese Luftdurchlässigkeit wird den Gebäudebauteilen (Außenwänden und Fenstern) zugeordnet. Speziell für Fenster und Innentüren kann per Zeitplan definiert werden, ob und wann diese geschlossen, oder geöffnet werden und somit die natürliche Fensterlüftung abgebildet werden. Die Innentüren sollen eher häufig offen stehen, bzw. auch Überströmöffnungen vorzeigen.

Fenster im Bestandsgebäude werden nach Klasse 1 gemäß DIN EN 12207 [w23] angenommen mit entsprechender Referenzdurchlässigkeit bei 100 Pa von 12,5 m³/(h m). Im sanierten Fall sollen Fenster der Klasse 4 eingebaut werden mit geänderter Referenzdurchlässigkeit von 0,75 m³/(h m).

5.6 Gebäudemodell Einfamilienhaus

Sämtliche Räume und Flure des Einfamilienhauses (Abb. 24) wurden in insgesamt 10 beheizte Zonen und drei unbeheizte Zonen eingeteilt. Unbeheizt wird ein Großteil des Kellers, die beiden Dach-Abseiten, sowie der Dachboden. Die Grenzen der Zonen bilden die Außen- und Innenwände, bzw. –Bauteile. Diese Aufteilung in Zonen ermöglicht es, dass für jede Zone ein eigenes dort herrschendes Innenklima simuliert werden kann. Die Bezeichnungen, bzw. die

Nummerierungen der jeweiligen Zonen sind auf den folgenden Grundrissen eingetragen.

Eine Übersicht über alle Zonen aus allen Grundrissen (Abb. 25 bis Abb. 27) liefert Tab. 13. Für jede Zone sind dort neben Grundfläche und Nettovolumen auch die minimalen und maximalen Auslegungstemperaturen angegeben.

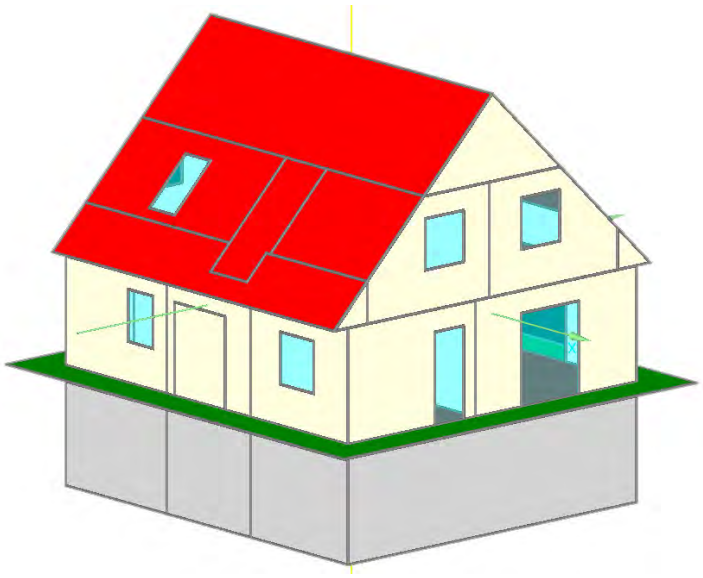


Abb. 24: 3D-Visualisierung des Gebäudemodells mit WUFI Plus.

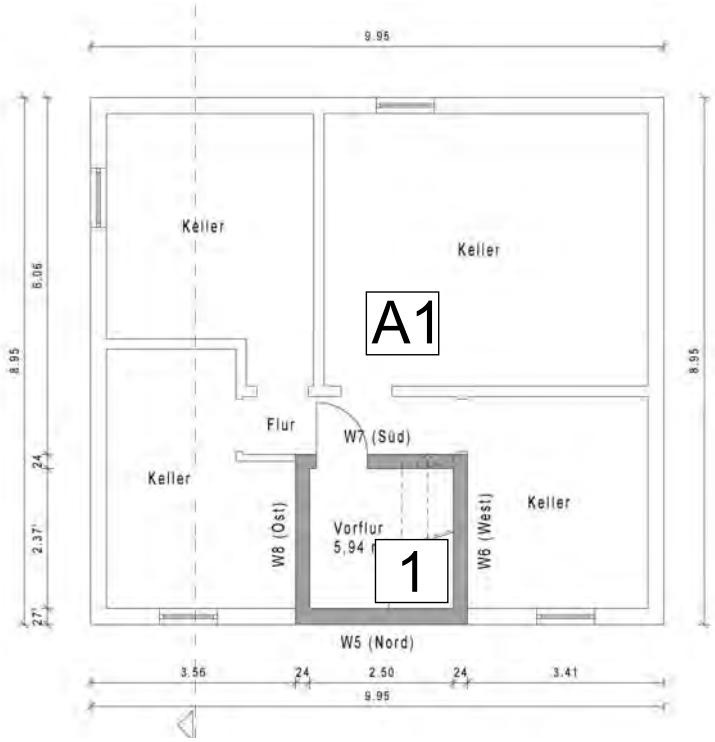


Abb. 25: Kellergeschoss-Grundriss EFH mit Zoneneinteilung.

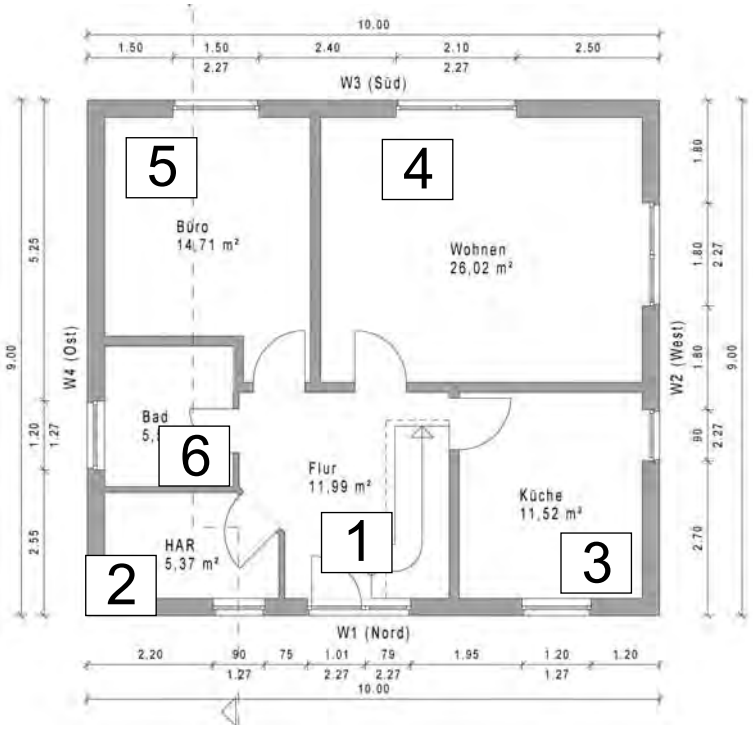


Abb. 26: Erdgeschoss-Grundriss des Modellhauses mit Zoneneinteilung.

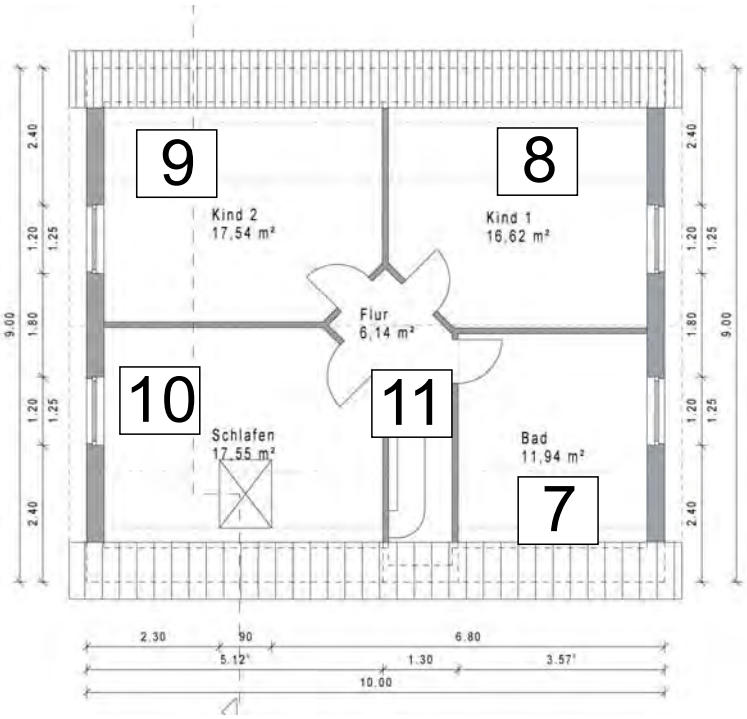


Abb. 27: 1.Obergeschoss-Grundriss EFH mit Zoneneinteilung.

5.6.1 Zonen- und Raum-Übersicht

Zone Nr.	Bezeichnung	Fläche [m²]	Netto-Volumen [m³]	Min. Design Temperatur [°C]	Max. Design Temperatur [°C]
1	Flur/Treppenhaus	24,07	56,62	20	24
2	HAR	5,37	12,77	20	24
3	Küche	11,52	27,36	20	24
4	Wohnen	26,02	61,79	20	24
5	Büro	14,71	34,96	20	24
6	Bad EG	5,51	13,15	20	24
7	Bad OG	11,94	28,35	20	24
8	Kind 1	16,62	39,44	20	24
9	Kind 2	17,55	41,04	20	24
10	Schlafen	17,55	41,04	20	24
A1	Unbeheizter Keller	-	-	-	-
A2	Unbeheizte Abseite/Dach	-	-	-	-
A3	Unbeheizter Dachboden	-	-	-	-
	Summe	150,86	356,88		

Tab. 13: Modellhaus-Zoneneinteilung mit Auslegungs-(Design-)Temperatur.

Teilsanierung für		Fenster neu	Innendämmung	mechanische Lüftung
Raum	**Zone**			
Flur	1		nein	nein
HAR	2		nein	nein
Küche	3		nein	nein
Wohnen	**4**	ja	ja	ja
Büro	**5**	ja	ja	ja
Bad EG	6		nein	nein
Bad OG	7		nein	nein
Kind 1	**8**	ja	ja	ja
Kind 2	**9**	ja	ja	ja
Schlafen	**10**	ja	ja	ja

Tab. 14: Übersicht der angenommenen Teilsanierungen nach Raumzonen, hier beispielhaft für die Varianten 3 und 4 gemäß Tab. 6.

Teilsanierung für		Fenster neu	Innendämmung	mechanische
Raum	**Zone**			**Lüftung**
Flur	1		nein	nein
HAR	2		nein	nein
Küche	3		nein	nein
Wohnen	**4**	ja	ja	**nein**
Büro	**5**	ja	ja	**nein**
Bad EG	6		nein	nein
Bad OG	7		nein	nein
Kind 1	**8**	ja	ja	ja
Kind 2	**9**	ja	ja	ja
Schlafen	**10**	ja	**nein**	ja

Tab. 15: Übersicht der angenommenen Teilsanierungen nach Raumzonen, hier für die Varianten 7 und 8.

Nachfolgend werden die Bauteile des Modell-Gebäudes näher vorgestellt.

5.7 Gebäudebauteile

Im Gebäudemodell vor der schalltechnischen Sanierung (modellhaftes Bestandsgebäude) wird die Außenwand als eine 300 mm dicke Bimsbaustein-Wand angenommen (Tab. 16). Im gedachten (modellhaften) Sanierungsfall wird in den zu sanierenden, d.h. in den schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen, an den entsprechenden Außenwänden innenseitig eine 100 mm Innendämmung mit Mineralwolle aufgebracht (Tab. 17).

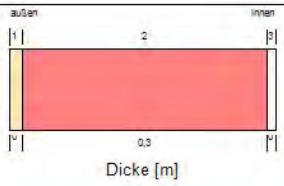
Konstruktion (Id.2): Außenwand

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 2,212 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient(U-Wert): 0,42 W/m²K

Dicke: 0,325 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Mineral Plaster (stucco, A-value: 0.1 kg/m2h0.5)	1900	850	0,8	0,015	
2	Concrete Blocks, pumice aggregate	664	850	0,14	0,3	
3	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,01	

Tab. 16: Schichtenaufbau der Außenwand vor der Sanierung.

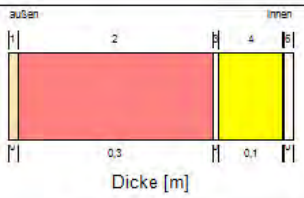
Konstruktion (Id.10): Außenwand Saniert

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 4,787 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient(U-Wert): 0,2 W/m²K

Dicke: 0,441 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Mineral Plaster (stucco, A-value: 0.1 kg/m2h0.5)	1900	850	0,8	0,015	
2	Concrete Blocks, pumice aggregate	664	850	0,14	0,3	
3	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,01	
4	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,1	
5	vapour retarder (sd=2m)	130	2300	2,3	0,001	
6	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,015	

Tab. 17: Schichtenaufbau der Außenwand nach der Sanierung.

An der Außenwandoberfläche werden die für derartige Gebäudesimulationen üblichen Kennwerte der kurzwelligen Strahlungs-Absorption in Höhe von 0,4 und eine langwellige Emission von 0,9 für beide Ausführungsarten (vor und nach der schallschutztechnischen Sanierung) angenommen. Die Außenwand wird im Rahmen dieser Untersuchung nicht verschattet.

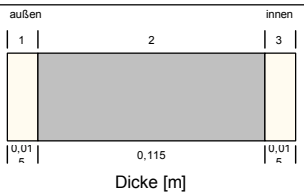
Auf der Innenseite der Wandoberfläche wird für beide Ausführungsvariante eine wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke nach DIN 4108-3 [w05] in Höhe von s_d = 0,1 m; entsprechend einem gewöhnlichem Innenanstrich, angenommen.

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 1,108 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient(U-Wert): 0,69 W/m²K

Dicke: 0,145 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,015	
2	Aerated Concrete (density: 500 kg/m³)	500	850	0,12	0,115	
3	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,015	

Tab. 18: Schichtenaufbau der Innenwand.

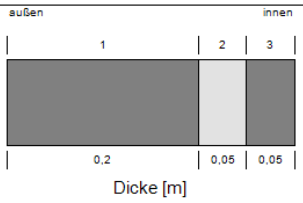
Konstruktion (Id.1): Innendecke

homogene Schichten

Wärmeübergangswiderstand: 1,319 m²K/W

Wärmeübergangskoeffizient(U-Wert): 0,6 W/m²K

Dicke: 0,3 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Concrete, C12/15	2200	850	1,6	0,2	
2	Mineral Insulation Board	115	850	0,043	0,05	
3	Concrete Screed, mid layer	1970	850	1,6	0,05	

Tab. 19: Schichtenaufbau der Innendecke.

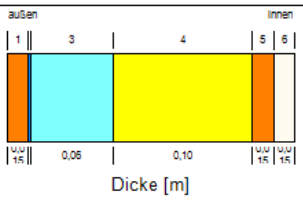
Konstruktion (Id.11): Dach beheizt bestand

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 3,087 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient(U-Wert): 0,31 W/m²K

Dicke: 0,206 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Softwood	400	1500	0,09	0,015	
2	weather resistive barrier (sd=0,5m)	130	2300	2,3	0,001	
3	Air Layer 60 mm; without additional moisture capacity	1,3	1000	0,337	0,06	
4	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,1	
5	Softwood	400	1500	0,09	0,015	
6	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,015	

Tab. 20: Schichtenfolge des Daches im Bestandsgebäude.

Es wird eine kurzwellige Strahlungs-Absorption von 0,68 und eine langwellige Emission von 0,9 an der Außenoberfläche angenommen. Die Dachfläche wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht verschattet und es wird keine langwellige Strahlungsbilanz berechnet. Des Weiteren wird kein direkter Regen berücksichtigt, da die Dacheindeckung nicht simuliert wird und das Wasser über diese abgeführt werden soll.

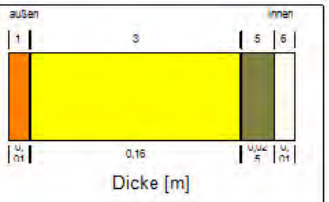
Konstruktion (Id.3): Dach beheizt Saniert

Homogene Schichten

Wärmedurchlasswiderstand: 4,451 m²K/W (ohne Rsi,Rse)

Wärmedurchgangskoeffizient(U-Wert): 0,22 W/m²K

Dicke: 0,217 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Softwood	400	1500	0,09	0,015	
2	weather resistive barrier (sd=0,5m)	130	2300	2,3	0,001	
3	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,16	
4	vapour retarder (sd=5m)	130	2300	2,3	0,001	
5	medium density fibreboard #2	508	1700	0,12	0,025	
6	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,015	

Tab. 21: Schichtenfolge des Daches nach der Sanierung. Dabei wird die Sparrenhöhe vollständig mit Mineralwolle aufgefüllt.

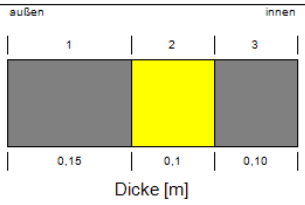
Konstruktion (Id.5): Kellerfußboden und Decke zum unbeh. Keller

homogene Schichten

Wärmeübergangswiderstand: 2,656 m²K/W

Wärmeübergangskoeffizient(U-Wert): 0,35 W/m²K

Dicke: 0,35 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Concrete, w/c=0.5	2300	850	1,6	0,15	
2	Mineral Wool (heat cond.: 0,04 W/mK)	60	850	0,04	0,1	
3	Concrete Screed, mid layer	1970	850	1,6	0,1	

Tab. 22: Schichtenfolge von Kellerfußboden und Decke zu unbeheizt. Keller.

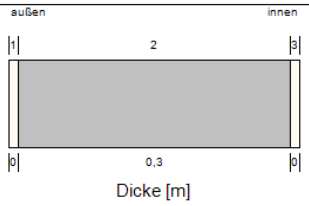
Konstruktion (Id.6): Kellerwand unbeheizt

homogene Schichten

Wärmeübergangswiderstand: 2,6 m²K/W

Wärmeübergangskoeffizient(U-Wert): 0,35 W/m²K

Dicke: 0,32 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,01	
2	Aerated Concrete (density: 500 kg/m³)	500	850	0,12	0,3	
3	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,01	

Tab. 23: Schichtenfolge der Kellerwand zum unbeheizten Keller. Auf beiden Seiten der Wandoberfläche wird ein s_d-Wert von 0,1 m, entsprechend einem gewöhnlichen Innenanstrich, angenommen.

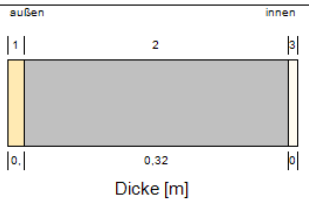
Konstruktion (Id.7): Kellerwand Boden

homogene Schichten

Wärmeübergangswiderstand: 2,742 m²K/W

Wärmeübergangskoeffizient(U-Wert): 0,35 W/m²K

Dicke: 0,35 m



Nr.	Material/Schicht (außen --> innen)	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	λ [W/mK]	Dicke [m]	Farbe
1	Mineral Plaster (stucco, A-value: 0.1 kg/m2h0.5)	1900	850	0,8	0,02	
2	Aerated Concrete (density: 500 kg/m³)	500	850	0,12	0,32	
3	Interior Plaster (Gypsum Plaster)	850	850	0,2	0,01	

Tab. 24: Schichtenfolge der Kellerwand zum Erdreich. Auf beiden Seiten der Wandoberfläche wird ein s_d-Wert von 0,1 m, entsprechend einem gewöhnlichen Innenanstrich, angenommen.

5.7.1 Fenster

Für die Außenfenster wird ein Wärmedurchgangskoeffizient gemäß DIN EN ISO 10077-1 [w24] oder DIN EN ISO 12567-1 [w25] in Höhe von U_W = 2,6 W/(m²K) angesetzt. Im sanierten Fall wird für die Schallschutzfenster der schutzbedürftigen Räume ein Wert von U_W = 1,3 W/(m²K) angenommen. Der Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN EN 410 [w26] wird in Höhe von g = 0,6 berücksichtigt. Gleichzeitig wird die Abhängigkeit des g-Werts vom Sonneneinfallswinkel in der Simulation berücksichtigt.

Der Glasflächenanteil des Fensters (sichtbare Verglasungsfläche ohne Rahmen) wird mit 70% angesetzt. Die jeweiligen Fensterflächen sind in Tab. 25 zusammengefasst. Für die Simulation der Luftdurchströmung wird für jedes Fenster

die jeweilige Höhe des Flächenschwerpunktes über der Geländeoberkante berücksichtigt und der entsprechende hydrostatische Luftdruck berechnet.

Für sämtliche zweiflüglige Fenster bzw. Fenstertüren wird angenommen, dass jeweils nur der sogenannte Gehflügel geöffnet wird. Der zweite Fensterflügel bleibt im Rahmen der vorliegenden Simulation stets geschlossen.

Bezeichnung	Anzahl	Breite [m]	Höhe [m]	Fläche [m²]	Höhe Flächenschwerpunkt ü. GOK. [m]
Fenster OG	4	1,20	1,25	1,50	4,45
Dachfenster OG	1	0,9	1,60	1,12	4,63
Fenster Bad EG; Küche	2	1,20	1,27	1,52	1,64
Fenster HAR	1	0,90	1,27	1,14	1,64
Türe Büro (2 Flügel)	1	0,9 ; 0,6	2,27	3,41	1,14
Türe Wohnen Süd (2 Flügel)	1	0,9 ; 1,2	2,27	4,77	1,14
Türe Wohnen West (2 Flügel)	1	0,9 ; 0,9	2,27	4,09	1,14
Türe Küche	1	0,90	2,27	2,04	1,14

Tab. 25: Fensterliste des untersuchten Einfamilienhaus-Gebäudemodells.

5.7.2 Sonstige Randbedingungen

Ein Sonnenschutz-System (Rollläden) wird für alle Fenster berücksichtigt. Würde die Innenraumtemperatur über die maximale Auslegungstemperatur steigen wird der Sonnenschutz aktiviert und damit betätigt. Dadurch wird die solare Einstrahlung auf 25% reduziert.

Die durch die Fenster einfallenden solaren Gewinne werden zu 10% auf die Raumluft und der Rest Flächen-proportional auf die Innenoberflächen verteilt.

Die Lufttemperatur im unbeheizten Keller wird, abgeleitet von dem Außenklima, mit einer Sinuskurve über das gesamte Jahr, mit einem Mittelwert von 18°C und einer Amplitude von 2°C abgebildet. Der Tag mit dem Maximalwert (20°C) ist der 3.Juni. Gleichermaßen wird die relative Luftfeuchtigkeit abgebildet, mit einem Mittelwert von 60% und einer Amplitude von 20%. Der Maximalwert (80%) wird hierfür auf den 16.August gelegt. Dieses "Kellerklima" wird an den Außenoberflächen der Wände zum unbeheizten Keller, sowie für den Luftwechsel mit dem unbeheizten Keller angesetzt.

5.8 Ergebnisse Einfamilienhaus

5.8.1 Infiltration

Zur Simulation der natürlichen Infiltration, sowie zur Plausibilitätskontrolle der definierten und parametrisierten Strömungsparameter, wurde das Gebäude mit ganzjährig geschlossen Fenster simuliert. Das Gebäude-Netto-Luftvolumen beträgt 356,5 m³. Es wurde ein mittlerer Infiltrations-Luftwechsel, über den Simulation-Zeitraum von einem Jahr, in Höhe von 0,38 h^{-1} ermittelt. Der Wert entspricht in etwa der angenommen Luftwechselrate bei einer Druckdifferenz von 50 Pa in Höhe von n_{50} = 5 h^{-1}.

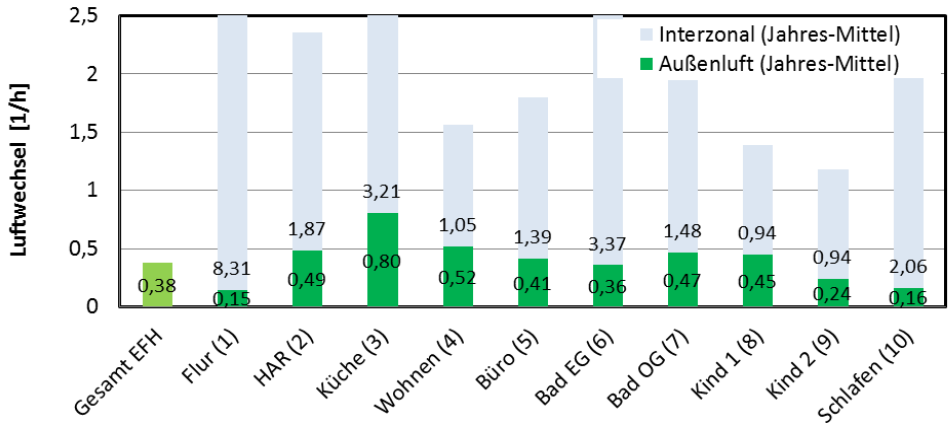


Abb. 28: Infiltrations-Luftwechsel der definierten Zonen, Fenster sind in diesem Fall ganzjährig geschlossen.

	Unteres Quantil 25%	**Jahres-Mittelwert**	Oberes Quantil 5%	Maximalwert
Außenluftvolumenströme				
Gesamtgebäude [m³/h]	19,9	**135,1**	337,4	1358,7
Luftwechselraten				
Infiltration Gesamtgebäude [1/h]	0,056	**0,38**	0,95	3,81
Schlafen (10) [1/h] [1])	0,084	0,15	0,27	1,22
Küche (3) [1/h] [2])	0,09	0,8	1,9	6,99
Heizwärmebedarf		**Summe**		
Heizwärmebedarf [kWh/Jahr]		**12711**		

Tab. 26: Luftwechsel-Auswertung im Fall mit ganzjährig geschlossenen Fenstern. [1]) Zone mit niedrigster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert), [2]) Zone mit höchster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert). Der Heizwärmebedarf des Bestandsgebäudes beträgt ohne Fensterlüftung 12 711 kWh/a.

5.8.2 Bestandsgebäude

Im folgenden Schritt wird das Gebäude vor der Sanierung (Bestandsgebäude) mit realitätsnahen Lüftungszyklen betrachtet. Dabei sind folgende Fensterlüftungszeitpunkte gewählt:

Morgens und abends wird in jedem Raum ein Fenster, oder eine Fenstertüre für 5 Minuten geöffnet. Das Fenster im Hausanschluss-Raum (HAR, Zone 2 gemäß Abb. 26) bleibt dauerhaft geschlossen. Die Öffnungszeitpunkte der einzelnen Räume sind:

Küche (Zone 3 in Abb. 26)	7:30 und 18:30
Wohnen (Zone 4 in Abb. 26)	8:00 und 21:00
Büro (Zone 5 in Abb. 26)	19:00
Bad EG (Zone 6 in Abb. 26)	7:05 und 19:05
Bad OG (Zone 7 in Abb. 27)	7:00 und 20:00
Kind 1 (Zone 8 in Abb.27)	7:15 und 19:15
Kind 2 (Zone 9 in Abb. 27)	7:15 und 19:15
Schlafen (Zone 10 in Abb. 27)	7:00 und 20:00

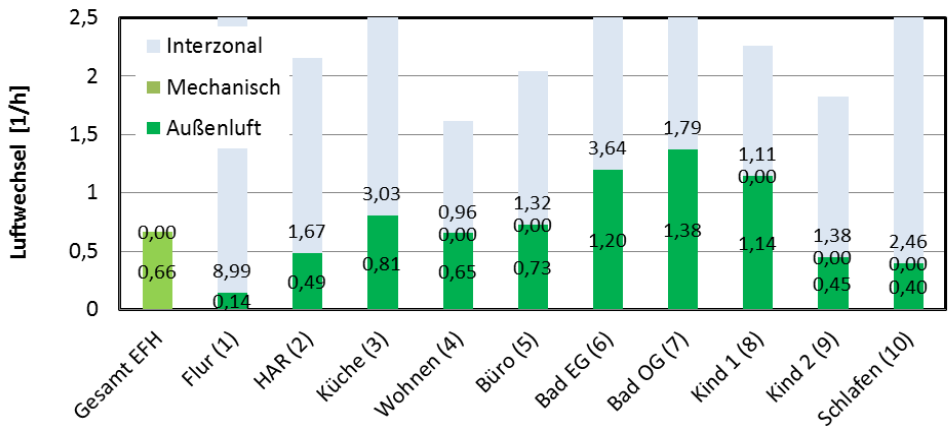


Abb. 29: Simulierter natürlicher Luftwechsel im Bestandsgebäude. Gegenüber Abb. 28 zeigt sich deutlich die Wirkung der Fensteröffnungszeiten. Der mittlere Luftwechsel des gesamten Gebäudes beträgt 0,66 h^{-1}.

	u. Quantil 25%	**Mittelwert**	o. Quantil 10%	Max
Außenluftvolumenströme				
Summe EFH [m³/h]	23,1	236,9	395,2	8506,7
Luftwechselraten				
EFH Gesamt[1/h]	0,065	**0,66**	1,11	23,86
Flur (1) [1/h] [1])	0,078	**0,14**	0,27	1,23
Bad OG (7) [1/h] [2])	0,007	**1,38**	1,60	59,11
Innenraumklima	Min	**Mittelwert**	Max	
Lufttemperatur [°C]	15,79	**21,20**	30,13	
Lufttemperatur Winter [°C]	17,07	20,12	23,99	
Lufttemperatur Sommer [°C]	17,38	21,25	28,15	
rel. Luftfeuchte [%]	11,06	**52,77**	95,07	
rel. Luftfeuchte Winter [%]	20,51	53,72	95,07	
rel. Luftfeuchte Sommer [%]	18,97	53,51	90,16	
Heizwärmebedarf	Summe			
Heizwärmebedarf [kWh/Jahr]	**18078**			

Tab. 27: Auswertung des Bestandsgebäudes im Fall mit den angegebenen Fensteröffnungszeiten.
[1]) Zone mit niedrigster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert),
[2]) Zone mit höchster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert). Der Heizwärmebedarf liegt mit Fensterlüftung bei 18 078 kWh/a.

5.8.3 Relative Luftfeuchtigkeit

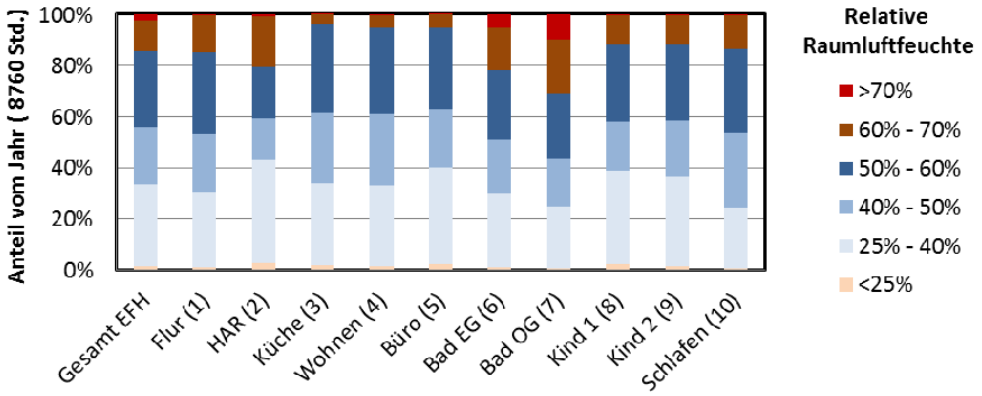


Abb. 30: Darstellung der prozentualen Anteile unterschiedlicher Bereiche der relativen Raumluftfeuchte wie sie sich im Bestandsgebäude bei der angegebenen Fensterlüftung einstellen.

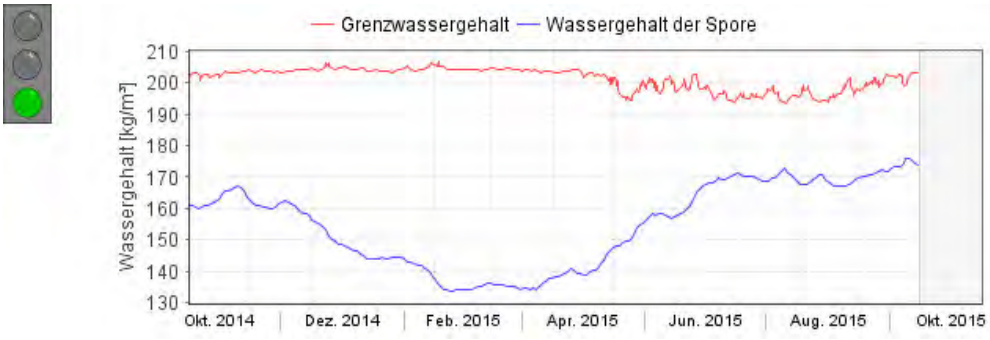


Abb. 31: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Schlafzimmer Obergeschoss im Bestandsgebäude; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

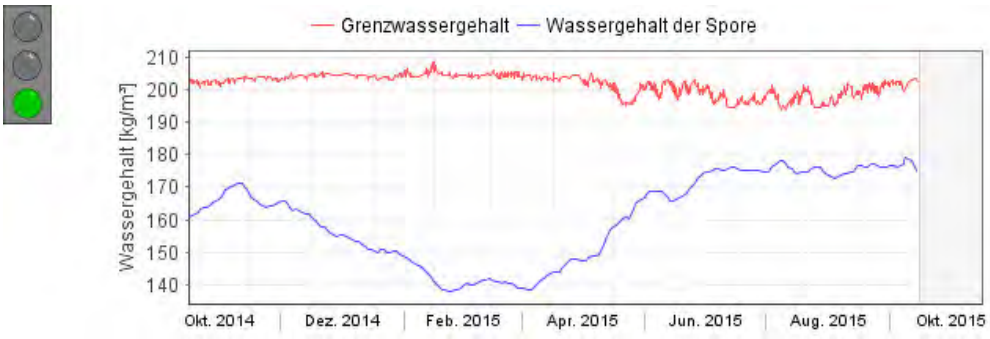


Abb. 32: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Badezimmer im Obergeschoss im Bestandsgebäude; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

5.8.4 Raumluftqualität

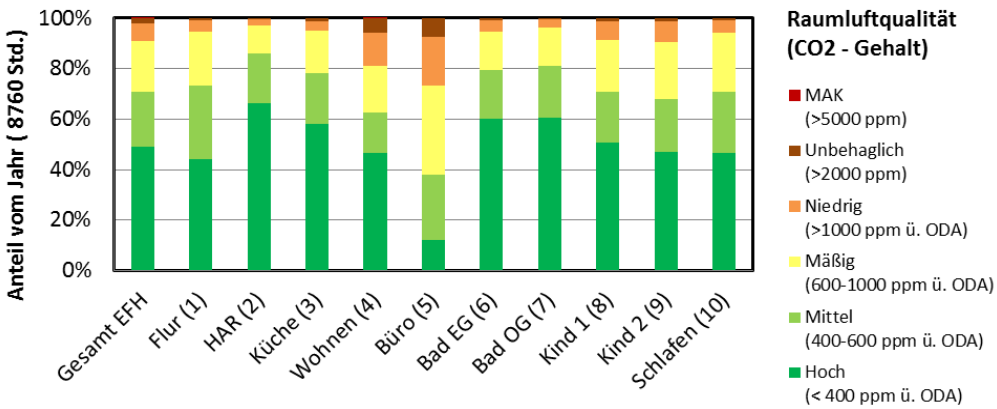


Abb. 33: Raumluftqualität bemessen am berechneten CO_2-Gehalt im Bestandsgebäude.

5.8.5 Thermische Behaglichkeit

Zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit in Innenräumen werden gemäß DIN 4108-2 [w03] die Übertemperaturgradstunden für jede einzelne Zone mittels vorliegender dynamischer Simulation mit WUFI Plus berechnet. Die erzielten Werte signalisieren eine vorhandene thermische Behaglichkeit in der jeweiligen Zone, in der der Übertemperaturgradstunden-Anforderungswert in Höhe von 1200 Kelvinstunden pro Jahr, kurz [kh/a] nicht überschritten wird.

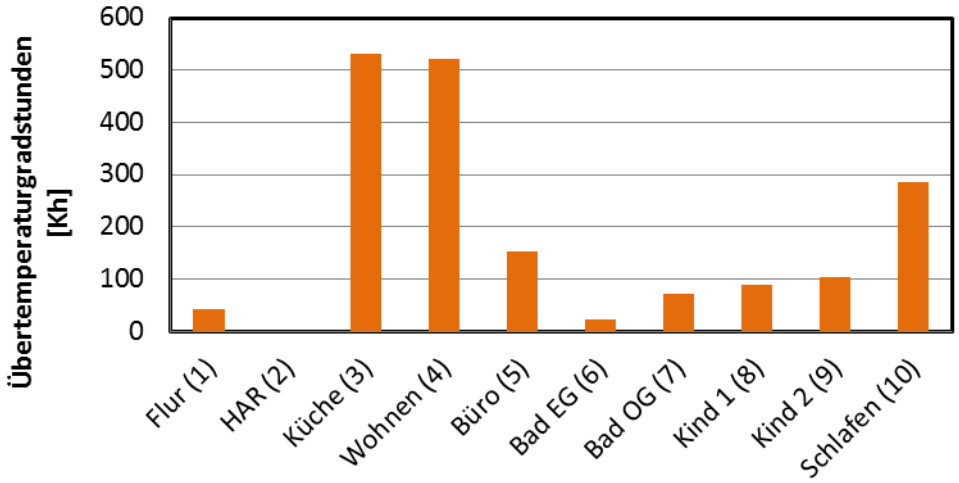


Abb. 34: Darstellung der Übertemperaturgradstunden für die Zonen 1 bis 10 gemäß Abb. 25 bis 27.

5.9 Gebäude raumweise saniert und mechanisch belüftet

Das Einfamilienhaus-Gebäudemodell wird schallschutztechnisch in den schutzbedürftigen Räumen ertüchtigt. Wohnzimmer und Büro im Erdgeschoss, sowie

Schlafzimmer und die beiden Kinderzimmer im Obergeschoss des Einfamilienhauses werden saniert. Es werden Fenster ausgetauscht, Innendämmung angebracht und der Dachaufbau entsprechend der Beschreibung zuvor geändert.Die natürliche Belüftung wird wie beim Bestandsgebäude angenommen, je-doch in den sanierten Räumen werden die Fenster anstelle von 5 Minuten nur 2 Minuten lang geöffnet. Zusätzlich werden die sanierten Räume mit einem mechanischer Zuluft-Ventilator [w15] belüftet, der für einen angetrieben Luftwechsel von 0,35 1/h sorgen soll.

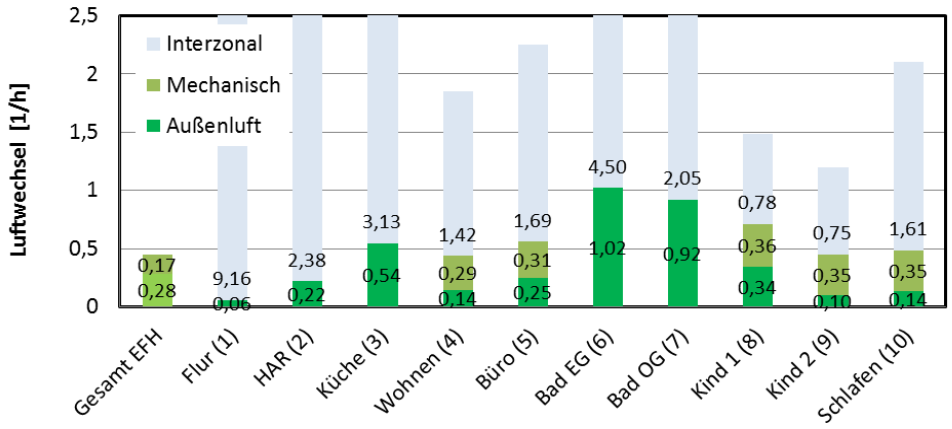


Abb. 35: Luftwechselzahlen in den einzelnen Zonen nach Sanierung.

	unt. Quantil 25%	**Mittelwert**	ob. Quantil 10%	Max. Wert
Außenluftvolumenströme				
Summe EFH [m³/h]	0,4	101,4	153,1	5306,6
Luftwechselraten				
EFH Gesamt[1/h]	0,001	**0,28**	0,43	14,88
Flur (1) [1/h] [1])	0,005	**0,06**	0,14	0,92
Bad EG (6) [1/h] [2])	0,000	**1,02**	1,62	71,92
Innenraumklima	Min	**Mittelwert**	Max	
Lufttemperatur [°C]	16,53	**21,75**	30,94	
Lufttemperatur Winter [°C]	17,16	20,27	24,38	
Lufttemperatur Sommer [°C]	17,86	21,93	28,79	
rel. Luftfeuchte [%]	14,77	**54,92**	98,42	
rel. Luftfeuchte Winter [%]	23,44	57,09	98,42	
rel. Luftfeuchte Sommer [%]	22,76	55,27	96,53	
Heizwärmebedarf	Summe			
Heizwärmebedarf [kWh/Jahr]	**11309**			

[1]) Zone mit niedrigster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert)
[2]) Zone mit höchster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert)

Tab. 28: Auswertung nach Sanierung (mech. Lüftung, reduz. Fensterlüftung).

5.9.1 Relative Luftfeuchtigkeit

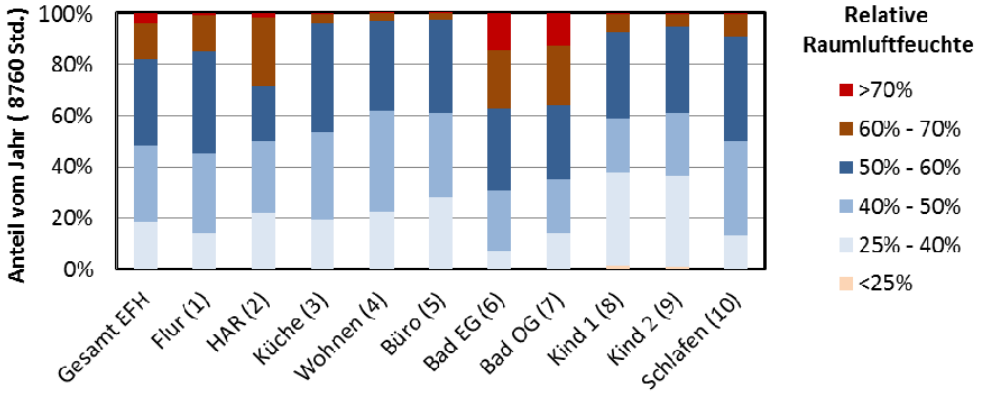


Abb. 36: Bereiche der relativen Raumluftfeuchte in den einzelnen Zonen nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung und reduzierter Fensterlüftung.

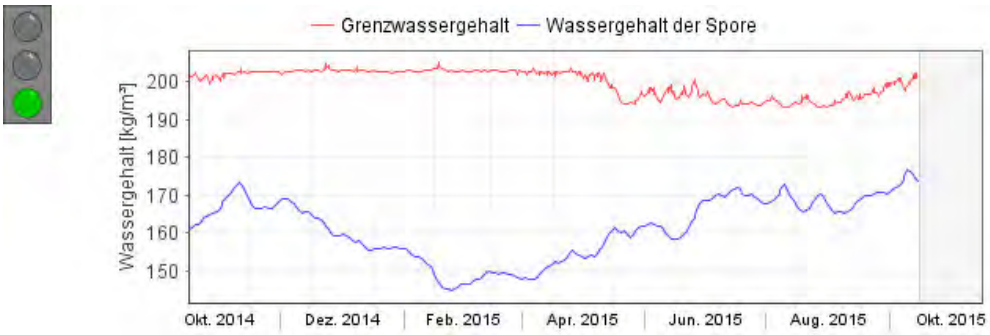


Abb. 37: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Schlafzimmer Obergeschoss; nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

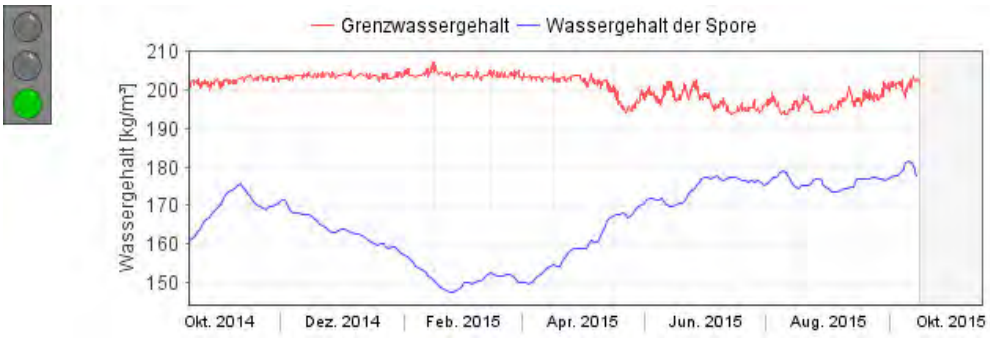


Abb. 38: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Badezimmer im Obergeschoss nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio

[w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

5.9.2 Raumluftqualität

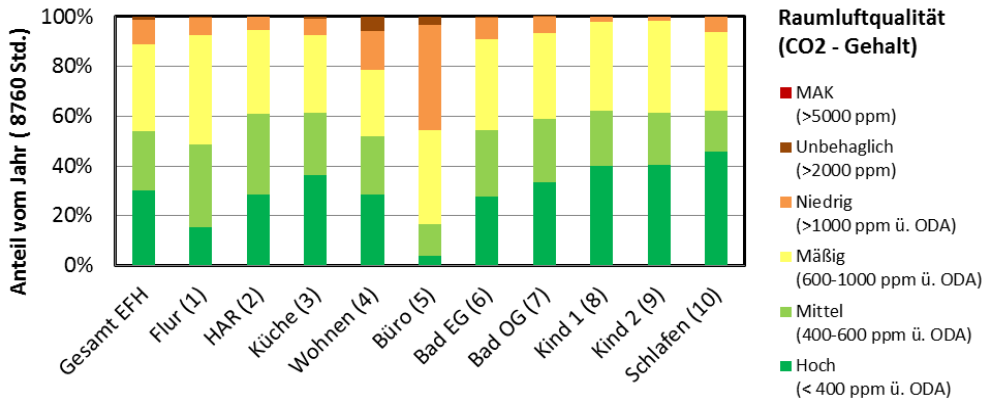


Abb. 39: Raumluftqualität bemessen an berechneten CO_2-Gehalt nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung

5.9.3 Thermische Behaglichkeit

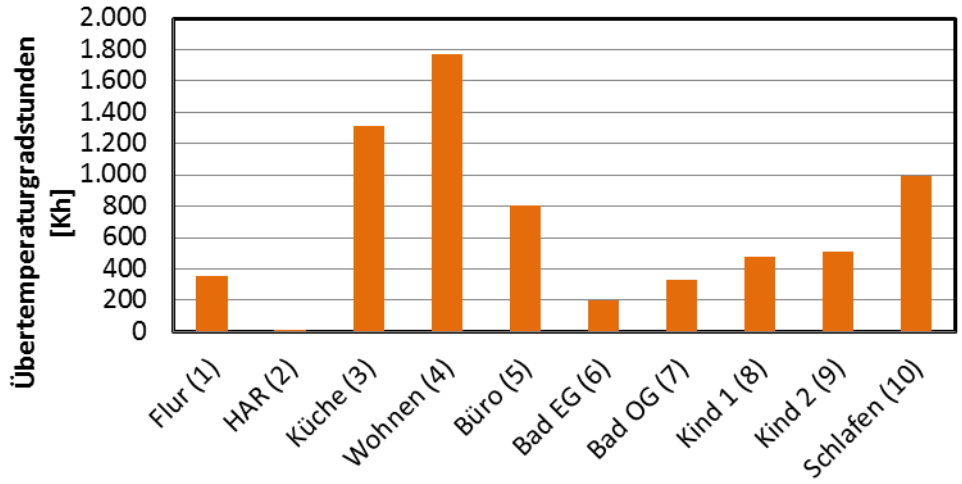


Abb. 40: Darstellung der Übertemperaturgradstunden für die Zonen 1 bis 10 gemäß Abb. 25 bis 27.

5.10 Lüftungsvariante mit Stoßlüftung (5 Minuten morgens und abends)

Wie im Fall zuvor werden im Rahmen dieser Variante die Außenwände der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume innen gedämmt und die alten Fenster durch Schallschutzfenster ausgetauscht. Jedoch bleiben die Zuluft-Ventilatoren ausgeschaltet.

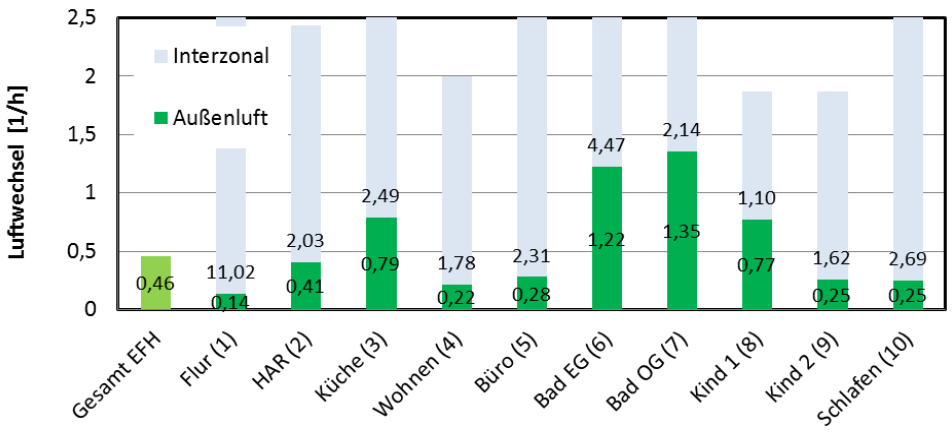


Abb. 41: Simulierter natürlicher Luftwechsel der definierten Zonen nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung (nur Stoßlüftung).

	u. Quantil 25%	**Mittelwert**	o. Quantil 10%	Max. Wert
Außenluftvolumenströme				
Summe EFH [m³/h]	11,3	163,0	193,7	7787,4
Luftwechselraten				
EFH Gesamt[1/h]	0,032	**0,46**	0,54	21,84
Flur (1) [1/h] [1])	0,082	**0,14**	0,23	1,03
Bad OG (7) [1/h] [2])	0,012	**1,35**	1,57	58,41
Innenraumklima	Min	**Mittelwert**	Max	
Lufttemperatur [°C]	15,70	**21,93**	31,38	
Lufttemperatur Winter [°C]	17,12	20,37	24,54	
Lufttemperatur Sommer [°C]	17,40	22,22	29,14	
rel. Luftfeuchte [%]	16,14	**57,02**	95,76	
rel. Luftfeuchte Winter [%]	24,29	59,37	95,60	
rel. Luftfeuchte Sommer [%]	21,45	57,14	93,80	
Heizwärmebedarf	Summe			
Heizwärmebedarf [kWh/Jahr]	**11393**			

[1]) Zone mit niedrigster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert)
[2]) Zone mit höchster Luftwechselrate (im Jahres Mittelwert)

Tab. 29: Auswertung des Gebäudes nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung mit Stoßlüftung.

5.10.1 Relative Luftfeuchtigkeit

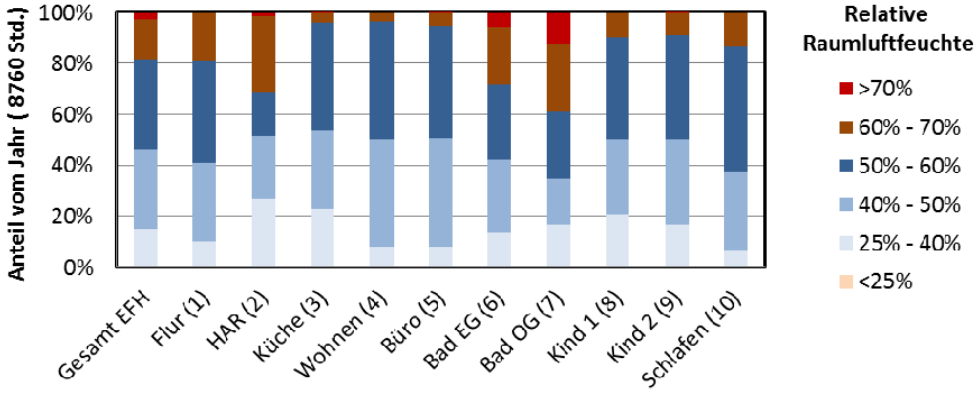


Abb. 42: Bereiche der relativen Raumluftfeuchte nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung, mit Stoßlüftung.

Abb. 43: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Schlafzimmer Obergeschoss; nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

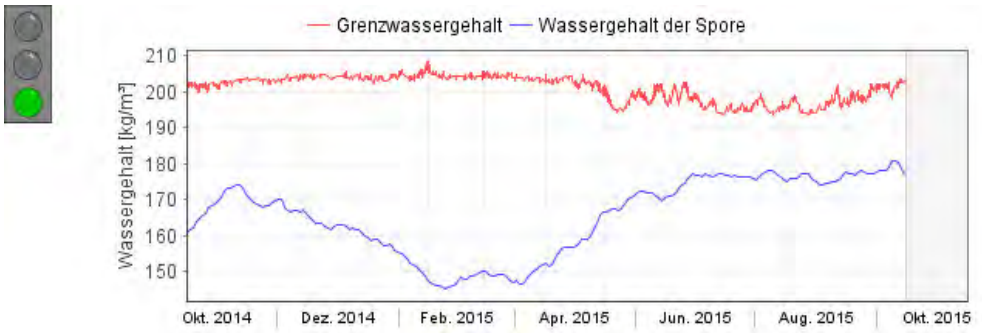


Abb. 44: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche der Außenwand im Badezimmer im Obergeschoss nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut

verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

5.10.2 Raumluftqualität

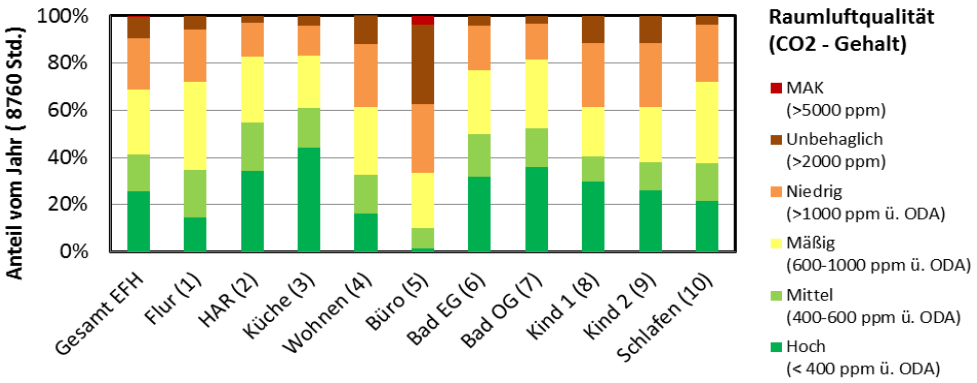


Abb. 45: Raumluftqualität bemessen an berechneten CO_2-Gehalt nach Teilsanierung ohne mechanische Lüftung, mit Stoßlüftung.

5.11 Ergebnisbewertung Einfamilienhaus

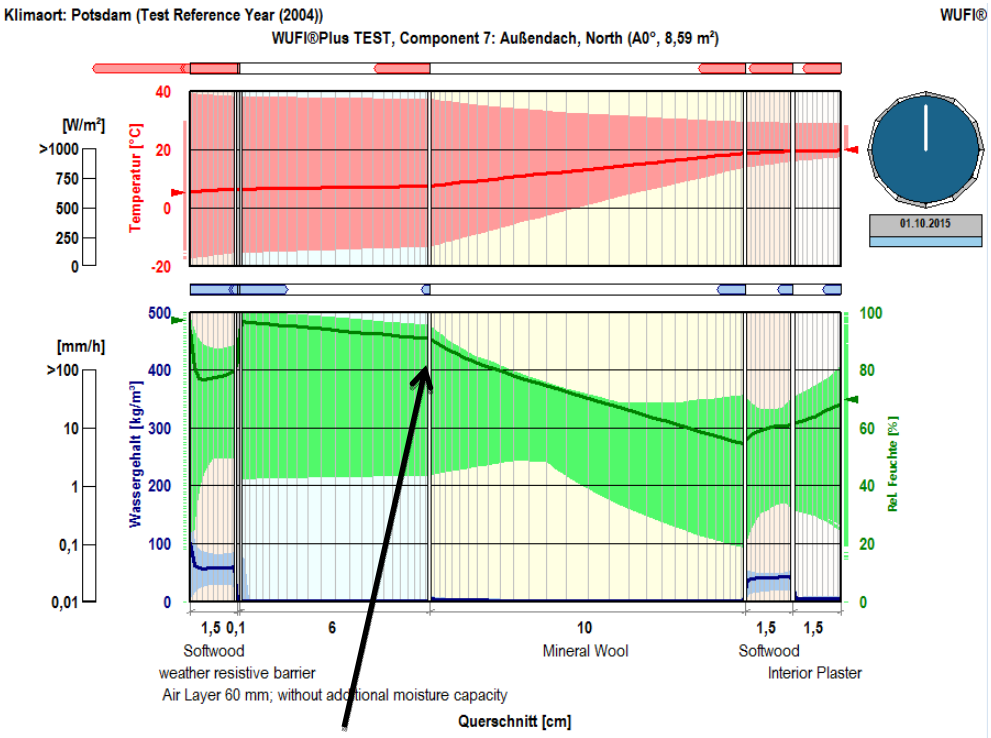


Abb. 46: WUFI Plus Ergebnisgraphik für die nordorientierte Außendachfläche. Der Pfeil markiert den Übergang von der Luftschicht zur Mineralwolleschicht. Für diese Position ist das Ergebnis der Simulation in Abb. 47 und Abb. 48 dargestellt.

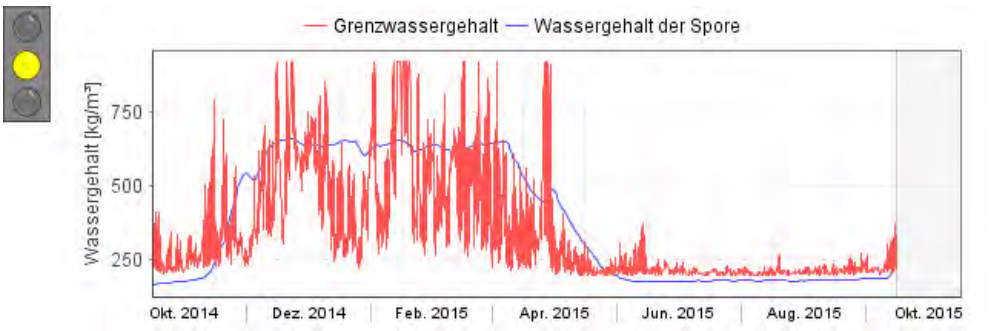


Abb. 47: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche des unsanierten Dachs im Badezimmer im Obergeschoss vor der Teilsanierung. Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird häufig überschritten. Schimmelwachstum liegt zwischen 50 mm/Jahr und 200 mm/Jahr.

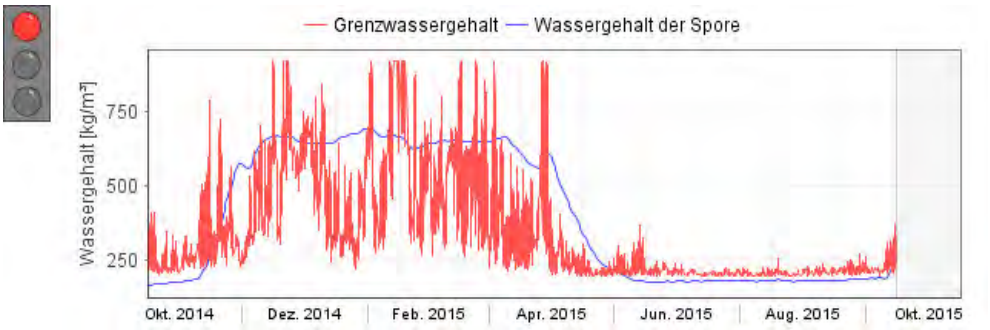


Abb. 48: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt an der Innenoberfläche des sanierten Dachs im Badezimmer im Obergeschoss nach gleichzeitiger Sanierung der schutzbedürftigen Nachbarräume nach der Teilsanierung. Berechnet mit WUFI Bio [w12]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird häufig überschritten. Das Schimmelwachstum überschreitet 200 mm/Jahr, was einem Mould-Index von etwa 2 entspricht. Dies ist im Allgemeinen nicht akzeptabel.

Die beiden Diagramme zeigen das nach einer eventuellen Keimung zu erwartende Myzelwachstum, wie es vom Wachstumsisoplethen-System für die ausgewählte Substratklasse vorhergesagt wird [w27]. Für jede Stunde, während welcher der Wassergehalt der Spore über dem Grenzwassergehalt liegt, wird die der momentanen Umgebungstemperatur und -feuchte entsprechende Wachstumsrate dem betreffenden Wachstumsisoplethen-System entnommen und das so ermittelte stündliche Wachstum zum Gesamtwachstum hinzuaddiert. Sobald der Wassergehalt der Spore wieder unter den Grenzwassergehalt fällt, stagniert gemäß dem Modell das Wachstum, um bei erneutem Überschreiten des Grenzwasssergehalts sofort wieder einzusetzen. Die Wachstumsi-

soplethen beschreiben eigentlich die Längenzunahme des Keimfadens (der ersten Hyphe des Myzels). In WUFI-Bio [w27] wird dieses Wachstum auf das ganze Myzel umgelegt. Die Wachstumsrate beschreibt dann, um wie viele Millimeter sich der Rand eines fleckenförmigen Befalls pro Tag nach außen schiebt; das Gesamtwachstum entspricht dann dem Radius eines Schimmelflecks. Alternativ kann das Bewertungsergebnis als "Mould index" ausgegeben werden.

5.11.1 Vergleich Bestandsgebäude – raumweise saniert

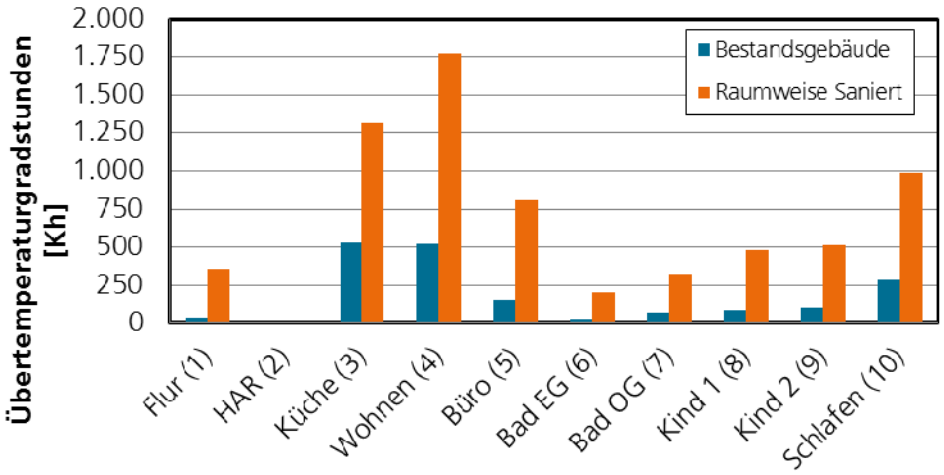


Abb. 49: Übertemperaturgradstunden im Vergleich. Die Temperaturgrenze beträgt 26°C. Liegt die Raumlufttemperatur darüber, wird diese Stunde mit der Übertemperaturdifferenz (z.B. (27,8°C - 26°C) * 1 Stunde) berechnet und zu den eventuell bereits vorhandenen Übertemperaturgradstunden addiert Es zeigt sich, dass beim Gebäude nach der Sanierung der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume im Wohnzimmer und der Küche der Grenzwert von 1200 Kh/a gemäß DIN 4108-2 [w03] (allgemein anerkannte Regel der Technik) überschritten wird. Demnach ist hier eine Minderung der thermischen Behaglichkeit gegeben.

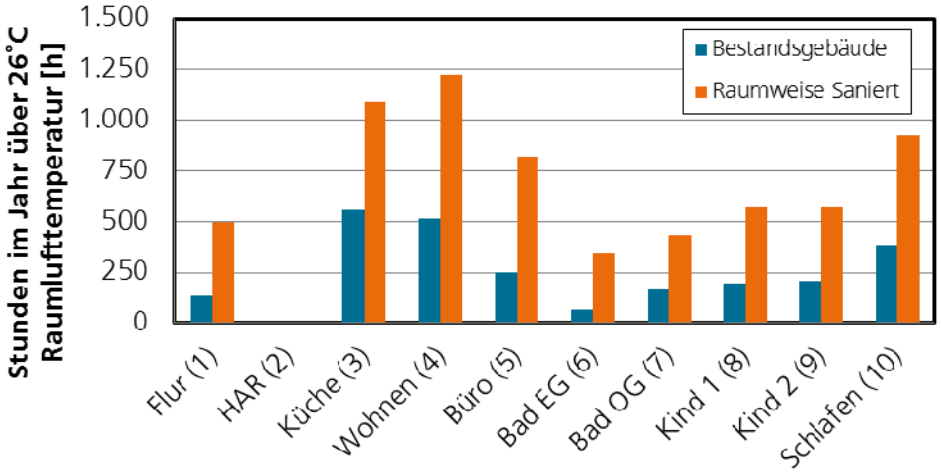


Abb. 50: Darstellung der Anzahl der Stunden im Jahr, an denen die Innenraumtemperatur über 26°C lag. Vergleich zwischen dem Gebäude vor und nach der Sanierung.

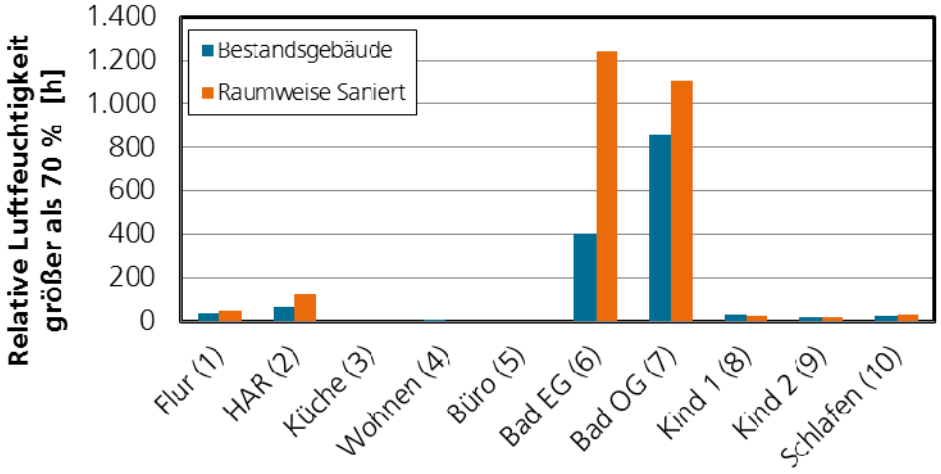


Abb. 51: Anzahl der Stunden des Jahres, in denen die relative Luftfeuchtigkeit in den jeweiligen Zonen über einem Wert von 70% lag. Es zeigt sich, dass in den beiden Bädern (Zone 6 und 7) eine deutliche Erhöhung der relativen Luftfeuchte nach Sanierung der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume zu verzeichnen ist.

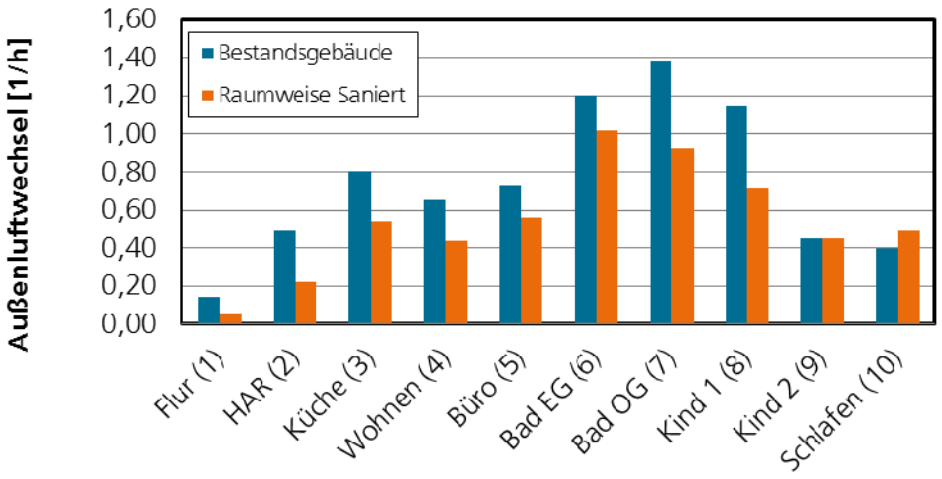


Abb. 52: Außenluftwechsel im Vergleich. Durchschnittlicher Luftwechsel mit der Außenluft, natürliche Infiltration, Fensterlüftung und mechanische Lüftung im Simulationsjahr. Es zeigt sich, dass trotz der Teilsanierung nur der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume, die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle abnimmt und trotz des Einsatzes der Zuluftgeräte der Gesamtluftwechsel (bis auf Zone 9 und 10) sinkt und daher auch das Feuchteniveau leicht ansteigt.

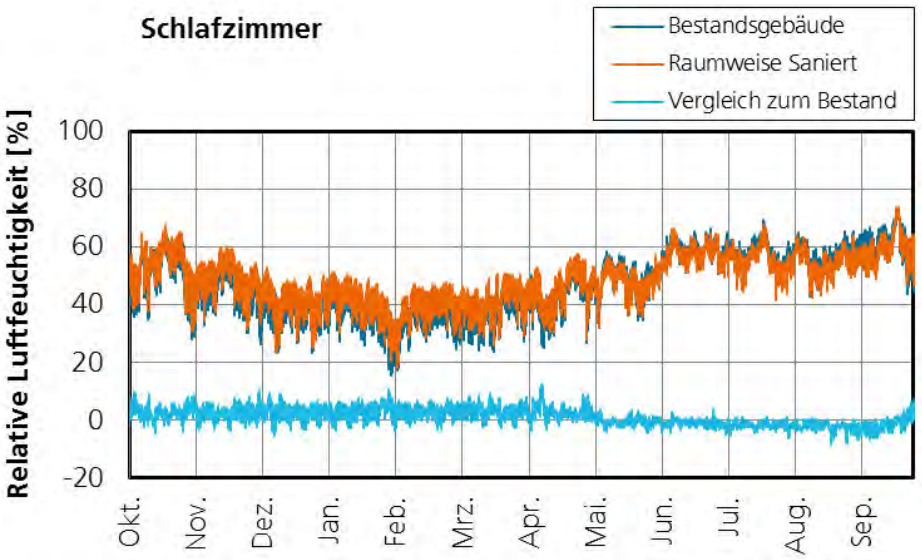


Abb. 53: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit im Schlafzimmer im Jahres-Vergleich.

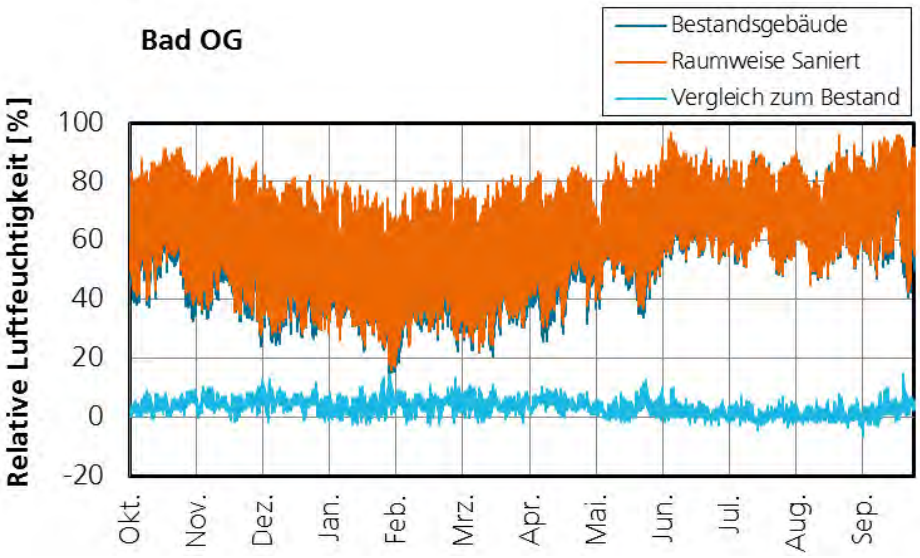


Abb. 54: Verlauf der relativen Luftfeuchtigkeit im Badezimmer Obergeschoss im Jahres-Vergleich. Wie das Ergebnis in Abb. 48 vermuten lässt, zeigt sich hier nach der schallschutztechnischen Teilsanierung ein deutlich überhöhtes Feuchteniveau.

	Bestandsgebäude	Raumweise saniert
Einströmende Luft	13 m³/h	12,6 m³/h
Ausströmende Luft	**8,5** m³/h	**18,8** m³/h

Tab. 30: Weitere Werte im Vergleich: Beispiel Badezimmer (unsaniert), Infiltration Luftströme durch Fugen-Infiltration im Jahresmittelwert. Es zeigt sich: Im Bestandsgebäude vor der Sanierung ist die einströmende Außenluft im Badezimmer Obergeschoss fast gleich der ausströmenden Luft nach außen. Werden Teilweise Schlafzimmer und Wohnzimmer saniert und mechanisch belüftet, steigt der Anteil der ausströmenden Luft im Beispiel Badezimmer Obergeschoss deutlich. Über die nicht sanierten Räume strömt Luft aus den mechanisch belüfteten Räumen und wird eventuell unkontrolliert durch Infiltration durch die Bauteile nach außen geführt.

5.11.2 Wärmebrücke Innenwand nach Sanierung

Der Gebäudesimulation von Bestandsgebäude und im Raumweise Innengedämmten Sanierungsfall wird eine dynamisch thermisch zweidimensionale Simulation [w28] des Anschlussdetails der Innenwand zwischen einem sanierten Raum und einem unsanierten Raum hinzugefügt:

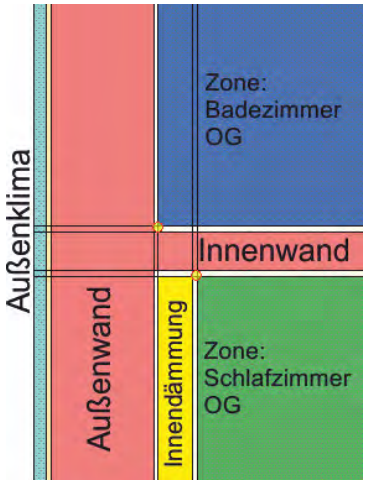


Abb. 55: Darstellung des thermisch dynamisch simulierten Wärmebrückendetails der Gebäudesimulation.

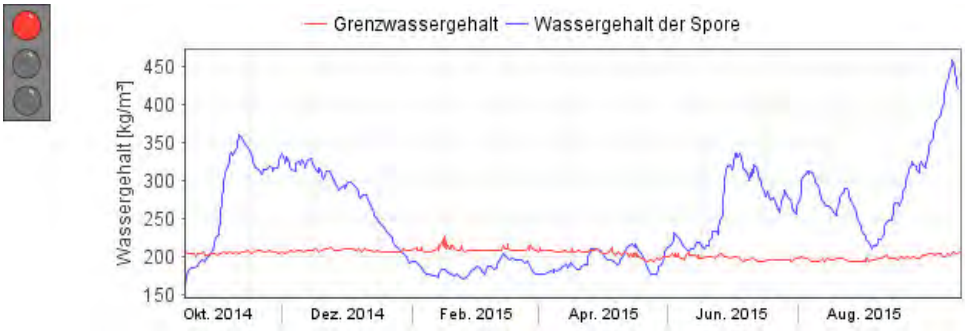


Abb. 56: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt in der Raumecke: Außenwand – Innenwandanschluss im Badezimmer im Obergeschoss nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird überschritten. Ein Wachstum von 200 mm wird berechnet, was nicht akzeptabel ist.

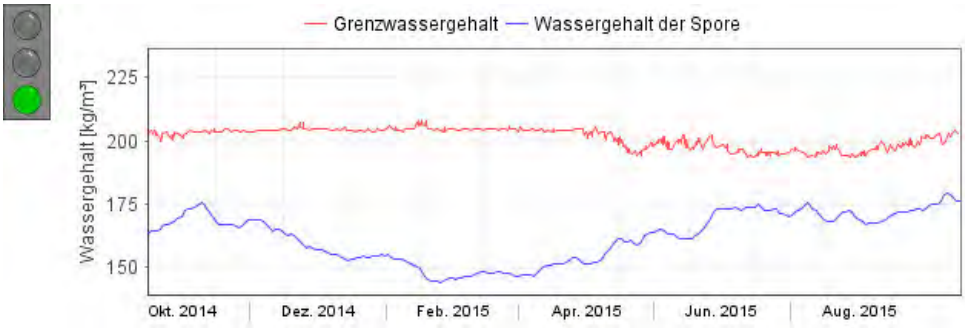


Abb. 57: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt Raumecke: Außenwand – Innenwandanschluss im Schlafzimmer im Obergeschoss

nach Teilsanierung mit mechanischer Lüftung; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

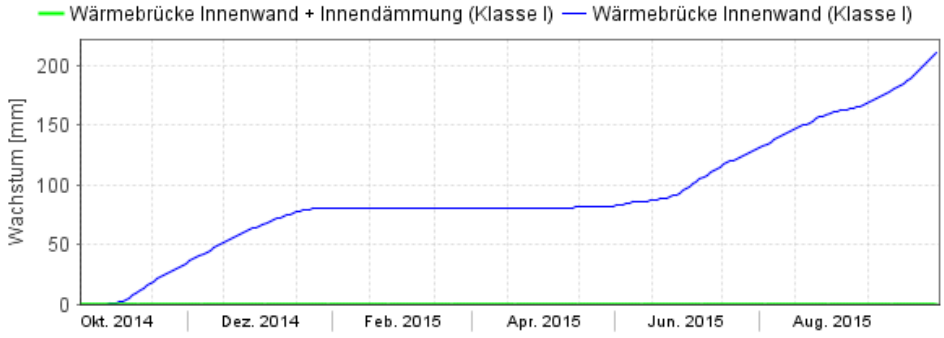


Abb. 58: Darstellung der Schimmelpilz Wachstumsrate in den Raumecken an der Innenwand zwischen saniertem und unsaniertem Raum im Vergleich.

5.11.3 Wärmebrücke Innenwand vor Sanierung

Nachfolgend wird die Wärmebrücke vergleichend beim Bestandsgebäude vor der Sanierung und damit ohne Innendämmung in einem der angrenzenden Räume betrachtet.

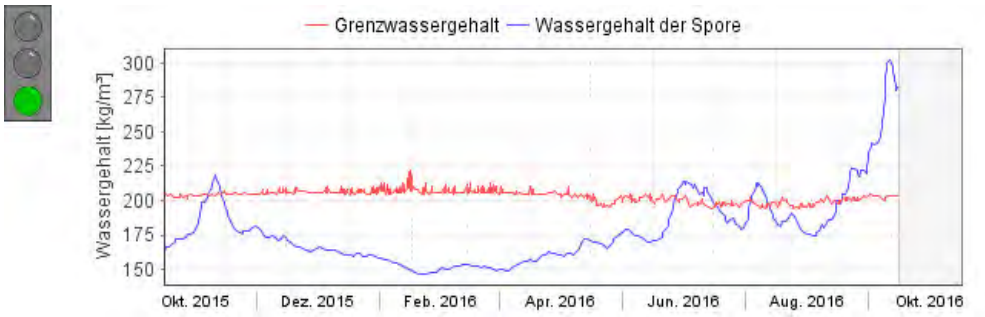


Abb. 59: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt in der Raumecke: Außenwand – Innenwandanschluss im Badezimmer im Obergeschoss beim Bestandsgebäude; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird überschritten. Ein Wachstum von 22 mm wird berechnet, dieser Wert ist im allgemeinen akzeptabel.

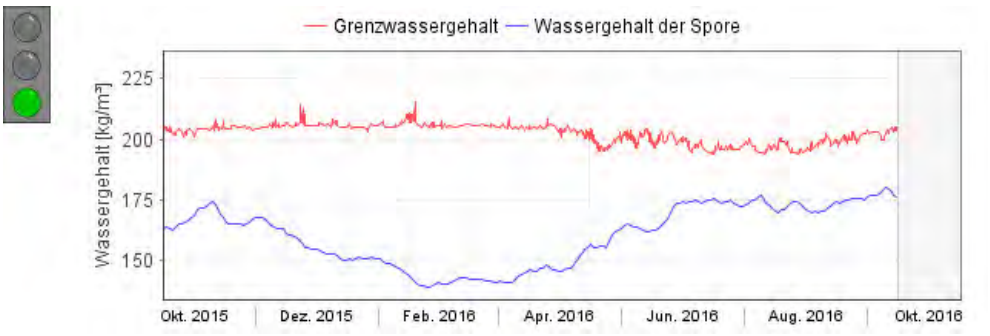


Abb. 60: Einer Spore zur Verfügung stehender Wassergehalt Raumecke: Außenwand – Innenwandanschluss im Schlafzimmer im Obergeschoss beim Bestandsgebäude; Berechnet mit WUFI Bio [w27]. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton) über dem biologische Aktivität einsetzt wird nicht überschritten.

5.11.4 Ausgewählte Ergebnisse weiterer Varianten

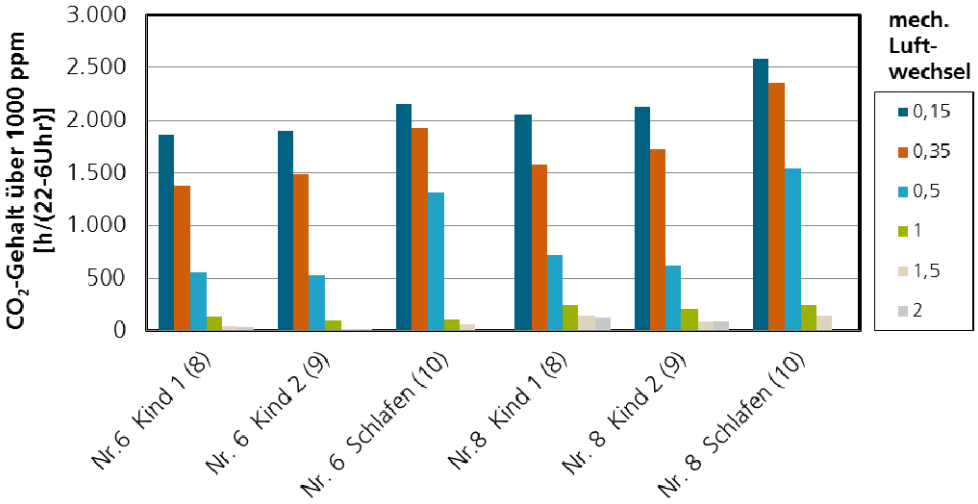


Abb. 61: Anzahl der Stunden im Jahr, in denen nachts zwischen 22 Uhr und 6 Uhr die CO_2-Konzentration in der Atemluft über 1000 ppm steigt. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Varianten 6 und 8 gemäß Tab.6 für die Schlafräume dargestellt.
Es zeigt sich, dass erst bei einer Luftwechselzahl zwischen 1,5 und 2,0 h-1 nur noch geringe Überschreitungen (<10 h zwischen 22 Uhr und 6 Uhr pro Jahr) der CO_2-Konzentration in der Atemluft über 1000 ppm zu erwarten sind. Dies deckt sich mit den raumweisen Berechnungen zur Nennlüftung nach DIN 1946-6, bei der ja ein Frischluftvolumen pro Person in Höhe von 30 m³/h grundlegend vorausgesetzt wird.

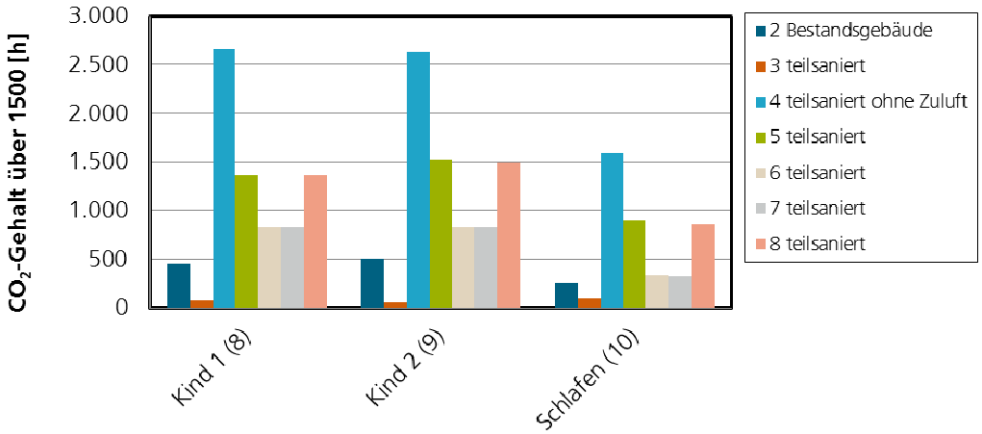


Abb. 62: Anzahl der Stunden im Jahr, in denen die CO_2-Konzentration in der Atemluft über 1500 ppm steigt. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Varianten 2 bis 8 gemäß Tab.6 für die Schlafräume gegenübergestellt.

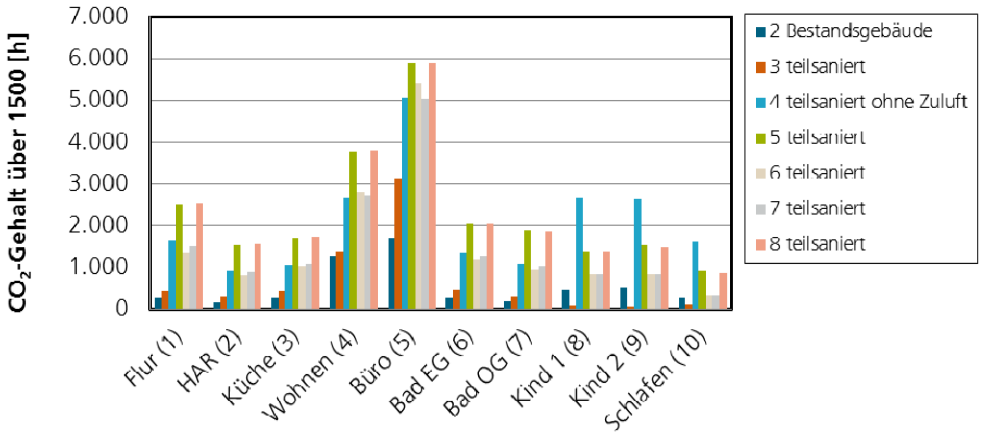


Abb. 63: Anzahl der Stunden im Jahr, in denen die CO_2-Konzentration in der Atemluft über 1500 ppm steigt. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Varianten 2 bis 8 gemäß Tab.6 für alle Raumzonen gegenübergestellt.

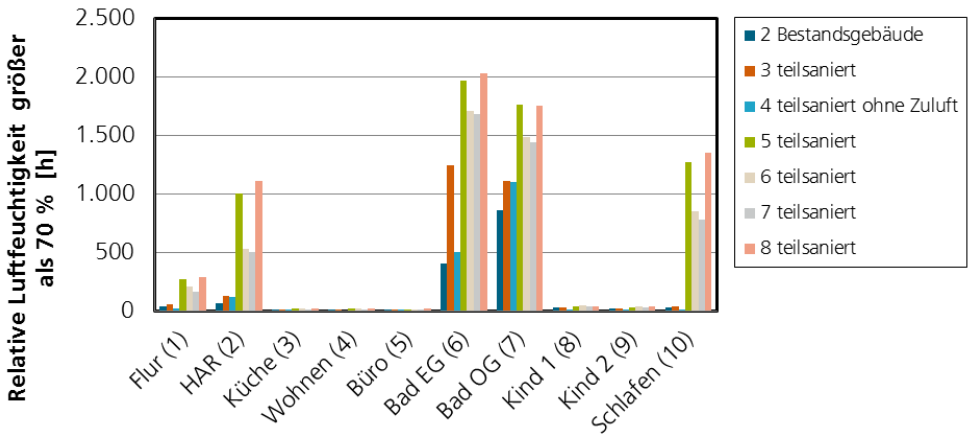


Abb. 64: Anzahl der Stunden im Jahr, in denen die relative Luftfeuchte Werte über 70% annimmt. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Varianten 2 bis 8 gemäß Tab.6 für alle Raumzonen dargestellt.
Es zeigt sich, dass neben den Bädern (Zone 6 und 7) auch im Schlafzimmer (Zone 10) häufig hohe Feuchtewerte zu erwarten sind.

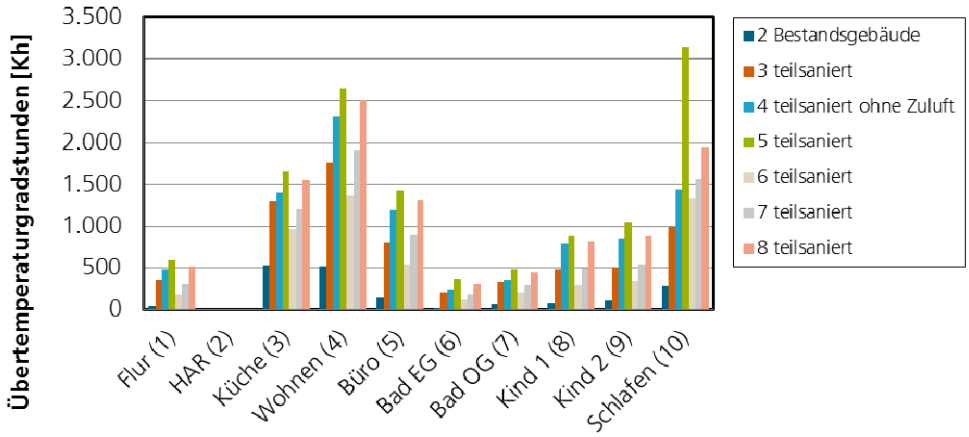


Abb. 65: Anzahl der Stunden im Jahr, in denen die operative Innentemperatur gemäß DIN 4108-2 [w03] über 26°C steigt. Beispielhaft sind die Ergebnisse der Varianten 2 bis 8 gemäß Tab.6 alle Raumzonen dargestellt. Es ist eindeutig zu erkennen, dass bei dem Bestandsgebäude (ohne Teilsanierungen) kein Überhitzungsproblem besteht. Erst mit Durchführung der Teilsanierung, die eine Reduzierung der Wärmeverluste bewirkt (Fenster und Teile der Außenwände innengedämmt, beide mit deutlich verbessertem U-Wert und gleichzeitige Reduzierung der Lüftungswärmeverluste durch dichtere Gebäudehülle und gezieltem Lüften) zeigt sich eine deutliche Tendenz zu Überhitzungseffekten. Auch in der Variante 8 zählt das Schlafzimmer trotz fehlender Innendämmung mit Werten über 1200 Kelvinstunden zu den deutlich überhitzungsgefährdeten Räumen.

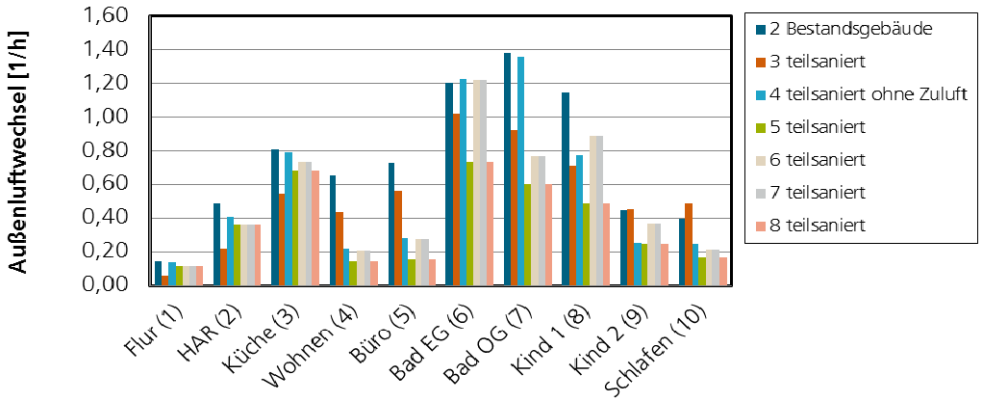


Abb. 66: Darstellung der mittleren in der Simulation verwendeten beziehungsweise sich einstellenden Außenluftwechselzahlen aller Raumzonen und für alle Varianten.

6 Zusammenfassung

Das vorliegende Gutachten beschäftigt sich mit den baulichen Schallschutzmaßnahmen im Umfeld des Flughafens Berlin-Schönefeld, die infolge des Umbaus des Flughafens zum Verkehrsflughafen Berlin Brandenburg und der damit einhergehenden erhöhten Belastung durch Fluglärm erforderlich sind. Es wurde untersucht, ob die von der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) vorgesehenen Maßnahmen einen ausreichenden Schallschutz gewährleisten, welche bauphysikalischen Nebenwirkungen die Maßnahmen haben und ob sie von Art und Umfang her dem Stand der Technik entsprechen. Neben dem akustischen Themenbereich, der den Schwerpunkt der durchgeführten Untersuchungen bildete, wurden in dem Gutachten außerdem die resultierenden hygrothermischen, lufthygienischen, raumklimatischen und lichttechnischen Probleme betrachtet. Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

<u>Baulicher Schallschutz</u>

- Die prinzipielle Vorgehensweise bei der bauakustischen Planung und die hierfür eingesetzten Berechnungsmethoden sind in sich schlüssig und formal korrekt. Sie beruhen jedoch auf vereinfachten Voraussetzungen, die wichtige akustische Effekte, wie z. B. den Schalleinfallswinkel oder den Einfluss tieffrequenter Geräuschanteile, nicht ausreichend berücksichtigen und in dieser Hinsicht hinter dem derzeitigen akustischen Wissensstand zurückbleiben. Dadurch kann es trotz rechnerischer Einhaltung der Schallschutzziele zu unzulässigen hohen Lärmbelastungen in den schutzbedürftigen Räumen kommen.

- Bei der Durchführung der Planung wurde von allen von der FBB beauftragten Ingenieurbüros soweit ersichtlich die gleiche Software verwendet. Auch

die Dokumentation in Form einer Schalltechnischen Objektbeurteilung (STOB) und einer anschließenden Anspruchsermittlung (ASE) ist immer in gleicher Form strukturiert. Im Hinblick auf die Einheitlichkeit und Transparenz der prinzipiellen Vorgehensweise ist daher nichts Wesentliches zu bemängeln.

- Ein zentrales Problem bei der akustischen Planung besteht darin, die Schalldämmung der vorhandenen Außenbauteile mit hinreichender Genauigkeit zu ermitteln. Da Messungen vor Ort aus praktischen Gründen in der Regel nicht möglich sind, erfolgt dies durch eine rechnerische Abschätzung auf der Grundlage der bei einer Ortsbegehung erfassten Bauteildaten. Hierbei bestehen jedoch folgende Schwierigkeiten:
  - Vielfach sind nur unzureichende oder gar keine Angaben zu den vorhandenen Bauteilen verfügbar.
  - Viele Konstruktionen sind in keinem akustischen Bauteilkatalog verzeichnet und lassen sich auch nicht ohne weiteres berechnen.

  Daher bleibt oft nur die Möglichkeit, die Schalldämmung anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten abzuschätzen, was jedoch naturgemäß sehr fehleranfällig ist und eine entsprechende Sorgfalt sowie gute Fachkenntnisse und langjährige Erfahrung voraussetzt. Da den beauftragten Ingenieurbüros hierbei zum Teil gravierende Fehler unterlaufen sind (in einzelnen Fällen betrugen die Abweichungen mehr als 15 dB), ist davon auszugehen, dass diese Voraussetzungen nicht immer in ausreichendem Maße gegeben waren.

- Ebenso wichtig wie die korrekte Ermittlung der im Bestand vorhandenen Schalldämmung ist die fachgerechte Auslegung der erforderlichen akustischen Verbesserungsmaßnahmen. Hier wurde auf ein einheitliches Repertoire an Maßnahmen zurückgegriffen, das im Wesentlichen den Austausch von Fenstern, die Beschwerung von Bauteilen und die innenseitige Anbringung von Vorsatzschalen umfasste. Die genannten Maßnahmen, zu denen es nur wenige sinnvolle Alternativen gibt, entsprechen größtenteils den anerkannten Regeln der Technik. Erhebliche Probleme wurden jedoch bei der korrekten Auslegung und Anwendung der Maßnahmen festgestellt. So wurde die akustische Wirkung der Maßnahmen häufig erheblich überschätzt oder die Maßnahmen wurden in einer Weise eingesetzt, für die sie nicht bestimmt und nicht geeignet sind.

- Trotz zahlreicher Fehler bei der Ermittlung der vorhandenen Schalldämmung und der Auslegung von Verbesserungsmaßnahmen waren gravierende Überschreitungen der geltenden Schallschutzanforderungen nur in verhältnismäßig wenigen Fällen zu verzeichnen. Dies liegt zum einen daran, dass die verschiedenen Fehler sich teilweise gegenseitig kompensieren. Zum andern erfolgt die Schallübertragung von außen nach innen zumeist über mehrere Bauteile gleichzeitig, so dass Fehler bei einem einzelnen Bauteil das Gesamtergebnis oft nur verhältnismäßig wenig beeinträchtigen.

- Um die Qualität der Schallschutzplanung zu untersuchen, wurden die Planungsunterlagen von 12 verschiedenen Gebäuden mit insgesamt 65 schutzbedürftigen Räumen rechnerisch und teilweise auch messtechnisch überprüft. Dabei wurden in 29 % der Räume Überschreitungen der Schallschutzanforderungen festgestellt. Bei 9 % dieser Fälle handelte es sich um gravierende Überschreitungen um mehr als 3 dB. Die höchste festgestellte Überschreitung betrug ca. 5 dB. Im übrigen wurden auch bei vielen Räumen, für die keine Überschreitung der Anforderungen vorlag, Planungsfehler festgestellt. In den meisten untersuchten Fällen ist deshalb zumindest teilweise von Mängeln in der Qualität der durchgeführten Planung auszugehen. Als mildernder Umstand ist hierbei allerdings zu werten, dass die Bearbeitung vielfach unter sehr schwierigen Voraussetzungen (fehlende Bauteildaten, unbekannte Konstruktionen, etc.) erfolgte.

- In Fluglärm sind tieffrequente Geräuschanteile enthalten, die Außenbauteile besonders leicht durchdringen können. Um dies zu berücksichtigen, wird bei der Schallschutzplanung für den Flughafen Berlin-Schönefeld zum einwirkenden Fluglärmpegel ein pauschaler Korrektursummand in Höhe von 6 dB addiert. Die durchgeführten Untersuchungen zeigen jedoch, dass diese Korrektur in vielen Fällen nicht ausreicht. Dies gilt z. B. für leichte mehrschalige Konstruktionen, Wände mit Vorsatzschalen oder Wärmedämm-Verbundsystemen, sowie teilweise auch für Fenster. Bei diesen Bauteilen ist den Untersuchungen zufolge eine Korrektur von bis zu etwa 20 dB erforderlich. Zur Behebung dieses Problems wird empfohlen, bei der Planung statt eines pauschalen Korrektursummanden die Spektrum-Anpassungswerte C und C_{tr} nach DIN EN ISO 717-1 heranzuziehen. Alternativ kann für die betreffenden Bauteile selbstverständlich auch eine Anpassung des verwendeten Korrektursummanden erfolgen.

- Im Gegensatz zu Schalldämm-Messungen in einem bauakustischen Prüfstand, die in einem diffusen Schallfeld erfolgen, trifft Fluglärm als gerichtete Schallwelle und häufig unter flachem Winkel auf die Bauteiloberfläche auf. Hierbei ergibt sich insbesondere bei Fenstern eine starke Verminderung der Schalldämmung, die abhängig vom Einfallswinkel bis zu etwa 5 dB betragen kann. Um einen ausreichenden Schallschutz sicherzustellen, ist es deshalb erforderlich, von dem im Prüfstand gemessenen Schalldämm-Maß des Fensters eine entsprechende Korrektur zu subtrahieren. Bei der baulichen Schallschutzplanung für den Flughafen Berlin-Schönefeld wurde dies versäumt.

- Die Schalldämmung beweglicher Bauelemente, wie z. B. Fenster und Türen, hängt wegen der eingebauten Dichtungen in starkem Maße von der Produktqualität und den Einbaubedingungen ab. In DIN 4109, Ziffer 6.4 (bislang geltende Fassung von 1989) ist deshalb für derartige Bauteile ein Vorhaltemaß vorgesehen, das bei Fenstern 2 dB und bei Türen 5 dB beträgt. Dies bedeutet, dass für ein Fenster, das am Bau eine bewertetes Schalldämm-Maß von z. B. 40 dB erbringen soll, ein Prüfzeugnis mit einem

Schalldämmwert von mindestens R_w = 42 dB vorzulegen ist. In den untersuchten Planungsunterlagen und den darin enthaltenen Leitungsverzeichnissen wurde dieses Vorhaltemaß soweit erkennbar jedoch nicht explizit berücksichtigt.

Lichttechnik

- Zur akustischen Ertüchtigung der Außenwände ist in vielen Bauten eine innenseitige Verkleidung mit Vorsatzschalen vorgesehen. Dies erhöht die Laibungstiefe der Fenster, wodurch sich eine Verringerung des Tageslichteinfalls ergibt. Typischerweise ist mit einer Verminderung um etwa 10 % zu rechnen, wobei sich abhängig von der baulichen Geometrie jedoch auch höhere oder niedrigere Werte ergeben können.

Hygrothermik, Lufthygiene und Raumklima

- Das Lüften von Wohnungen und damit auch der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume nach der Sanierung dient dem Erhalt der menschlichen Gesundheit und der Bausubstanz. Neben der lebensnotwendigen Zufuhr von Frischluft bei gleichzeitiger Abfuhr von Schadstoffen aus der Atemluft liefert neben der Temperaturregelung nach Überhitzungseffekten die Abfuhr von Feuchte einen weiteren wesentlichen Lüftungsgrund. Immerhin werden je nach Nutzung und Haushaltsgröße zwischen 2 und 9 Liter Wasser täglich in Form von Wasserdampf in die Raumluft abgegeben. Derartig hohe Mengen können nur durch eine geeignete und gezielte Lüftungsstrategie gesichert "verarbeitet" werden.

- Feuchte wird auf unterschiedliche Art und an unterschiedlichen Orten in Räumen abgespeichert. Zum einen in der Raumluft und zum andern in den sorptionsfähigen Baustoffen und Teilen der Inneneinrichtung. Um die Feuchtemengen in beiden Feuchtespeichern zu entleeren, sind zur Feuchteabfuhr jeweils unterschiedliche Lüftungsstrategien erforderlich. Während die Stoßlüftung nur zur kurzzeitigen Raumlufterneuerung und damit zur Abfuhr der in der Raumluft abgespeicherten Feuchtemenge geeignet ist, dient die Spaltlüftung zur Raumentfeuchtung und damit zur Abfuhr der in den Materialien abgespeicherten Stofffeuchtemenge.

- Im Feuchtespeicherort "Raumluftvolumen" kann deutlich weniger Wasser aufgenommen werden, als im Feuchtespeicherort "Raumumschließungsflächen, Inneneinrichtung und Möbel". Es reicht also nicht aus, nur die im Raumluftvolumen gespeicherten Wassermengen bei Berechnungen zur Lüftung zu berücksichtigen. Derartige Annahmen führen zu fehlerhaften Luftwechselzahlen und ebenso fehlerhaften Empfehlungen zu scheinbar ausreichenden Stoßlüftungszyklen. Vielmehr ist auch die Spaltlüftung zu planen, denn nur durch sie kann der Feuchtespeicherort "Raumumschließungsflächen, Inneneinrichtung und Möbel" mit seinen häufig hohen Wassermengen entleert werden. Dies ist eine Grundvoraussetzung zur Erzie-

lung relativer Luftfeuchten direkt über den Baustoffoberflächen, die unterhalb dem kritischen Feuchtebereich von 70% bis 80% liegen. Oberhalb dieses Bereichs besteht die Gefahr von Schimmelpilzwachstum.

- Generell unterscheidet die Raumlufttechnik-Norm DIN 1946-6 (Lüftung von Wohnungen) vier Lüftungsstufen mit unterschiedlicher Intensität:
  - Die Lüftung zum Feuchteschutz für die "notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten",
  - die reduzierte Lüftung zur notwendigen "Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten- und Stofflasten",
  - die Nennlüftung als "notwendige Lüftung zur Sicherstellung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit der Nutzer (Normalbetrieb)" und
  - die Intensivlüftung als die "zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb)".

- Bei einem Lüftungskonzept nach der Raumlufttechnik-Norm DIN 1946-6 soll im Fall der ventilatorgestützten Lüftung das Lüftungssystem die Lüftungsstufe "Nennlüftung" sicherstellen und zwar explizit ohne Nutzerunterstützung. Die Lüftungsstufe "Nennlüftung" schließt die beiden oben genannten niedrigeren Lüftungsstufen "Lüftung zum Feuchteschutz" und "reduzierte Lüftung" mit ein. Zum Erreichen der höchsten Lüftungsstufe "Intensivlüftung" darf gemäß der Norm "von einer Nutzerunterstützung (zeitweiliges manuelles Fensteröffnen) ausgegangen werden".

- Durch Sanierung der schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räume wird die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle in der Regel reduziert, d. h. die Hülle wird dichter. Der gleichzeitige Betrieb von Zuluftgeräten in der Wohnung führt klar zu einer Überdrucksituation, was Tab. 30 verdeutlicht: 18,8 m³/h einströmender Luft stehen einem Volumen von 8,5 m³/h ausströmender Luft entgegen. Dies verdeutlicht: die Gebäudeundichtigkeiten reichen bei weitem nicht aus, um einen effektiven Betrieb der Zuluftgeräte zu garantieren. Daher ist es Grundvoraussetzung, dass der Planer im Rahmen eines Lüftungskonzepts überprüft, ob die Infiltration als ausreichend anzusehen ist und zudem die notwendigen Maßnahmen zur Erzielung einer bedarfsgerechten Nennlüftung (zum Beispiel im Schlafzimmer zwischen 22 Uhr und 6 Uhr). Entsprechend geeignete (schallgeschützte) Abluftöffnungen sichern dabei nicht nur den für Zuluftgeräte notwendigen Abluftstrom, sondern helfen auch einen Überdruck im Raum zu verhindern. Andernfalls könnten unmittelbar Feuchteschäden vorprogrammiert sein, da bei Überdruckbetrieb Luft hinter die Innendämmung gedrückt werden und an der kalten Grenzfläche zwischen Außenwand und Innendämmung gefährlich hohe Feuchtewerte erzeugen könnte.

- Zuluftgeräte sind demnach Teilkomponenten eines Zuluftsystems, die eine Planung der Luftführung zur Vermeidung der oben beschriebenen Überdrucksituationen zum Schutz der Bausubstanz zwingend benötigen. Damit ist klar: der bloße Einbau von Zuluftgeräten ohne Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 (bedarfsgerecht angewendet) und damit ohne definierte Abluftöffnungen ersetzt nicht die freie Fensterlüftung. Fenster können im Gegensatz von Zuluftgeräten im geöffneten Zustand durch ihren Luftaustausch mit gleichzeitiger Zu- und Abluftführung den Druckausgleich "automatisch" bewerkstelligen.

- Das notwendige, vom Planer (nicht vom Monteur) erstellte Lüftungskonzept gemäß DIN 1946-6 erfüllt wesentliche bauphysikalische Anforderungen an die Gebäudebelüftung: Effektive Zu- und Abluftführung, Erhaltung der Luftqualität, Vermeidung von Schimmelwachstum sowie Wahrung der thermischen Behaglichkeit während des Lüftens (Vermeidung von Zugluft) und im Jahresverlauf (Übertemperaturgradstunden). Gerade in diesem Punkt ergibt die vorliegende Untersuchung, dass nach der Sanierung der schutzbedürftigen Räume aufgrund der Luftwechselreduzierung durch die geringere Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle und Verbesserung der Wärmedurchgangskoeffizienten u. a. durch Einbau einer Innendämmung und besser gedämmter Fenster die Anzahl der Stunden mit Innenraumtemperaturen über 26 °C erheblich ansteigen und in Bezug auf die Übertemperaturgradstunden eine thermische Behaglichkeit teilweise nicht mehr gegeben sein wird. Hier gilt es die Wirkung der schallschutztechnischen Maßnahmen objektgenau zu überprüfen, um Komforteinbußen möglichst zu minimieren.

- Weiterhin ergibt die dynamische Gebäudesimulation, dass im Wärmebrückenbereich von innengedämmter Außenwand im Schlafzimmer (Obergeschoß) und dem direkt hinter der trennenden Innenwand liegenden Nachbarraum (Badezimmer im OG) ohne Innendämmmaßnahmen der Außenwand (da kein schallschutztechnisch schutzbedürftiger Raum) aus hygrothermischer Sicht Bauschäden mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit vorprogrammiert sind. Der kritische Grenzwassergehalt für die Substratklasse I (gut verwertbare Substrate, wie z.B. Gipskarton), über dem biologische Aktivität einsetzt, wird häufig überschritten, das heißt der einer Spore zur Verfügung stehende Wassergehalt in der Raumecke: Außenwand – Innenwandanschluss liegt häufig über diesem Grenzwassergehalt. Ein Schimmelwachstum von 200 mm wird berechnet, was nicht akzeptabel ist. Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich an der Innenoberfläche des Dachs im Badezimmer im Obergeschoss nach gleichzeitiger Sanierung der schutzbedürftigen Nachbarräume. Da auch hier, wie bei den Ausführungen zur thermischen Behaglichkeit, das jeweilige Ergebnis der Gebäudesimulation von den Eingabeparametern und damit von der Gebäudebeschaffenheit und Nutzung abhängt, gilt es im Rahmen der schallschutztechnischen Sanierung derartig kritische Detailausführungen im Vorfeld zu erkennen, um Gegen-

maßnahmen zum Schutze der Bausubstanz und schlussendlich der Gesundheit der Bewohner einzuleiten.

- Viele der vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen, wie z. B. die Anbringung innenseitiger Vorsatzschalen an den Außenwänden der Gebäude (Innendämmung) oder der Einbau von Schalldämmlüftern in den Schlafräumen, können bauphysikalische Nebenwirkungen zu Folge haben, die sich auf die thermische Behaglichkeit, die Qualität der Raumluft, die Luftfeuchtigkeit sowie die Gefahr der Schimmelpilzbildung auswirken. Um Gesundheitsbeeinträchtigungen der Bewohner und bauliche Schäden zu vermeiden, ist daher im Allgemeinen eine Berücksichtigung der Nebenwirkungen im Rahmen des Planungsprozesses erforderlich, wobei insbesondere die Erstellung eine Lüftungskonzepts nach DIN 1946-6 sowie eine Wärmebrückenanalyse für den Randbereich der gedämmten Bauteile zu nennen sind. Die hierfür erforderlichen Untersuchungen, die bislang nicht oder nur in unzureichendem Umfang durchgeführt wurden, sind durch geeignete Fachplaner vorzunehmen.

7 Beurteilungsgrundlagen und Literatur

[b01] Planfeststellungsbeschluss (PFB) Ausbau Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld vom 13. August 2004 (Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg, Az.: 44/1-6441/1/101).

[b02] Planergänzungsbeschluss "Lärmschutzkonzept BBI" zum Vorhaben "Ausbau Verkehrsflughafen Berlin-Schönefeld" vom 20. Oktober 2009 (Ministerium für Infrastruktur und Raumordnung des Landes Brandenburg, Az.: 44-6441/1/114).

[b03] Urteil OVG 11 A 14.13 des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg vom 25. April 2013.

[b04] Urteil OVG 6 A 31.14 des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg vom 3. Mai 2016.

[b05] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG), Fassung vom 31. Oktober 2007 (BGBl. I S. 2550).

[b06] Zweite Verordnung zur Durchführung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (Flugplatz-Schallschutzmaßnahmenverordnung - 2. FlugLSV), 8. September 2009 (BGBl. I S. 2992).

[s01] Leitfaden Schallschutz der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB), Fassung 01-0, Bearbeitungsstand 21. November 2014 (http://www.berlin-airport.de/de/nachbarn/schallschutzprogramm/bauliche-umsetzung/leitfaden-schallschutz/index.php).

[s02] DIN 4109: 1989-11: Schallschutz im Hochbau - Anforderungen und Nachweise.

[s03] VDI 2719: 1987-08: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen.

[s04] DIN EN ISO 10140-1: 2014-09: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 1: Anwendungsregeln für bestimmte Produkte.

[s05] DIN EN ISO 717-1: 2013-06: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung.

[s06] DIN EN 1793-3: 1997-11: Lärmschutzeinrichtungen an Straßen - Prüfverfahren zur Bestimmung der akustischen Eigenschaften - Teil 3: Standardisiertes Verkehrslärmspektrum.

[s07] VDI 4100: 2012-10: Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz.

[s08] DIN 4109-2: 2016-07: Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen.

[s09] DIN EN ISO 140-5: 1998-12: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 5: Messung der Luftschalldämmung von Fassadenelementen und Fassaden an Gebäuden.

[s10] Weber, L.; Buchele, A.: Akustische Sanierung von Wohngebäuden mit Vorsatzschalen und Vorsatzkonstruktionen - Berechnung, Planung, Optimierung. Forschungsbericht B-BA 2/2008 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (2009).

[s11] DIN EN 12354-1: 2000-04: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen.

[s12] DIN 4109-34: 2016-07: Schallschutz im Hochbau - Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen.

[s13] DIN EN ISO 12354-1: 2016-03 (Entwurf): Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen.

[s14] Weber, L.; Brandstetter, K.-D.: Einheitliche schalltechnische Bemessung von Wärmedämm-Verbundsystemen, Forschungsbericht B-BA 6/2002 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (2003).

[s15] DIN 4109, Beiblatt 1: 1989-11: Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren.

[s16] DIN 4109-33: 2016-07: Schallschutz im Hochbau - Teil 33: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) - Holz-, Leicht- und Trockenbau.

[s17] Schalldämmung von Dachkonstruktionen und Dachflächenfenstern - Messung nach DIN EN ISO 140-3 - Bewertung nach DIN EN ISO 717-1. Prüfbericht 0014.07 / P 145/04 der ITA Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH (März 2007).

[s18] Schallschutz von geneigten Dächern und Dachflächenfenstern. Forschungsbericht BBR Z6 -10.07.03-04.13 / P 145/04 der ITA Ingenieurgesellschaft für Technische Akustik mbH (März 2008).

[s19] Schalldämmende Holzbalken- und Brettstapeldecken - Holzbau Handbuch, Reihe 3, Teil 3, Folge 3. Informationsdienst Holz, Arbeitsgemeinschaft Holz e. V. / Entwicklungsgemeinschaft Holzbau (EGH) (1999).

[s20] Schallschutz Wände und Dächer - Holzbau Handbuch, Reihe 3, Teil 3, Folge 4. Informationsdienst Holz, Holzabsatzfonds / DGfH (2004).

[s21] Gösele, K.; Schüle, W.; Künzel, H.: Schall, Wärme, Feuchte: Grundlagen, neue Erkenntnisse und Ausführungshinweise für den Hochbau. 10. Auflage, Bauverlag (Wiesbaden, 1997).

[s22] Brink Climate Systems, Technisches Datenblatt für das dezentrale Zuluftgerät Sonair F+, Dokument Nr. 613006/A.

[s23] Siegenia, Technisches Datenblatt für das Lüftungsgerät AEROPAC, Stand 11.2014.

[s24] DIN EN ISO 3741:2011-01: Akustik - Bestimmung der Schallleistungs- und Schallenergiepegel von Geräuschquellen aus Schalldruckmessungen - Hallraumverfahren der Genauigkeitsklasse 1.

[s25] Weber, L.; Koch, S.: Anwendung von Spektrum-Anpassungswerten - Teil 1: Luftschalldämmung. Bauphysik 21 (1999), H. 4, S. 167 - 170.

[w01] Pettenkofer, M.: Über den Luftwechsel in Wohngebäuden. Literarisch-artistische Anstalt der J.G. Cotta'schen Buchhandlung, München (1858).

[w02] Bekanntmachung des Umweltbundesamtes (Hrsg): Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumluft. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 51, S. 1358–1369 (2008).

[w03] DIN-4108-2:2013-02: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth-Verlag, Berlin 2013.

[w04] DIN-Fachbericht 4108-8:2010-09: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 8: Vermeidung von Schimmelwachstum in Wohngebäuden. Beuth-Verlag, Berlin 2010.

[w05] DIN 4108-3:2014-11: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung, Beuth-Verlag, Berlin 2014.

[w06] Künzel, H.: Richtiges Heizen und Lüften in Wohnungen. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2012).

[w07] Künzel, H. (Hrsg): Wohnungslüftung und Raumklima. 2., überarbeitete und ergänzte Auflage, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart (2010).

[w08] DIN 1946-6: 2009-05: Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe / Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung.

[w09] DIN 1946-6 Beiblatt 1: 2012-09: Raumlufttechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe / Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung - Beiblatt 1: Beispielberechnungen für ausgewählte Lüftungssysteme.

[w10] Hermes, M.: Stellungnahme zu den fünf Fragen des Oberverwaltungsgerichts Berlin-Brandenburg im Beschluss OVG 6 A 31.14 vom 25. März 2015. Prüfbericht P17-242/2015 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik vom 26. August 2015.

[w11] DIN 4719:2009-07: Lüftung von Wohnungen - Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten.

[w12] Gottschalk, H., Bonnet, F., Beike, M.: Gutachten gemäß Beschluss des Oberverwaltungsgerichtes Berlin-Brandenburg. Gutachten des TÜV Süd, München vom 18.11.2015.

[w13] Nadler,N.: DIN 1946-6 - Anerkannte Regel der Technik? Gesundheits-Ingenieur 132, Heft 6, S.298-301 (2011).

[w14] Oster, N., Bredemeyer, J.: Wird Wohnungslüftung Vermietersache? - Kritische Anmerkungen zur DIN 1946-6 "Lüftung von Wohnungen". Der Bausachverständige 6, S.20-25 (2010).

[w15] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-51.5-206: Dezentraler Wandlüfter AEROPAC SN der Siegenia-Aubi KG. Deutsches Institut für Bautechnik DIBt Berlin, 7. November 2014.

[w16] DIN 4719:2009-07: Lüftung von Wohnungen - Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnungen von Lüftungsgeräten. Beuth Verlag, Berlin 2009.

[w17] DIN EN 15251:2012-12: Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik. Deutsche Fassung EN 15251:2007. Beuth Verlag, Berlin 2012.

[w18] Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation, Universität Stuttgart 1994.

[w19] DIN EN 15026:2007-07: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Deutsche Fassung EN 15026:2007, Beuth-Verlag, Berlin 2007.

[w20] Sedlbauer, K., Künzel, H.M., Maas, A.: Hygrothermische Lüftungskonzepte. Forschungsverbund Erneuerbare Energie (Jahrestagung 2008), Berlin. FVEE, S.65-70, http://publica.fraunhofer.de/dokumente/N-93694.html, 2009.

[w21] Pazold, M., Antretter, F.: Hygrothermische Gebäudesimulation mit Multizonen-Gebäudedurchströmungsmodell, Bauphysik 35, H. 2, S. 86-92., 2013.

[w22] DIN EN 13829:2001-02: Bestimmung der Luftdurchlässigkeit von Gebäuden. Differenzdruckverfahren (ISO 9972:1996, modifiziert), Deutsche Fassung EN 13829:2000, Beuth-Verlag, Berlin 2001.

[w23] DIN EN 12207:2000-06: Fenster und Türen - Luftdurchlässigkeit - Klassifizierung. Deutsche Fassung EN 12207:1999, Beuth-Verlag, Berlin 2000.

[w24] DIN EN ISO 10077-1:2010-05: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines (ISO 10077-1:2006 + Cor. 1:2009); Deutsche Fassung EN ISO 10077-1:2006 + AC:2009, Beuth-Verlag, Berlin 2010.

[w25] DIN EN ISO 12567-1:2010-12: Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern und Türen - Bestimmung des Wärmedurchgangskoeffizienten mittels des Heizkastenverfahrens - Teil 1: Komplette Fenster und Türen (ISO 12567-1:2010); Deutsche Fassung EN ISO 12567-1:2010, Beuth-Verlag, Berlin 2010.

[w26] DIN EN 410:2011-04: Glas im Bauwesen - Bestimmung der lichttechnischen und strahlungsphysikalischen Kenngrößen von Verglasungen. Deutsche Fassung EN 410:2011, Beuth-Verlag, Berlin 2011.

[w27] Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen. Dissertation Universität Stuttgart 2001.

[w28] Antretter, F., Pazold, M., Radon, J., Künzel, H.M.: Kopplung von dynamischer Wärmebrückenberechnung mit hygrothermischer Gebäudesimulation. Bauphysik 35, H. 3, S.181-192, 2013.

[w29] Lengsfeld, K., Holm, A.: Entwicklung und Validierung einer hygrothermischen Raumklima-Simulationssoftware WUFI® Plus, Bauphysik 29, H. 3, S. 178-186, 2007.

[w30] Künzel, H.M., Holm, A., Kaufmann, A.: Raumluftbedingungen für die Feuchteschutzbeurteilung von Wohngebäuden, IBP-Mitteilung 427, Fraunhofer Institut für Bauphysik 2003.

[w31] Sedlbauer, K., Krus, M.: Schimmelpilze an Wohngebäuden. - Altes Thema, neue Lösungen. Beitrag zum 3. Dahlberg-Kolloquium "Mikroorganismen und Bauwerksinstandsetzung", Wismar 2001.

[w32] Künzel, H.-M., Hermes, M. : Innendämmung in der Fensterlaibung - Energetische Konsequenzen von Innendämmassnahmen. In: Leitfaden Innendämmung, Hrsgb.: DBZ Deutsche Bauzeitschrift und Arbeitskreis Innendämmung im Fachverband WDVS e.V., Bauverlag BV GmbH Gütersloh, S. 16 - 21 (2015).

8 Verzeichnis der Anlagen zum Gutachten

Anlage 1 Messbericht für das Gebäude mit Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W

Anlage 2 Messbericht für das Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W

Anlage 3 Messbericht für das Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W

Anlage 1 Messbericht für das Gebäude mit **Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W**

Fraunhofer
IBP

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und
Zertifizierung
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile
und Bauarten

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Messbericht

Luftschalldämmung einer Außenwand und eines Fensters nach DIN EN ISO 140-5: 1998

Auftraggeber:
Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden
Flughafen Schönefeld e.V.
Am Rathaus 1

14979 Großbeeren

Stuttgart,
15. November 2015

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12 · D-70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/970-00
Telefax +49 (0) 711/970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Prüfstelle Bauakustik und Schallimmissionsschutz
Nobelstraße 12 D-70569 Stuttgart
Telefon +49(0) 711/970-3314; Fax -3406
akustik@ipb.fraunhofer.de
www.ibp.fraunhofer.de/de/pruefstellen/bauakustik.html

ilac-MRA DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-11140-11-01

1. Ort und Datum der Messungen

Die Messungen wurden am 26. August 2015 im Gebäude mit Aktenzeichen 13442 – Bla – XETN – 10 W durchgeführt.

2. Prüfgegenstand

2.1 Außenwand (Raum A2, Bauteil A2.3 – Wohnzimmer (Schlafzimmer)), Ostseite:
Putz – 1-schaliges Mauerwerk – Wärmedämm-Verbundsystem – Putz
Gesamtdicke: ca. 500 mm.

2.2 Kunststoff-Fenster (Raum A2 – Wohnzimmer (Schlafzimmer)), Südseite:
In Holzzarge eingebaut, Baujahr 2002, 1-flügelig, 2 Dichtungen, glasteilende Sprossen, Isolierverglasung: zwei 4 mm Floatglasscheiben und 16 mm Scheibenzwischenraum (Gasfüllung unbekannt)

3. Prüfverfahren und Prüfbedingungen

Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und DIN EN ISO 140-5 Berichtigung 1: 2008 durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes und der Spektrum-Anpassungswerte erfolgte nach DIN EN ISO 717-1: 2013. Prüfschall war rosa Rauschen, das empfangsseitig mit Terzfiltern gefiltert wurde. Der Schalldruckpegel im Empfangsraum wurde durch stehende Mikrofonpositionen auf unterschiedlichen Höhen räumlich gemittelt. Die Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels auf der Prüfobjektoberfläche erfolgte durch punktweise Abtastung über die gesamte Fläche des Prüfobjekts. Das Bau-Schalldämm-Maß wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R'_{45°} = L_{1,S} - L_2 + 10 \lg (S/A) \text{ dB} - 1{,}5 \text{ dB}.$$

Dabei bedeuten:

$R'_{45°}$ =	Bau-Schalldämm-Maß
$L_{1,S}$ =	Schalldruckpegel auf der Fläche des Prüfobjekts
L_2 =	Schalldruckpegel im Empfangsraum
S =	Prüffläche (lichte Öffnung der Trennwand im Empfangsraum)
A=	äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit.

4. Prüfaufbau und Prüfbedingungen

Abmessungen der Prüfräume:

Senderaum:	Außen, Lautsprecheranregung (45°-Aufstellung, Abstand zur Fassade d = 5,30 m).
Empfangsraum (L x B x H):	4,29 m x 3,25 m x 2,77 m; V = 38,6 m³
Prüföffnungen (B x H):	
Außenwand:	4,29 m x 2,77 m; S = 11,9 m²
Kunststoff-Fenster:	1,46 m x 1,48 m; S = 2,2 m².

Verwendete Messgeräte:

Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2122340
Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2172092
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1688866
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1222159
Pistonfon	Brüel & Kjær 4220 S.Nr. 1048377
Analysator:	Norsonic 840/1 S.Nr. 17855
Verstärker:	Norsonic Typ 235 S.Nr. 22591
Lautsprecher:	Norsonic Typ Nr. 270

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Die Messkette verfügte über eine gültige Eichung.

5. Messergebnisse

Das gemessene Bau-Schalldämm-Maß ist in den Bildern 1 und 2 in Abhängigkeit von der Frequenz tabellarisch und grafisch dargestellt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß und die Spektrum-Anpassungswerte betragen für

die Außenwand: $R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,\,50\text{-}5000}$) = 56 (-6; -12; -6; -12) dB

das Kunststoff-Fenster: $R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,\,50\text{-}5000}$) = 31 (-3; -8; -2; -8) dB.

Dieser Messbericht besteht aus 3 Seiten und 2 Bildern. Die aufgeführten Messergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Prüfobjekte. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Stuttgart den 15. November 2015
DB/Be

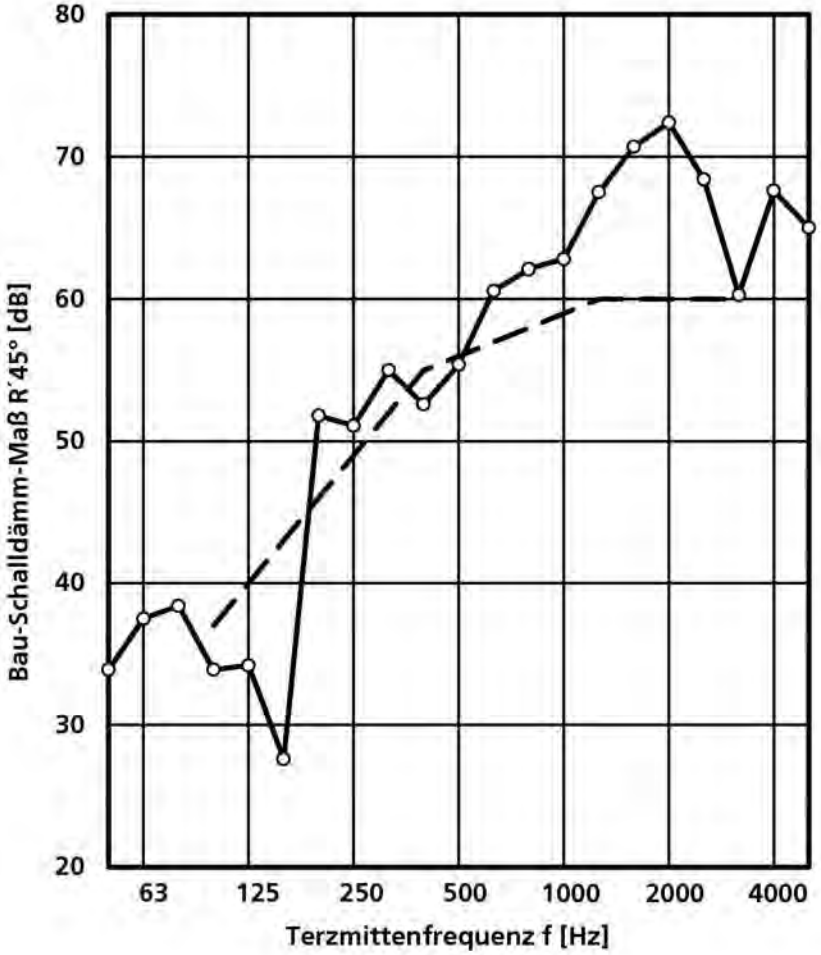
Fraunhofer IBP

Bild 1

Messdatum:	26. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 13442 – Bla – XETN – 10 W
Prüfobjekt:	Außenwand A2.3 (Raum A2 – Wohnzimmer (Schlafzimmer)), Ostseite: Putz – einschaliges Mauerwerk – Wärmedämm-Verbundsystem – Putz Gesamtdicke: ca. 500 mm
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 56 (-6; -12; -6; -12) dB

f [Hz]	R [dB]
50	33,9
63	37,5
80	38,4
100	33,9
125	34,2
160	27,6
200	51,8
250	51,1
315	55,0
400	52,6
500	55,4
630	60,6
800	62,1
1000	62,8
1250	67,5
1600	70,7
2000	72,4
2500	68,4
3150	60,3
4000	67,6
5000	65,0



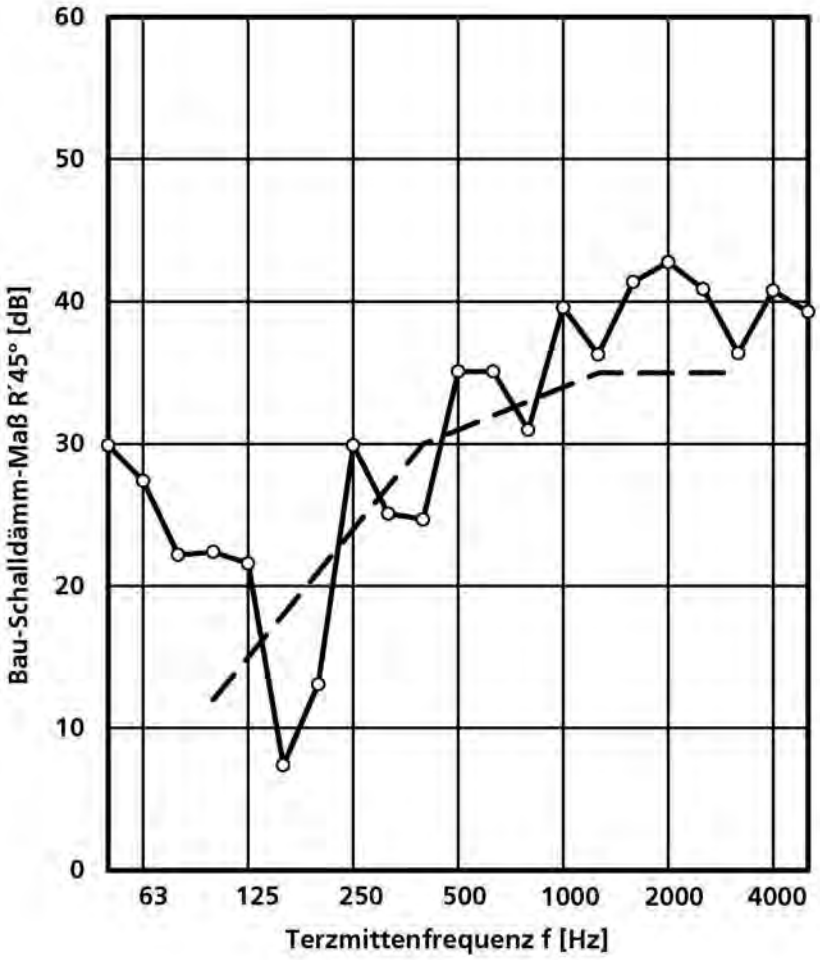
Fraunhofer IBP

Bild 2

Messdatum:	26. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 13442 – Bla – XETN – 10 W
Prüfobjekt:	Kunststoff-Fenster A2.1 (Raum A2 – Wohnzimmer (Schlafzimmer)), Südseite: In Holzzarge eingebaut, Baujahr 2002, 1-flügelig, 2 Dichtungen, glasteilende Sprossen, Isolierverglasung: zwei 4 mm Floatglasscheiben und 16 mm Scheibenzwischenraum (Gasfüllung unbekannt)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 31 (-3; -8; -2; -8) dB

f [Hz]	R [dB]
50	29,9
63	27,4
80	22,2
100	22,4
125	21,6
160	7,4
200	13,1
250	29,9
315	25,1
400	24,7
500	35,1
630	35,1
800	31,0
1000	39,6
1250	36,3
1600	41,4
2000	42,8
2500	40,9
3150	36,4
4000	40,8
5000	39,3



Anlage 2 Messbericht für das Gebäude mit **Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W**

Fraunhofer
IBP

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und
Zertifizierung
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile
und Bauarten

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Messbericht

Luftschalldämmung einer Außenwand und eines Fensters nach DIN EN ISO 140-5: 1998

Auftraggeber:
Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden
Flughafen Schönefeld e.V.
Am Rathaus 1

14979 Großbeeren

Stuttgart,
30. Januar 2016

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12 · D-70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/970-00
Telefax +49 (0) 711/970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Prüfstelle Bauakustik und Schallimmissionsschutz
Nobelstraße 12 D-70569 Stuttgart
Telefon +49(0) 711/970-3314; Fax -3406
akustik@ipb.fraunhofer.de
www.ibp.fraunhofer.de/de/pruefstellen/bauakustik.html

ilac-MRA DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-11140-11-01

1. Ort und Datum der Messungen

Die Messungen wurden am 27. August 2015 im Gebäude mit Aktenzeichen 02879 – Szd – XXTN – 07 W durchgeführt.

2. Prüfgegenstand

2.1 Außenwand B04.2 (Raum B04 – Schlafzimmer):
10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Außenputz, 150 mm Lufteinlass.

2.2 Kunststoff-Fenster B04.1 (Raum B04 – Schlafzimmer):
Kunststoff-Fenster, 2-flügelig, 2 Dichtungen, Isolierverglasung: eine 6 mm Floatglasscheibe und eine 8 mm Floatglasscheibe,Scheibenzwischenraum 16 mm (Gasfüllung unbekannt).

3. Prüfverfahren und Prüfbedingungen

Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und DIN EN ISO 140-5 Berichtigung 1: 2008 durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes und der Spektrum-Anpassungswerte erfolgte nach DIN EN ISO 717-1: 2013. Prüfschall war rosa Rauschen, das empfangsseitig mit Terzfiltern gefiltert wurde. Der Schalldruckpegel im Empfangsraum wurde durch stehende Mikrofonpositionen auf unterschiedlichen Höhen räumlich gemittelt. Die Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels auf der Prüfobjektoberfläche erfolgte durch punktweise Abtastung über die gesamte Fläche des Prüfobjekts. Das Bau-Schalldämm-Maß wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R'_{45°} = L_{1,S} - L_2 + 10 \lg (S/A) \text{ dB} - 1{,}5 \text{ dB}.$$

Dabei bedeuten:

$R'_{45°}$ =	Bau-Schalldämm-Maß
$L_{1,S}$ =	Schalldruckpegel auf der Fläche des Prüfobjekts
L_2 =	Schalldruckpegel im Empfangsraum
S =	Prüffläche (lichte Öffnung der Trennwand im Empfangsraum)
A=	äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit.

4. Prüfaufbau und Prüfbedingungen

Abmessungen der Prüfräume:

Senderaum:	Außen, Lautsprecheranregung (45° - Aufstellung, Abstand zur Fassade d = 5,30 m).
Empfangsraum (L x B x H):	3,62 m x 2,52 m x 2,57 m; V = 23,5 m³
Prüföffnungen (B x H):	
Außenwand:	3,62 m x 2,57 m; S = 9,3 m²
Kunststoff-Fenster:	1,05 m x 1,40 m; S = 1,5 m².

Verwendete Messgeräte:

Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2122340
Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2172092
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1688866
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1222159
Pistonfon	Brüel & Kjær 4220 S.Nr. 1048377
Analysator:	Norsonic 840/1 S.Nr. 17855
Verstärker:	Norsonic Typ 235 S.Nr. 22591
Lautsprecher:	Norsonic Typ Nr. 270

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Die Messkette verfügte über eine gültige Eichung.

5. Messergebnisse

Das gemessene Bau-Schalldämm-Maß ist in den Bildern 1 und 2 in Abhängigkeit von der Frequenz tabellarisch und grafisch dargestellt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß und die Spektrum-Anpassungswerte betragen für

die Außenwand: $R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,\,50\text{-}5000}$) = 45 (-2; -5; -1; -5) dB

das Kunststoff-Fenster: $R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,\,50\text{-}5000}$) = 39 (-1; -4; -1; -4) dB.

Dieser Messbericht besteht aus 3 Seiten und 2 Bildern. Die aufgeführten Messergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Prüfobjekte. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Stuttgart den 30. Januar 2016
DB/Be

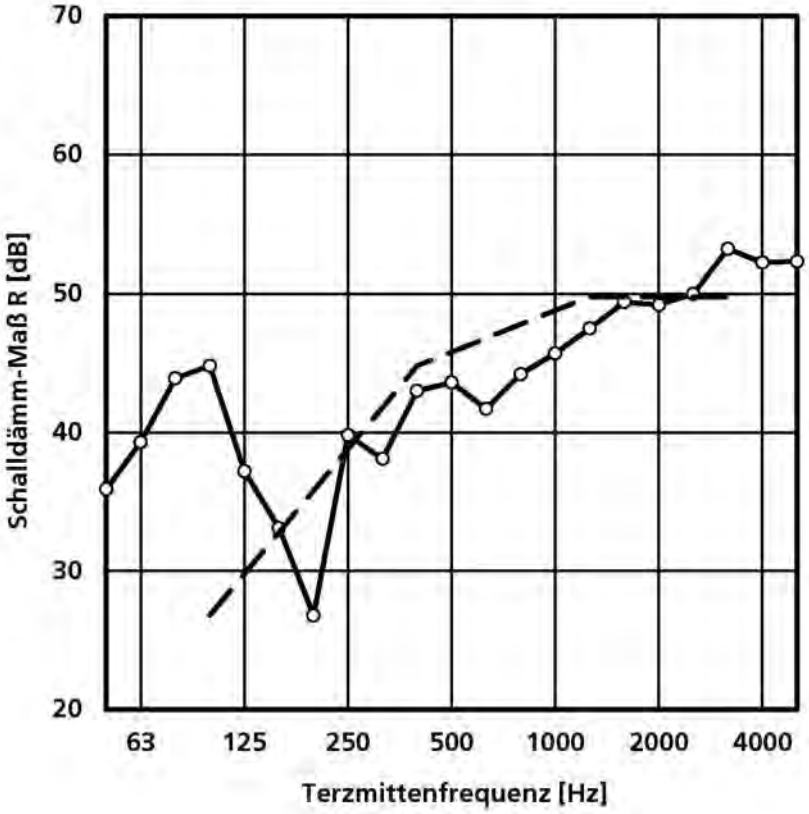
Fraunhofer IBP

Bild 1

Messdatum:	27. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 02879 – Szd – XXTN – 07 W
Prüfobjekt:	Außenwand B04.2 (Raum B04 – Schlafzimmer: 10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Außenputz, 150 mm Lufteinlass
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 45 (-2; -5; -1; -5) dB

f [Hz]	R [dB]
50	35,9
63	39,3
80	43,9
100	44,8
125	37,2
160	33,1
200	26,8
250	39,8
315	38,1
400	43,0
500	43,6
630	41,7
800	44,2
1000	45,7
1250	47,5
1600	49,4
2000	49,2
2500	50,0
3150	53,2
4000	52,2
5000	52,3



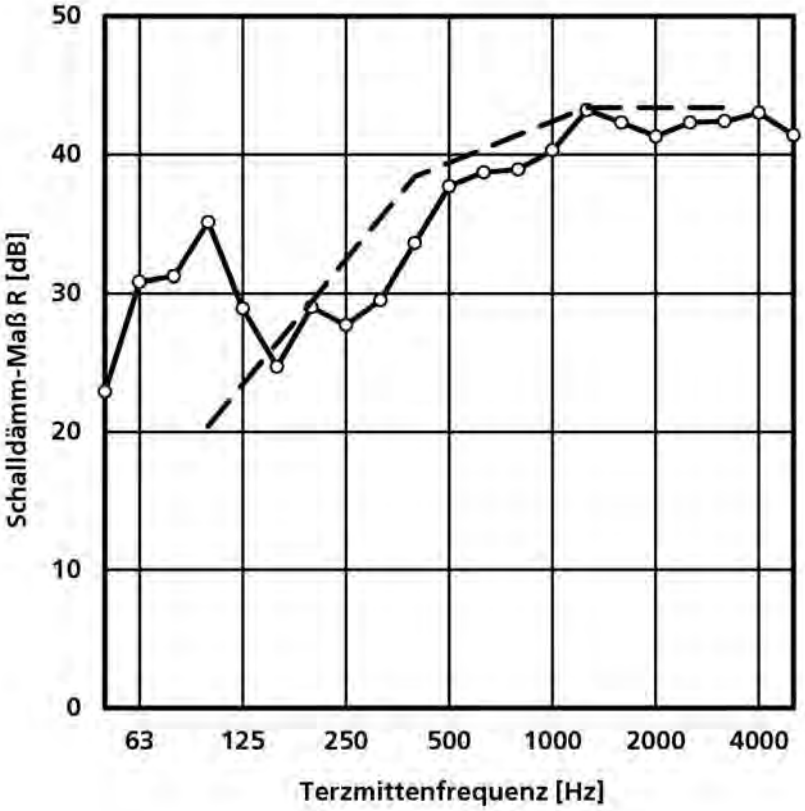
Fraunhofer IBP

Bild 2

Messdatum:	27. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 02879 – Szd – XXTN – 07 W
Prüfobjekt:	Kunststoff-Fenster B04.1 (Raum B04 – Schlafzimmer: Kunststoff-Fenster, 2-flügelig, 2 Dichtungen, Isolierverglasung: eine 6 mm Floatglasscheibe und eine 8 mm Floatglasscheibe, Scheibenzwischenraum 16 mm (Gasfüllung unbekannt)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,W}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 39 (-1; -4; 0; -4) dB

f [Hz]	R [dB]
50	22,9
63	30,8
80	31,2
100	35,1
125	28,9
160	24,7
200	29,0
250	27,7
315	29,5
400	33,6
500	37,7
630	38,7
800	38,9
1000	40,3
1250	43,2
1600	42,3
2000	41,3
2500	42,3
3150	42,4
4000	43,0
5000	41,4



Anlage 3 Messbericht für das Gebäude mit **Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W**

Fraunhofer
IBP

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und
Zertifizierung
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile
und Bauarten

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Messbericht

Luftschalldämmung einer Außenwand und eines Fensters mit Rolladenkasten nach DIN EN ISO 140-5: 1998

Auftraggeber:
Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden
Flughafen Schönefeld e.V.
Am Rathaus 1

14979 Großbeeren

Stuttgart,
23. Januar 2016

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12 · D-70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/970-00
Telefax +49 (0) 711/970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Prüfstelle Bauakustik und Schallimmissionsschutz
Nobelstraße 12 D-70569 Stuttgart
Telefon +49(0) 711/970-3314; Fax -3406
akustik@ipb.fraunhofer.de
www.ibp.fraunhofer.de/de/pruefstellen/bauakustik.html

ilac-MRA DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-11140-11-01

1. Ort und Datum der Messungen

Die Messungen wurden am 25. August 2015 im Gebäude mit Aktenzeichen 07539 – Tre – XXTN – 08 W durchgeführt.

2. Prüfgegenstand

2.1 Außenwand A3.3 (Raum A3 – Wohnküche):
35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)

2.2 Kunststoff-Fenster A3.1 (Raum A3 – Wohnküche):
Kunststoff-Fenster mit Isolierverglasung 4/16/4, 1-flügelig, mit Aufsatz-Rolladenkasten (Kurbelbetrieb)

3. Prüfverfahren und Prüfbedingungen

Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und DIN EN ISO 140-5 Berichtigung 1: 2008 durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes und der Spektrum-Anpassungswerte erfolgte nach DIN EN ISO 717-1: 2013. Prüfschall war rosa Rauschen, das empfangsseitig mit Terzfiltern gefiltert wurde. Der Schalldruckpegel im Empfangsraum wurde durch stehende Mikrofonpositionen auf unterschiedlichen Höhen räumlich gemittelt. Die Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels auf der Prüfobjektoberfläche erfolgte durch punktweise Abtastung über die gesamte Fläche des Prüfobjekts. Das Bau-Schalldämm-Maß wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R'_{45°} = L_{1,S} - L_2 + 10 \lg (S/A) \text{ dB} - 1{,}5 \text{ dB}.$$

Dabei bedeuten:

$R'_{45°}$ = Bau-Schalldämm-Maß
$L_{1,S}$ = Schalldruckpegel auf der Fläche des Prüfobjekts
L_2 = Schalldruckpegel im Empfangsraum
S = Prüffläche (lichte Öffnung der Trennwand im Empfangsraum)
A = äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit.

4. Prüfaufbau und Prüfbedingungen

Abmessungen der Prüfräume:

Senderaum:	Außen, Lautsprecheranregung (45° - Aufstellung, Abstand zur Fassade d = 5,10 m).
Empfangsraum (L x B x H):	4,33 m x 3,32 m x 2,72 m; V = 39,1 m³
Prüföffnungen (B x H):	
Außenwand:	4,33 m x 2,72 m; S = 11,78 m²
Kunststoff-Fenster:	1,01 m x 1,46 m; S = 1,47 m²
Rolladenkasten:	1,01 m x 0,16 m; S = 0,16 m².

Verwendete Messgeräte:

Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2122340
Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2172092
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1688866
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1222159
Pistonfon	Brüel & Kjær 4220 S.Nr. 1048377
Analysator:	Norsonic 840/1 S.Nr. 17855
Verstärker:	Norsonic Typ 235 S.Nr. 22591
Lautsprecher:	Norsonic Typ Nr. 270

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Die Messkette verfügte über eine gültige Eichung.

5. Messergebnisse

Das gemessene Bau-Schalldämm-Maß ist in den Bildern 1 und 2 in Abhängigkeit von der Frequenz tabellarisch und grafisch dargestellt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß und die Spektrum-Anpassungswerte betragen für

die Außenwand: $R'_{45°, w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr, 100\text{-}5000}$) = 46 (-1; -4; 0; -4) dB

das Kunststoff-Fenster
mit Aufsatz-Rolladenkasten: $R'_{45°, w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr, 50\text{-}5000}$) = 28 (-1; -4; 0; -4) dB.

Dieser Messbericht besteht aus 3 Seiten und 2 Bildern. Die aufgeführten Messergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Prüfobjekte. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

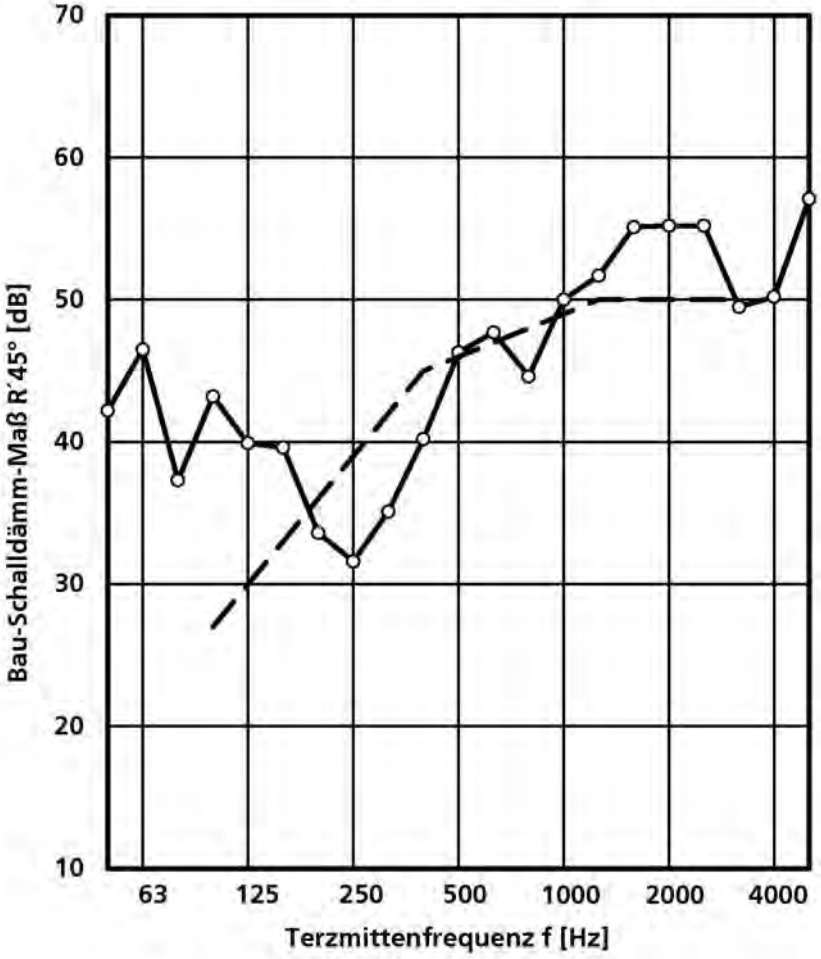
Stuttgart den 23. Januar 2016
DB/Be

Fraunhofer
IBP

Bild 1

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07539 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Außenwand A3.3 (Raum A3 – Wohnküche): 35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013 $R'_{45°,W}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 46 (-1; -4; 0; -4) dB

f [Hz]	R [dB]
50	42,2
63	46,5
80	37,3
100	43,2
125	39,9
160	39,6
200	33,6
250	31,6
315	35,1
400	40,2
500	46,3
630	47,7
800	44,6
1000	50
1250	51,7
1600	55,1
2000	55,2
2500	55,2
3150	49,5
4000	50,2
5000	57,1

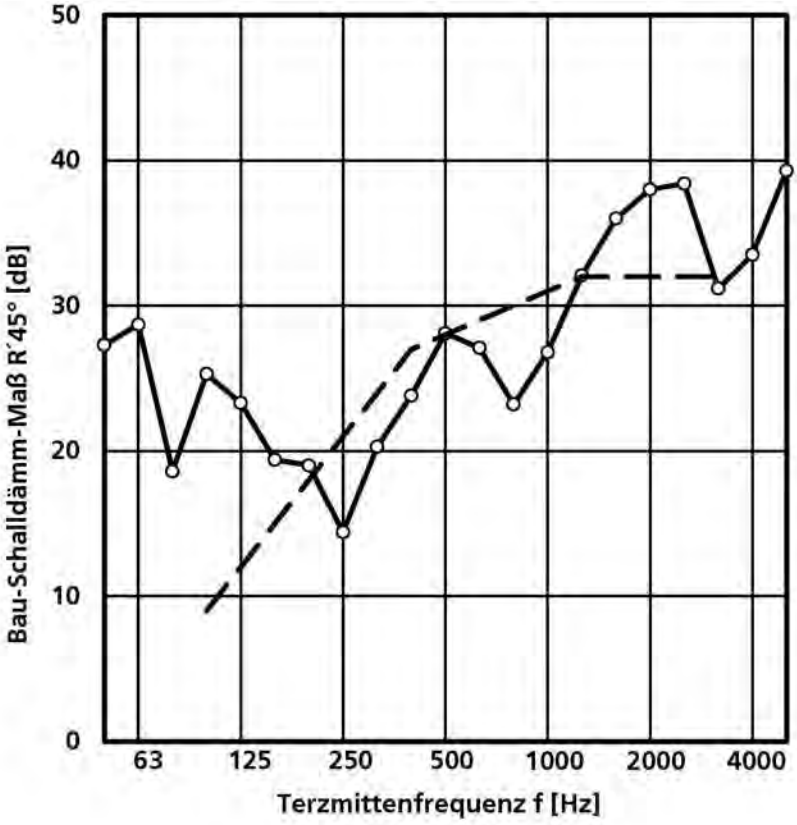


Fraunhofer
IBP

Bild 2

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07539 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Kunststoff-Fenster A3.1 (Raum A3 – Wohnküche): In Holzzarge eingebaut, 1-flügelig, ohne Dichtungen, Isolierverglasung: zwei 4 mm Floatglasscheiben und 16 mm Scheibenzwischenraum (Gasfüllung unbekannt)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013 $R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 28 (-1; -4; 0; -4) dB

f [Hz]	R [dB]
50	27,3
63	28,7
80	18,6
100	25,3
125	23,3
160	19,4
200	19
250	14,4
315	20,3
400	23,8
500	28,1
630	27,1
800	23,2
1000	26,8
1250	32,1
1600	36
2000	38
2500	38,4
3150	31,2
4000	33,5
5000	39,3



Anlage 4 Messbericht für das Gebäude mit **Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W**

Fraunhofer
IBP

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle
für Prüfung, Überwachung und
Zertifizierung
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile
und Bauarten

Institutsleiter
Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner
Prof. Dr. Klaus Peter Sedlbauer

Messbericht

Luftschalldämmung einer Außenwand (Kniestock), eines Fensters mit Rolladenkasten, einer Festverglasung, eines Flachdachs, einer Kehlbalkendecke mit Dachschräge und einer Dachschräge nach DIN EN ISO 140-5: 1998

Auftraggeber:
Schutzgemeinschaft Umlandgemeinden
Flughafen Schönefeld e.V.
Am Rathaus 1

14979 Großbeeren

Stuttgart,
24. Januar 2016

Fraunhofer-Institut für Bauphysik
Nobelstraße 12 · D-70569 Stuttgart
Telefon +49 (0) 711/970-00
Telefax +49 (0) 711/970-3395
www.ibp.fraunhofer.de

Prüfstelle Bauakustik und Schallimmissionsschutz
Nobelstraße 12 D-70569 Stuttgart
Telefon +49(0) 711/970-3314; Fax -3406
akustik@ipb.fraunhofer.de
www.ibp.fraunhofer.de/de/pruefstellen/bauakustik.html

ilac-MRA DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-11140-11-01

1. Ort und Datum der Messungen

Die Messungen wurden am 25. August 2015 im Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W durchgeführt.

2. Prüfgegenstand

2.1 Außenwand (Kniestock) A4.3 (Raum A4 – Schlafzimmer):
60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, (- 2dB für WDVS)

2.2 Kunststoff-Fenstertür A1.2 mit Aufsatz-Rolladenkasten A1.9 (Raum A1 – Wohnzimmer):
Kunststoff-Fenster mit Isolierverglasung 4/16/4, 2-flügelig, Baujahr 2001, mit Aufsatz-Rolladenkasten (Gurtbetrieb)

2.3 Kunststoff-Festverglasung A1.3 (Raum A1 – Wohnzimmer):
Kunststoff-Festverglasung mit Isolierverglasung 4/16/4, Baujahr 2001

2.4 Flachdach A1.7 (Raum A1 – Wohnzimmer):
12,5 mm GKB, 14 cm EPS, Schalung, 3 Lagen Bitumendachpappe, Kies

2.5 Kehlbalkendecke mit Dachschräge A4.5 (Raum A4 – Schlafzimmer):
12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Luftraum, Lattung, Ziegeleindeckung

2.6 Dachschräge A4.4 (Raum A4 – Schlafzimmer):
12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung

3. Prüfverfahren und Prüfbedingungen

Die Messungen wurden nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und DIN EN ISO 140-5 Berichtigung 1: 2008 durchgeführt. Die Berechnung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes und der Spektrum-Anpassungswerte erfolgte nach DIN EN ISO 717-1: 2013. Prüfschall war rosa Rauschen, das empfangsseitig mit Terzfiltern gefiltert wurde. Der Schalldruckpegel im Empfangsraum wurde durch stehende Mikrofonpositionen auf unterschiedlichen Höhen räumlich gemittelt. Die Bestimmung des mittleren Schalldruckpegels auf der Prüfobjektoberfläche erfolgte durch punktweise Abtastung über die gesamte Fläche des Prüfobjekts. Das Bau-Schalldämm-Maß wurde nach folgender Beziehung ermittelt:

$$R'_{45°} = L_{1,5} - L_2 + 10 \lg (S/A) \text{ dB} - 1{,}5 \text{ dB}.$$

Dabei bedeuten:

$R'_{45°}$ = Bau-Schalldämm-Maß
$L_{1,5}$ = Schalldruckpegel auf der Fläche des Prüfobjekts
L_2 = Schalldruckpegel im Empfangsraum
S = Prüffläche (lichte Öffnung der Trennwand im Empfangsraum)
A= äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum, bestimmt aus Messungen der Nachhallzeit.

4. Prüfaufbau und Prüfbedingungen

Abmessungen der Prüfräume:	
Senderaum:	Außen, Lautsprecheranregung (45° - Aufstellung, Abstand zur Fassade d = 5,20 m).
Empfangsräume (L x B x H):	Raum A1: 5,38 m x 4,20 m x 2,65 m; V = 59,9 m³
	Raum A4: 3,68 m x 3,37 m x 2,43 m; V = 29,3 m³
Prüföffnungen (B x H):	
Außenwand/ Kniestock A4.3:	3,68 m x 1,70 m; S = 6,27 m²
Kunststoff-Fenstertür A1.2	
mit Aufsatz-Rolladenkasten A1.9:	1,53 m x 2,26 m; S = 3,46 m²
Festverglasung A1.3:	1,58 m x 0,58 m; S = 0,92 m²
Flachdach A1.7:	5,38 m x 4,20 m; S = 22,60 m²
Kehlbalkendecke + Dach A4.5:	3,68 m x 2,70 m; S = 9,95 m²
Dachschräge A4.4:	3,68 m x 0,99 m; S = 3,65 m².

Verwendete Messgeräte:

Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2122340
Mikrofon:	Brüel & Kjær 4190 S.Nr. 2172092
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1688866
Vorverstärker:	Brüel & Kjær 2639 S.Nr. 1222159
Pistonfon	Brüel & Kjær 4220 S.Nr. 1048377
Analysator:	Norsonic 840/1 S.Nr. 17855
Verstärker:	Norsonic Typ 235 S.Nr. 22591
Lautsprecher:	Norsonic Typ Nr. 270

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Die Messkette verfügte über eine gültige Eichung.

5. Messergebnisse

Das gemessene Bau-Schalldämm-Maß ist in den Bildern 1 bis 6 in Abhängigkeit von der Frequenz tabellarisch und grafisch dargestellt. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß und die Spektrum-Anpassungswerte betragen für

die Außenwand/ Kniestock:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 46 (-1; -4; -1; -6) dB
die Kunststoff-Fenstertür mit Aufsatz-Rolladenkasten:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 29 (-1; -4; 0; -5) dB.
die Kunststoff-Festverglasung:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 29 (-2; -5; -1; -5) dB
das Flachdach:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 49 (-1; -5; 0; -6) dB
die Kehlbalkendecke + Dach:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 45 (-3; -10; -4; --14) dB
die Dachschräge:	$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 41 (-3; -10; -4; --14) dB

Dieser Messbericht besteht aus 3 Seiten und 6 Bildern. Die aufgeführten Messergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Prüfobjekte. Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Stuttgart den 24. Januar 2016
DB/Be

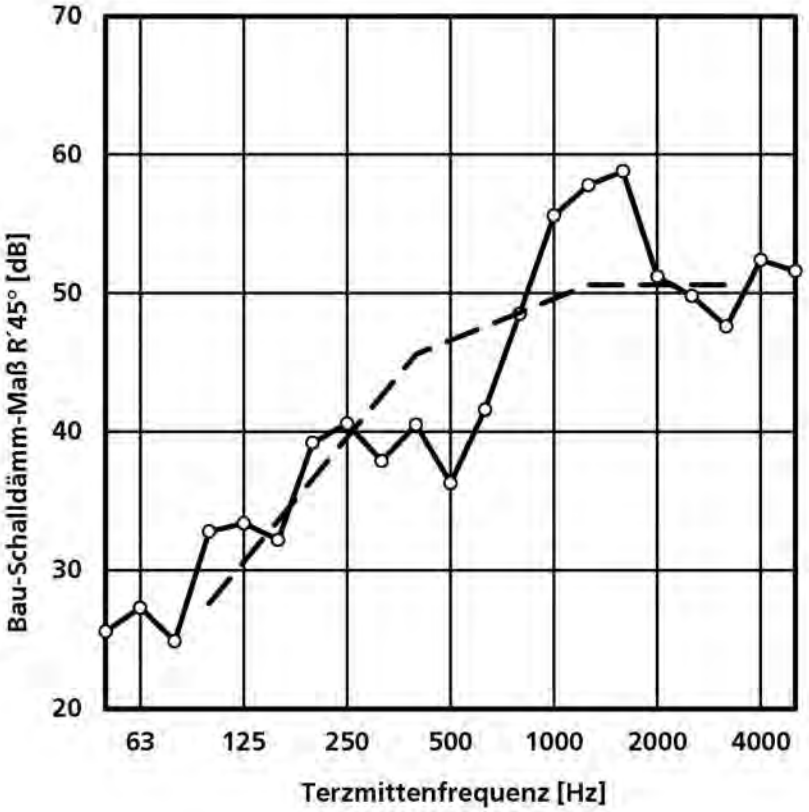
Fraunhofer
IBP

Bild 1

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Außenwand (Kniestock) A4.3 (Raum A4 – Schlafzimmer): 60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, (- 2dB für WDVS)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 46 (-1; -4; -1; -6) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	25,6
63	27,3
80	24,9
100	32,8
125	33,4
160	32,2
200	39,2
250	40,6
315	37,9
400	40,5
500	36,3
630	41,6
800	48,5
1000	55,6
1250	57,8
1600	58,8
2000	51,2
2500	49,8
3150	47,6
4000	52,4
5000	51,6



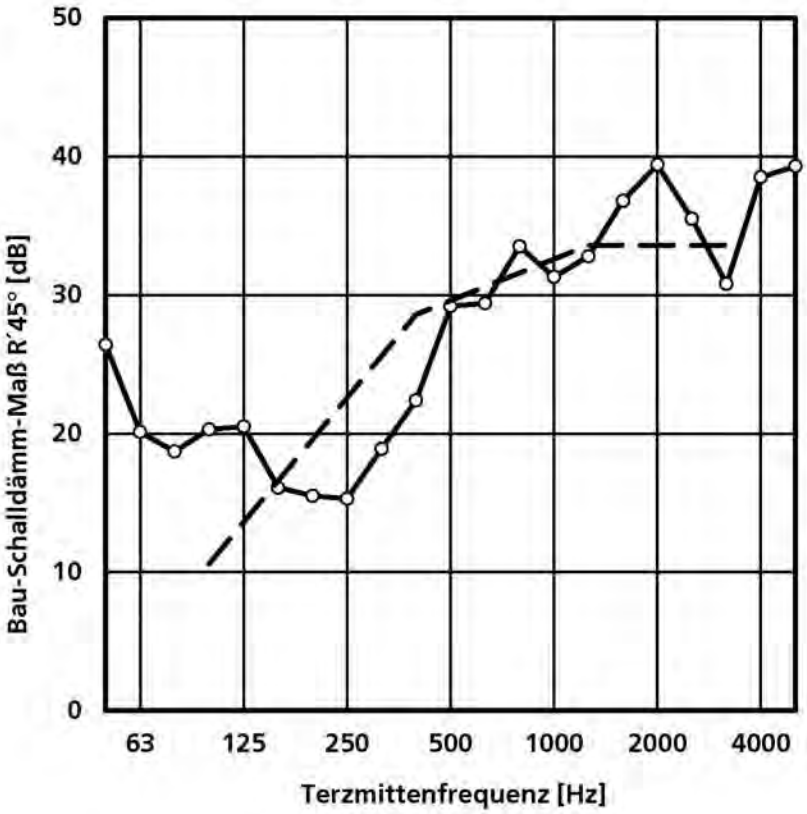
Fraunhofer
IBP

Bild 2

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Kunststoff-Fenstertür A1.2 mit Aufsatz-Rolladenkasten A1.9 (Raum A1 – Wohnzimmer): Kunststoff-Fenster mit Isolierverglasung: zwei 4 mm Floatglasscheiben und 16 mm Scheibenzwischenraum (Gasfüllung unbekannt), 2-flügelig, Baujahr 2001, mit Aufsatz-Rolladenkasten (Gurtbetrieb)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°, w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr, 50\text{-}5000}$) = 29 (-1; -4; 0; -5) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	26,4
63	20,1
80	18,7
100	20,3
125	20,5
160	16,1
200	15,5
250	15,3
315	18,9
400	22,4
500	29,2
630	29,4
800	33,5
1000	31,3
1250	32,8
1600	36,8
2000	39,4
2500	35,5
3150	30,8
4000	38,5
5000	39,3



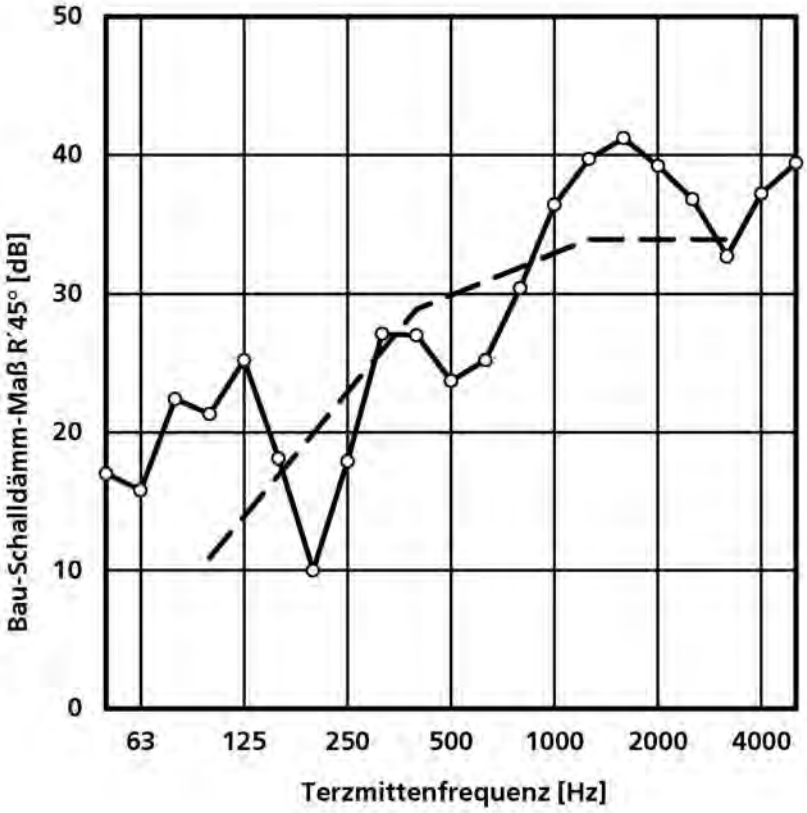
Fraunhofer
IBP

Bild 3

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Festverglasung A1.3, Kunststoff, mit Isolierverglasung: zwei 4 mm Floatglasscheiben und 16 mm Scheibenzwischenraum (Gasfüllung unbekannt), Baujahr 2001, (Raum A1 – Wohnzimmer)
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 29 (-2; -5; -1; -5) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	17,0
63	15,8
80	22,4
100	21,3
125	25,2
160	18,1
200	10,0
250	17,9
315	27,1
400	27,0
500	23,7
630	25,2
800	30,4
1000	36,4
1250	39,7
1600	41,2
2000	39,2
2500	36,8
3150	32,7
4000	37,2
5000	39,4



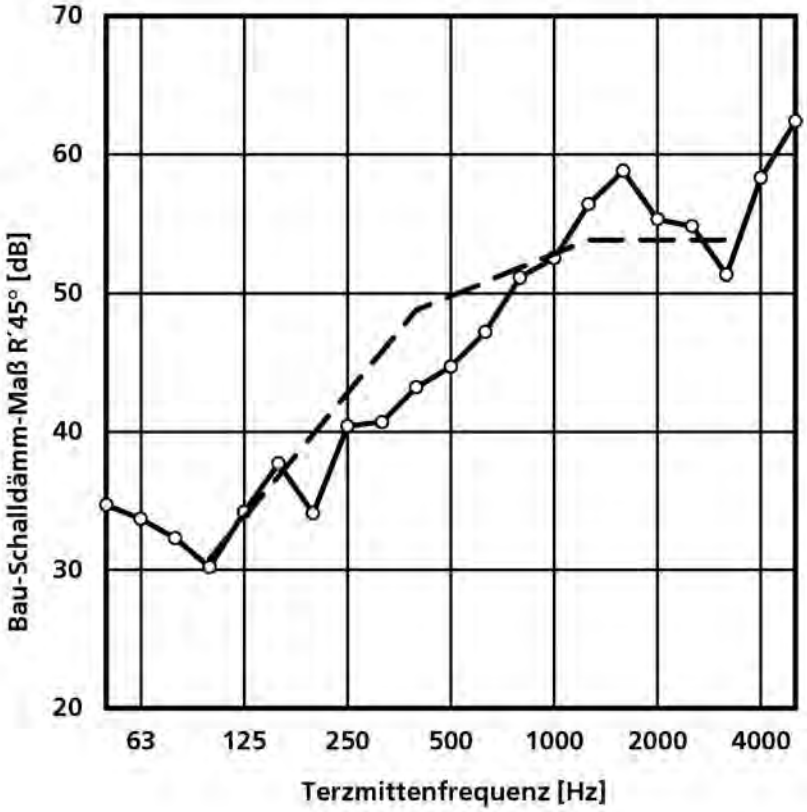
Fraunhofer IBP

Bild 4

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Flachdach A1.7 (Raum A1 – Wohnzimmer): 12,5 mm GKB, 14 cm EPS, Schalung, 3 Lagen Bitumendachpappe, Kies
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 49 (-1; -5; 0; -6) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	34,7
63	33,7
80	32,3
100	30,2
125	34,2
160	37,7
200	34,1
250	40,4
315	40,7
400	43,2
500	44,7
630	47,2
800	51,1
1000	52,5
1250	56,4
1600	58,8
2000	55,3
2500	54,8
3150	51,3
4000	58,3
5000	62,4



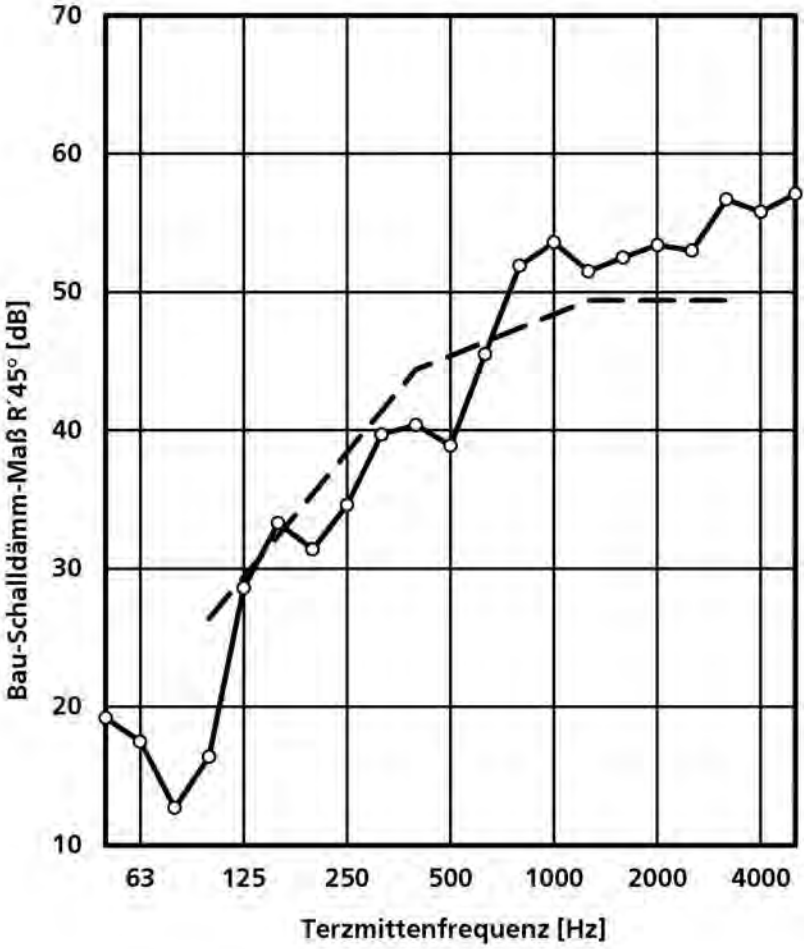
Fraunhofer
IBP

Bild 5

Messdatum:	25. August 2015
Messort:	Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt:	Kehlbalkendecke mit Dachschräge A4.5 (Raum A4 – Schlafzimmer): 12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Luftraum, Lattung, Ziegeleindeckung
Messergebnis:	Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,W}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 45 (-3; -10; -4; -14) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	19,2
63	17,5
80	12,7
100	16,4
125	28,6
160	33,3
200	31,4
250	34,6
315	39,7
400	40,4
500	38,9
630	45,5
800	51,9
1000	53,6
1250	51,5
1600	52,5
2000	53,4
2500	53,0
3150	56,7
4000	55,8
5000	57,1



Fraunhofer
IBP

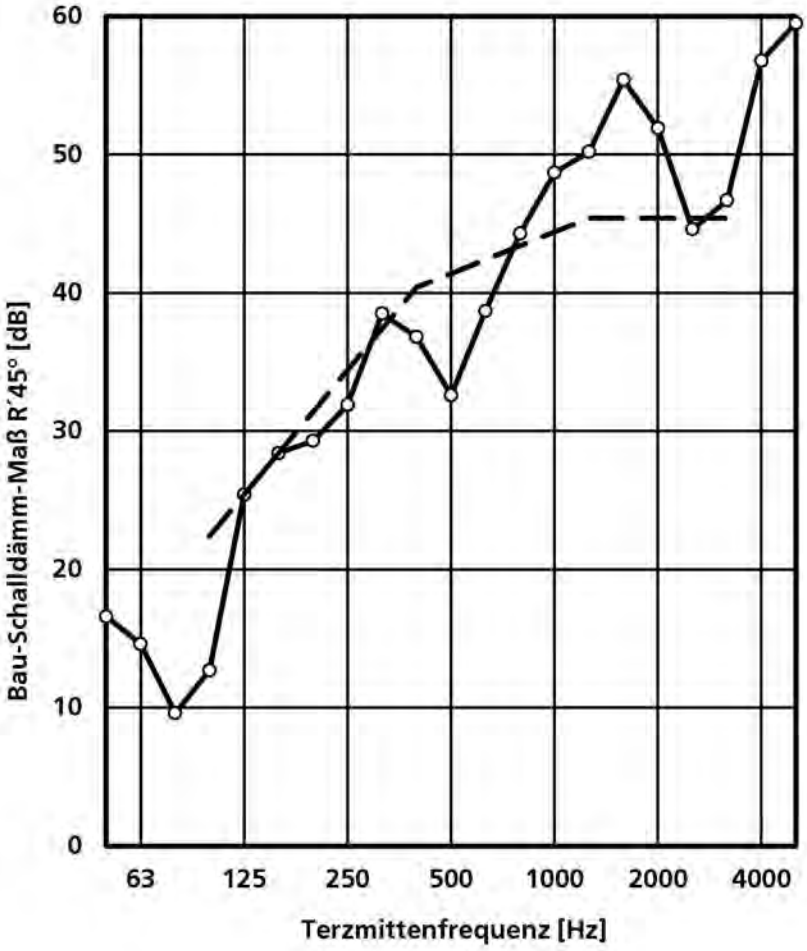
Bild 6

Messdatum: 25. August 2015
Messort: Gebäude mit Aktenzeichen 07540 – Tre – XXTN – 08 W
Prüfobjekt: Dachschräge A4.4 (Raum A4 – Schlafzimmer):
12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung

Messergebnis: Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß nach DIN EN ISO 140-5: 1998 und Spektrum-Anpassungswerte nach DIN EN ISO 717-1: 2013

$R'_{45°,w}$ (C; C_{tr}; $C_{50\text{-}5000}$; $C_{tr,50\text{-}5000}$) = 41 (-3; -10; -4; -14) dB.

f [Hz]	R [dB]
50	16,6
63	14,6
80	9,6
100	12,7
125	25,4
160	28,4
200	29,3
250	31,9
315	38,5
400	36,8
500	32,6
630	38,7
800	44,3
1000	48,7
1250	50,2
1600	55,4
2000	51,9
2500	44,6
3150	46,7
4000	56,8
5000	59,5



Anlage 5 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes:	Freistehendes Einfamilienhaus, Baujahr 1936
Wohnfläche:	ca. 90 m²
Bauweise:	2 Geschosse (Erd- und Obergeschoss), Massivbau, saniert in 2002 (Fenster, WDVS)
Schutzbed. Räume:	6 schutzbedürftige Räume (A1 - A6) EG: Wohnzimmer A1, Wohnzimmer A2, Wohnküche A3 OG: Kinderzimmer A4, Schlafzimmer A5, Kinderzimmer A6

Max. Fluglärmpegel tags L_{a_MaxT} = 100 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser:	Hyder Consulting GmbH Deutschland, Grunewaldstr. 61 - 62, 10825 Berlin
Ausstellungsdatum:	28. August 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	53,0	Ja
A2	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	52,2	Ja
A3	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	54,2	Ja
A4	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	54,0	Ja
A5	$R'_{w,res} \geq 41$ dB	41,5	44,6	Ja
A6	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	54,4	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.

2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3	Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4	Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 5 + 6	Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 7	Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 8	Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

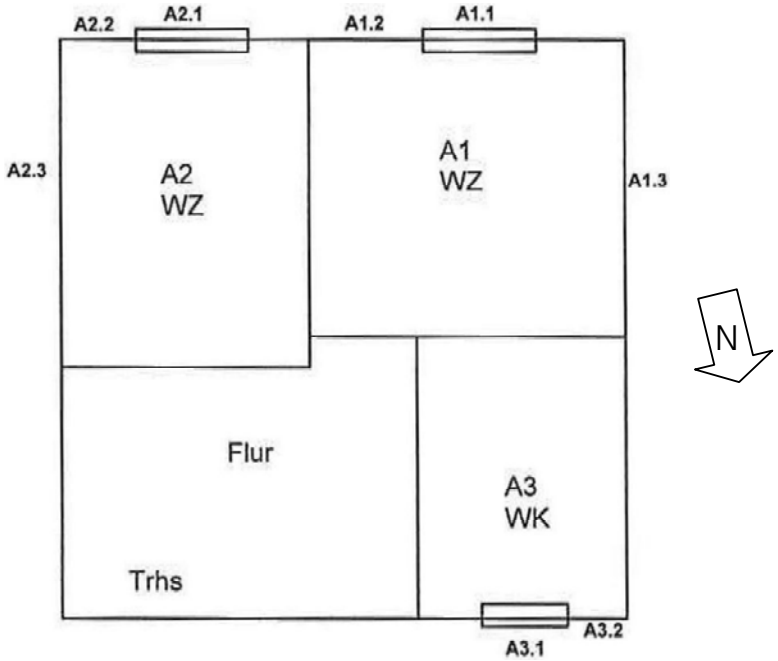


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE vom 28. August 2014)

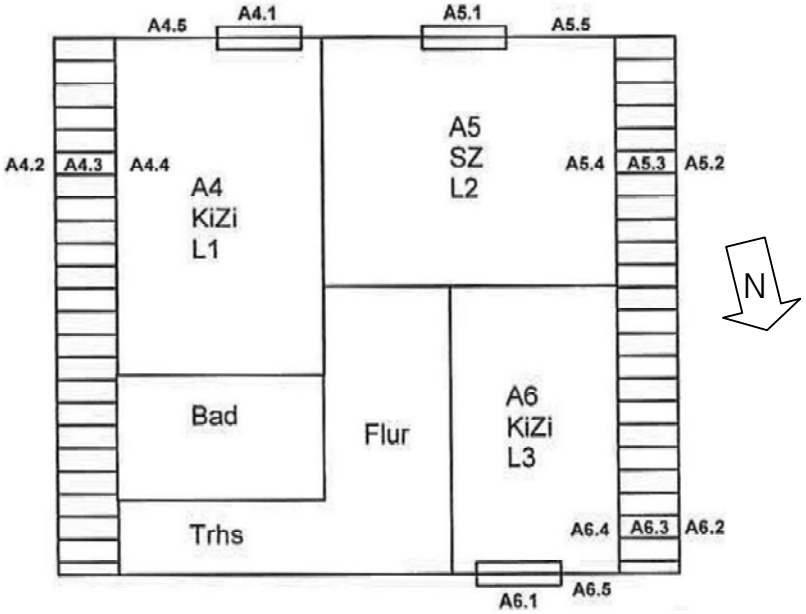


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W, Grundriss Obergeschoss (aus ASE vom 28. August 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W, Außenansicht (aus ASE vom 28. August 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Messung, Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt. Die gemessenen Werte sind zusätzlich unterstrichen.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenstertür	A1.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 42 dB	42	42
Außenwand	A1.2	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Außenwand	A1.3	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Fenster	A2.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 42 dB	42	42
Außenwand	A2.2	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Außenwand	A2.3	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Fenster	A3.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 39 dB	39	39
Außenwand	A3.2	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Fenster	A4.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 42 dB	42	42
Abseitenwand + Dachschräge	A4.2	12,5 mm GKB, Holzständerkonstruktion, Luftraum, gedämmtes Dach	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	55	56
Dachschräge	A4.3	12,5 mm GKB, Schilfrohrmatten, 12 cm Mineralwolle zw. Sparren, Unterspannbahn, Lattung, Dachziegel	35	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	50	58
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A4.4	10 mm Putz, Schalung, 8 cm Schlackefüllung in 18 cm Kehlbalken, Luftraum, ungedämmtes Dach	45	45	abgehängte Unterdecke unter vorhandener Decke	55	50
Außenwand	A4.5	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Schalldämmlüfter	L1	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	46	46
Fenster	A5.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 36 dB	36	36
Abseitenwand + Dachschräge	A5.2	12,5 mm GKB, Holzständerkonstruktion, Luftraum, gedämmtes Dach	40	50	---	40	50
Dachschräge	A5.3	12,5 mm GKB, Schilfrohrmatten, 12 cm Mineralwolle zw. Sparren, Unterspannbahn, Lattung, Dachziegel	35	50	erhöhte Dämmstoffdicke	40	52
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A5.4	10 mm Putz, Schalung, 8 cm Schlackefüllung in 18 cm Kehlbalken, Luftraum, ungedämmtes Dach	45	45	---	45	45
Außenwand	A5.5	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Schalldämmlüfter	L2	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	A6.1	4/16/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Bj. 2002, Kunststoff	31	31	Fensteraustausch R'_w = 44 dB	44	44
Abseitenwand + Dachschräge	A6.2	12,5 mm GKB, Holzständerkonstruktion, Luftraum, gedämmtes Dach	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	55	56
Dachschräge	A6.3	12,5 mm GKB, Schilfrohrmatten, 12 cm Mineralwolle zw. Sparren, Unterspannbahn, Lattung, Dachziegel	35	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	52	58
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A6.4	10 mm Putz, Schalung, 8 cm Schlackefüllung in 18 cm Kehlbalken, Luftraum, ungedämmtes Dach	45	45	abgehängte Unterdecke unter vorhandener Decke	55	50
Außenwand	A6.5	Putz, 1-schaliges Mauerwerk (Dichte 1400 kg/m³), WDVS, Putz, Gesamtdicke: 50 cm	50	56	---	50	56
Schalldämmlüfter	L3	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung oder Messung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A1	EG	4,12	3,87	15,94	Wohnzimmer		100	55	63,2	53,0
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenstertür		A1.1		1,47	2,24	3,29	3,29	31	42	ja	
Außenwand		A1.2		4,12	2,76	11,37	8,08	56	56	nein	
Außenwand		A1.3		3,87	2,76	10,68	10,68	56	56	nein	

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A2	EG	3,24	4,26	13,80	Wohnzimmer		100	55	62,1	52,2
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A2.1		1,47	1,48	2,18	2,18	31	42	ja	
Außenwand		A2.2		3,24	2,77	8,97	6,80	56	56	nein	
Außenwand		A2.3		4,26	2,77	11,80	11,80	56	56	nein	

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A3	EG	2,72	3,67	9,98	Wohnküche		100	55	61,9	54,2
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A3.1		1,12	1,38	1,55	1,55	31	39	ja	
Außenwand		A3.2		2,72	2,77	7,53	5,99	56	56	nein	

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A4	1.OG	2,71	4,45	12,06	Kinderzimmer		100	55	62,0	54,0
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A4.1		1,10	1,35	1,49	1,49	31	42	ja	
Abseitenwand		A4.2		4,45	0,95	4,23	4,23	50	56	ja	
Dachschräge		A4.3		4,45	1,90	8,46	8,46	50	58	ja	
Kehlbalkendecke		A4.4		4,45	1,52	6,76	6,76	45	50	ja	
Außenwand		A4.5		2,71	2,50	5,85	4,36	56	56	nein	
Schalldämmlüfter		L1		-	-	1,90	1,90	-	46	ja	

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A5	1.OG	3,28	3,86	12,66	Schlafzimmer	55 bis < 60	41,0	42,2	44,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A5.1	1,10	1,35	1,49	1,49	31	36	ja
Abseitenwand	A5.2	3,28	1,18	3,87	3,87	50	50	nein
Dachschräge	A5.3	3,28	1,65	5,41	5,41	50	52	ja
Kehlbalkendecke	A5.4	3,28	2,31	7,58	7,58	45	45	nein
Außenwand	A5.5	3,86	2,50	8,63	7,15	56	56	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A6	1.OG	2,19	3,78	8,28	Kinderzimmer	100	55	63,4	54,4

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A6.1	1,10	1,35	1,49	1,49	31	44	ja
Abseitenwand	A6.2	3,78	1,13	4,27	4,27	50	56	ja
Dachschräge	A6.3	3,78	1,67	6,31	6,31	50	58	ja
Kehlbalkendecke	A6.4	3,78	1,19	4,50	4,50	45	50	ja
Außenwand	A6.5	2,19	2,52	4,82	3,33	56	56	nein
Schalldämmlüfter	L3	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Abschätzung der Schalldämmung der im Bestand vorhandenen Bauteile erfolgte in der ASE zumeist konservativ, d. h. mit ausreichendem Sicherheitsspielraum. Mit einer Differenz von bis zu 15 dB ist der Unterschied zwischen dem Schätzwert und der tatsächlich zu erwartenden Schalldämmung allerdings zum Teil weit höher als erforderlich.
- Bei der Auslegung von Schallschutzmaßnahmen wurde die akustische Wirkung zumeist deutlich überschätzt. Die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen erscheinen bauakustisch wenig wirkungsvoll und entsprechen nicht dem aktuellen fachlichen Kenntnisstand. Außerdem sind sie zum Teil sehr aufwändig und auch im Hinblick auf das Verhältnis von Kosten und Nutzen als ungeeignet anzusehen. Teilweise bestehen sogar Zweifel, ob eine praktische Umsetzung in der vorgesehenen Form überhaupt möglich ist.
- Eine Beeinträchtigung des baulichen Schallschutzes ist trotz der wenig wirksamen Maßnahmen nicht zu erwarten, da die Schalldämmung im Bestand deutlich höher liegt, als in der ASE vorausgesetzt wurde, so dass auch Maßnahmen mit geringer akustischer Verbesserungswirkung ausreichen, um die erforderliche Schalldämmung sicherzustellen. Allerdings ließe sich dies auch mit erheblich einfacheren und kostengünstigeren Maßnahmen realisieren.
- Bei der Abschätzung der Schalldämmung der vorhandenen Bauteile und der Auslegung geeigneter Schallschutzmaßnahmen wird in der ASE fast immer ohne nähere Angaben auf DIN 4109, DIN 4109 Beiblatt1 oder DIN 4109 Beiblatt 1 / A1 verwiesen. Dies gilt auch dann, wenn DIN 4109 nur unklare oder unzureichende Angaben zu der betreffenden Konstruktion enthält. Hierdurch ist es für den Anwender zumeist nicht möglich, den technischen Hintergrund und die Wirkungsweise der vorgesehenen Maßnahmen nachzuvollziehen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen sehen den Einbau von ventilatorbetriebenen Zuluftgeräten im Schlafzimmer und den beiden Kinderzimmern (Raumnummer aus ASE: A5 sowie A4 und A6) vor. Diese Räume befinden sich allesamt im Obergeschoss. Das betreffende Gebäude besitzt ein außenliegendes Wärmedämmverbundsystem auf den Außenwänden. Zusammen mit dem geplanten Austausch der vorhandenen Fenster aus dem Jahre 2002 durch neue Schallschutzfenster sowie durch zusätzlich notwendige Dämmmaßnahmen der Abseitenwand und Dachschräge (Bauteilnummer aus ASE: A4.2 und A4.3, A5.3, A6.2 und A6.3) führt die Sanierungsmaßnahme zu einer dichteren Gebäudehülle. Dies wiederum bedeutet, dass mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit das Zuluftvolumen bei Betrieb der geplanten Schalldämmlüfter nicht mehr durch die verbleibende Luftdurchlässigkeit der dichteren Gebäudehülle abgeführt werden kann. Aus diesem Grund wird sich beim Betrieb der Zuluftgeräte ein unerwünschter Überdruck in Schlaf- und den Kinderzimmern ausbilden. Diesen gilt es zu verhindern, da sonst die Gefahr besteht, dass Raumluft hinter die nachträglich ausgeführte innenseitige Wärmedämmung gelangen kann, was in Bereichen mit geringerer Temperatur die Tauwassergefahr erhöhen kann. Um dies zu vermeiden muss bei Einbau der geplanten Schalldämmlüfter eine Abluftführung im Rahmen eines Lüftungskonzeptes geplant werden. Erst bei aufeinander abgestimmten Zu- und-Abluftmengen ist gewährleistet, dass die ventilatorgesteuerte Lüftung effektiv arbeitet und dadurch die Luftqualität und damit auch der CO_2-Gehalt der Luft ein hygienisch akzeptables Niveau erreicht.
- Die hygrothermische und lüftungstechnische Untersuchung gemäß Ziffer 5 des vorliegenden Gutachtens fördert zudem weitere bauphysikalische Nebenwirkungen der schallschutztechnischen Maßnahmen zutage. Insbesondere bewirken der Fensteraustausch und die zusätzlichen Dämmmaßnahmen, dass der Heizwärmebedarf weiter reduziert wird. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft hohe Innenraumtemperaturen aufweisen können. Diese möglichen Überhitzungseffekte beeinträchtigen die thermische Behaglichkeit erheblich.
- Die bereits erwähnte Innendämmung der Abseitenwand A4.2 kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere im schalltechnisch nicht schutzbedürftigen Nachbarraum, dem Bad im Obergeschoss, zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich von ungedämmter Abseitenwand zur Raumtrennwand führen kann. Dies bewirkt einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge haben kann. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen. Dies zeigt die hygrothermische Untersuchung deutlich.
- Der Vor-Ort-Termin zum Zwecke der Schallschutzmessungen am 26.08.2016 zeigte, dass das vorliegende Objekt Am Stechberg 22 in Blankenfelde als Kita bzw. Tagespflegestelle genutzt und betrieben wird. Sollte der Kita-Betrieb weiterhin dauerhaft beibehalten werden, ist zu beachten, dass sehr viel mehr Personen das Gebäude tagsüber nutzen als bei üblicher Nutzung als Einfamilienhaus. Das bedeutet, das tagsüber mit einer sehr viel höheren Feuchteproduktion zu rechnen ist, die wiederum eine erhöhte Luftwechselrate erforderlich macht. Zwei- bis dreimaliges Stoßlüften der Wohnräume tagsüber wäre unter diesen Nutzungsvoraussetzungen nicht mehr ausreichend.
- Der Vor-Ort-Termin offenbarte im Kinderzimmer A4 bereits Schimmelpilzwachstum auf der Giebelwand A4.5 im Eckbereich zur Abseitenwand A4.2, die durch die vorgelagerten Plüschtüre (die so als Innendämmung fungierten) zusätzlich günstig beeinflusst wurde.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich auch ohne Plüschtiere vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit der Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 6 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus mit Einliegerwohnung
Wohnfläche: 112 m² und 42 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 7 schutzbedürftige Räume (A01 – B04)
EG: Büro A01, Kinderzimmer A02, Wohnzimmer B01, Schlafzimmer B02, Schlafzimmer B04
DG: Schlafzimmer A11, Wohnzimmer A12

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 100 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH, Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 28. September 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A01	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	53,5	Ja
A02	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	54,6	Ja
A11	$R'_{w,res} \geq 39{,}9$ dB	42,6	44,9	Ja
A12	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	59,1	Nein
B01	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	55,6	Nein
B02	$R'_{w,res} \geq 38{,}0$ dB	38,8	38,3	Ja
B04	$R'_{w,res} \geq 40{,}3$ dB	44,0	42,8	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 - 4 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 5 + 6 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 7 + 8 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 9 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 10 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

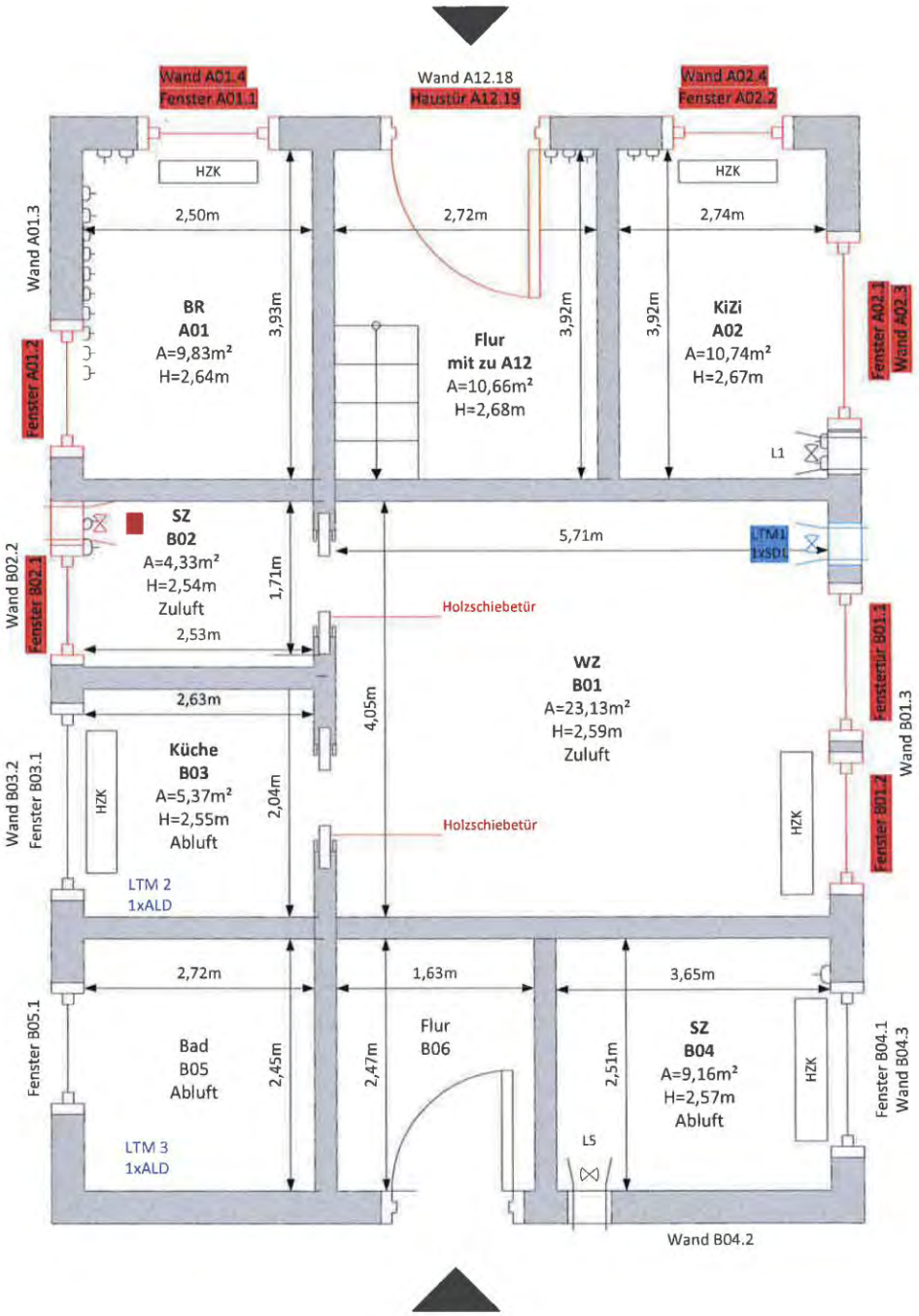


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 28. September 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

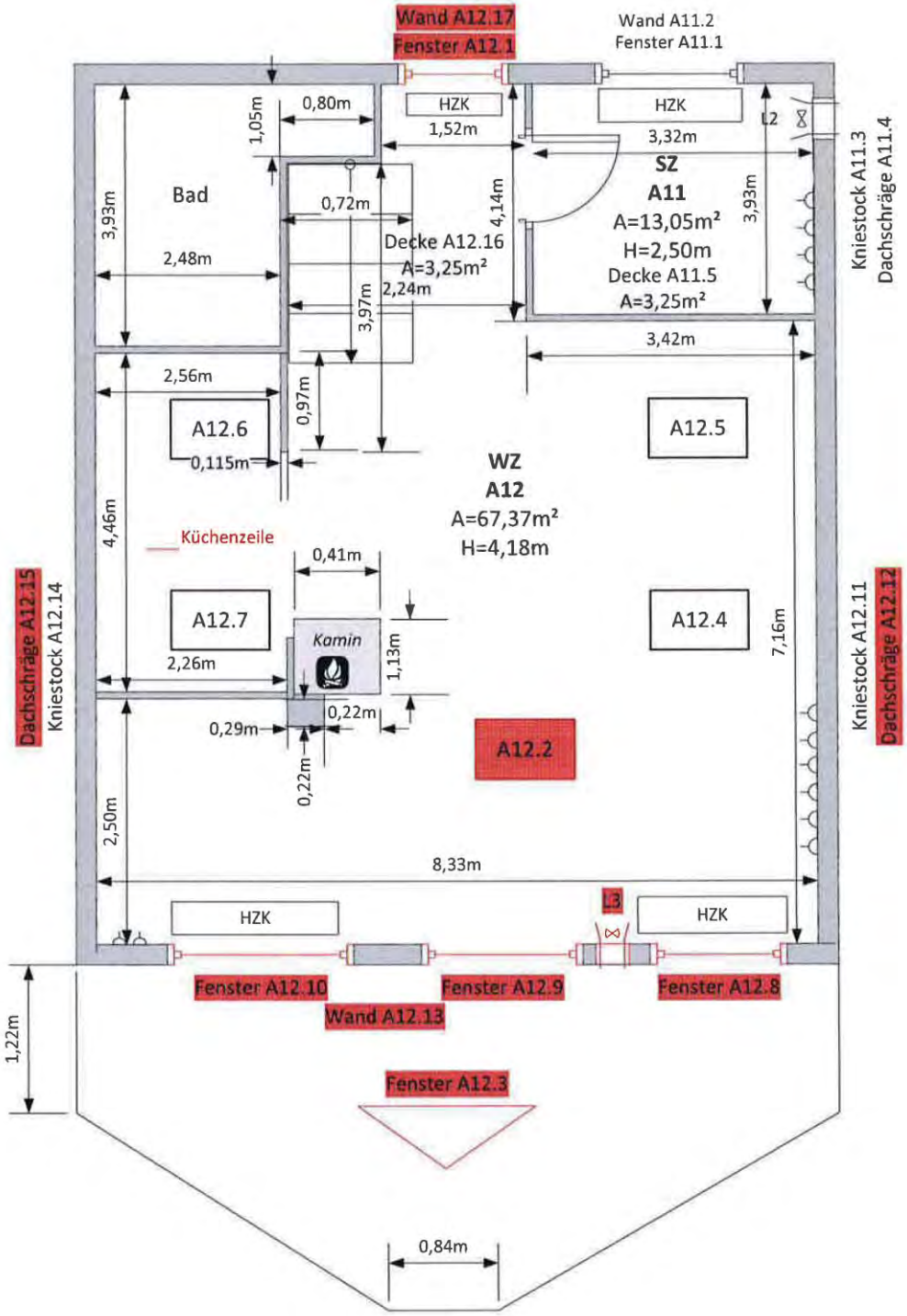


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W, Grundriss Dachgeschoss (aus ASE_B vom 28. September 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W, Außenansicht Einliegerwohnung (Foto von der Ortsbesichtigung am 27. Aug. 2015)

Bild 4: Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W, Außenansicht Einliegerwohnung (links) und Hauptgebäude (Foto von der Ortsbesichtigung am 27. Aug. 2015)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Messung, Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt. Die gemessenen Werte sind zusätzlich unterstrichen.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A01.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenster	A01.2	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Außenwand	A01.3	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	55	55
Außenwand	A01.4	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Fenster	A02.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenster	A02.2	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Außenwand	A02.3	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz, 150 mm Lufteinlass	46	49	Vorsatzschale freistehend (Verbesserung laut ASE 11 dB)	57	63
Außenwand	A02.4	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	Vorsatzschale freistehend (Verbesserung laut ASE 11 dB)	57	63
Schalldämmlüfter	L1	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	41	41
Fenster	A11.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	---	37	39
Außenwand	A11.2	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Kniestock	A11.3	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz, 150 mm Lufteinlass	46	49	---	46	49
Dachfläche	A11.4	12,5 mm GKB, Dampfbremse, Sparren mit 180 mm Miwo, Unterspannbahn, Blechdach	45	49	---	45	49
Schalldämmlüfter	L2	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	A12.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Dachflächenfenster	A12.2	4/15/4, 1 Dichtung, Ausstiegfenster, Holz	30	32	Fensteraustausch R'_w = 35 dB	35	35
Fenster	A12.3	4/15/4, keine Dichtung, Holz, Festverglasung	31	30	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Dachflächenfenster	A12.4	4/17/3, 1 Dichtung, Schwingflügel, Holz	40	30	---	40	30
Dachflächenfenster	A12.5	4/17/3, 1 Dichtung, Schwingflügel, Holz	40	30	---	40	30
Dachflächenfenster	A12.6	4/17/3, 1 Dichtung, Schwingflügel, Holz	40	30	---	40	30
Dachflächenfenster	A12.7	4/17/3, 1 Dichtung, Schwingflügel, Holz	40	30	---	40	30
Fenster	A12.8	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenstertür	A12.9	6/16/8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenster	A12.10	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	37	39	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Kniestock	A12.11	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Dachfläche	A12.12	12,5 mm GKB, Dampfbremse, Sparren mit 180 mm Miwo, Unterspannbahn, Blechdach	45	49	erhöhte Masse + elast. Befestig. der unterseitigen Beplankung	60	57
Außenwand	A12.13	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz, 150 mm Lufteinlass	46	49	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	55	55
Kniestock	A12.14	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Dachfläche	A12.15	12,5 mm GKB, Dampfbremse, Sparren mit 180 mm Miwo, Unterspannbahn, Blechdach	45	49	erhöhte Masse + elast. Befestig. der unterseitigen Beplankung	60	57
Decke + Dach	A12.16	GKB, Holzbalkendecke mit Miwo, GKB, Luftraum, gedämmtes Dach	50	53	---	50	53
Außenwand	A12.17	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Außenwand	A12.18	10 mm Putz, 36,5 cm Porenbeton (Dichte 500 kg/m³), 15 mm Aussenputz	46	49	---	46	49
Haustür	A12.19	Füllung, 2-flügelig, Kunststoff	32	25	Türenaustausch R'w = 44 dB	44	44
Schalldämmlüfter	L3	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	46	46
Fenstertür	B01.1	4/14/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	31	32	Fenstertüraustausch R'_w = 42 dB	42	42
Fenster	B01.2	4/15/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	31	32	Fensteraustausch R'_w = 42 dB	42	42
Außenwand	B01.3	10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Aussenputz	50	45	---	50	45
Außenluft-Durchlass	LTM1		---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	B02.1	4/15/4, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	31	32	Fensteraustausch R'_w = 36 dB	36	36
Außenwand	B02.2	10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Aussenputz	50	45	---	50	45
Schalldämmlüfter	L4	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	B04.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff	37	39	---	37	39
Außenwand	B04.2	10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Aussenputz, 150 mm Lufteinlass	50	45	---	50	45
Außenwand	B04.3	10 mm Putz, 12,5 GKB, 24 cm HLZ (Dichte 1000 kg/m³), 15 mm Aussenputz	50	45	---	50	45
Schalldämmlüfter	L5	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung oder Messung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A01	EG	2,5	3,93	9,83	Büro	100	55	58,1	53,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A01.1	0,96	1,35	1,30	1,30	39	45	ja
Fenster	A01.2	0,96	1,34	1,29	1,29	39	45	ja
Außenwand	A01.3	3,93	2,64	10,38	9,09	49	55	ja
Außenwand	A01.4	2,50	2,64	6,60	5,30	49	49	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A02	EG	2,74	3,92	10,74	Kinderzimmer	100	55	58,0	54,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A02.1	1,15	1,35	1,55	1,55	39	45	ja
Fenster	A02.2	0,96	1,34	1,29	1,29	39	45	ja
Außenwand	A02.3	3,92	2,67	10,47	8,91	49	63	ja
Außenwand	A02.4	2,74	2,67	7,32	6,03	49	63	ja
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	41	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A12	DG			77,03	Wohnzimmer	100	55	65,4	59,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A12.1	0,96	1,35	1,30	1,30	39	45	ja
Dachflächenfenster	A12.2	0,61	1,12	0,68	0,68	32	35	ja
Fenster	A12.3	1,95	0,90	0,88	0,88	30	45	ja
Dachflächenfenster	A12.4	0,89	1,12	1,00	1,00	30	30	nein
Dachflächenfenster	A12.5	0,89	1,12	1,00	1,00	30	30	nein
Dachflächenfenster	A12.6	0,89	1,12	1,00	1,00	30	30	nein
Dachflächenfenster	A12.7	0,89	1,12	1,00	1,00	30	30	nein
Fenster	A12.8	0,95	1,34	1,27	1,27	39	45	ja
Fenstertür	A12.9	1,95	2,18	4,25	4,25	39	45	ja
Fenster	A12.10	0,95	1,34	1,27	1,27	39	45	ja
Kniestock	A12.11	7,16	1,22	8,74	8,74	49	49	nein
Dachfläche	A12.12	7,16	5,19	37,16	35,17	49	57	ja
Außenwand	A12.13	---	4,18	23,74	16,07	49	55	ja
Kniestock	A12.14	6,96	1,22	8,49	8,49	49	49	nein
Dachfläche	A12.15	6,96	5,19	36,12	34,12	49	57	ja
Decke	A12.16	---	---	8,46	8,46	53	53	nein
Außenwand	A12.17	1,52	2,50	3,80	3,80	49	49	nein
Außenwand	A12.18	2,72	2,68	7,29	2,78	49	49	nein
Haustür	A12.19	2,16	2,09	4,51	4,51	25	44	ja
Schalldämmlüfter	L3	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B01	EG	5,71	4,05	23,13	Wohnzimmer	100	55	62,3	55,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenstertür	B01.1	1,01	2,23	2,25	2,25	32	42	ja
Fenster	B01.2	1,81	1,38	2,50	2,50	32	42	ja
Außenwand	B01.3	4,05	2,59	10,49	5,74	45	45	nein
Schalldämmlüfter	LTM1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A11	DG	3,32	3,93	13,05	Schlafzimmer	55 bis < 60	39,9	46,3	44,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A11.1	1,46	1,36	1,99	1,99	39	39	nein
Außenwand	A11.2	3,32	2,50	8,30	6,31	49	49	nein
Kniestock	A11.3	3,93	1,22	4,79	4,79	49	49	nein
Dachfläche	A11.4	3,93	2,07	8,14	8,14	49	49	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)] (L_{a_MaxT})	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B02	EG	1,71	2,53	4,33	Schlafzimmer	55 bis < 60	38,0	36,5	38,3

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B02.1	1,02	1,38	1,41	1,41	32	36	ja
Außenwand	B02.2	1,71	2,54	4,34	2,94	45	45	nein
Schalldämmlüfter	L4	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)] (L_{a_MaxT})	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B04	EG	3,65	2,51	9,16	Schlafzimmer	55 bis < 60	40,3	43,9	42,8

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B04.1	1,05	1,40	1,47	1,47	39	39	nein
Außenwand	B04.2	3,65	2,57	9,38	9,38	45	45	nein
Außenwand	B04.3	2,51	2,57	6,45	4,98	45	45	nein
Schalldämmlüfter	L5	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Für die vorhandenen Dachflächenfenster A12.4 bis A12.7 mit dem Glasaufbau 4 - 17 - 3 mm und einer einfachen Dichtung wird in der ASE von einem bewerteten Schalldämm-Maß von R'_w = 40 dB ausgegangen, weshalb ein Austausch der Fenster in der ASE nicht vorgesehen ist. Dies ist eine Fehleinschätzung, da nach Beiblatt 1/A1 zu DIN 4109, Tab. 40 für ein derartiges Fenster von einem Schalldämm-Maß von lediglich etwa R'_w = 30 dB auszugehen ist. Werden die Fenster wie vorgesehen in ihrem derzeitigen Zustand belassen, wird der zulässige Innenpegel im Raum A12 um etwa 4 dB überschritten. Der beschriebene Irrtum erscheint umso weniger verständlich, als für ein Fenster mit ähnlichem Aufbau (Dachflächenfenster A12.2 mit dem Glasaufbau 4 - 15 - 4 mm) in der ASE das korrekte Schalldämm-Maß von R'_w = 30 dB angesetzt wird.
- Für eine Vorsatzschale aus einer 12,5 mm dicken GKB-Platte, die mittels einer Metallunterkonstruktion direkt an der Außenwand befestigt ist, wird in der ASE bei 100 mm Gesamtdicke von einer Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes von $\Delta R'_w$ = 9 dB ausgegangen (Bauteil A01.3, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.15.1.1.2). Nach den Erkenntnissen des IBP beträgt die Verbesserung durch eine derartige Vorsatzschale lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 6 dB. In ähnlicher Weise wird in der ASE auch die akustische Wirkung einer elastisch befestigten Innenschale an der Unterseite der Dachkonstruktion (Bauteil A12.12, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.1.2.5) überschätzt. Statt der in der ASE angenommenen Verbesserung von $\Delta R'_w$ = 15 dB ist nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tab. 34, Zeile 1 und 2 sowie Tab. 38, Zeile 3 und 4 schätzungsweise von einer Verbesserung von lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 8 dB auszugehen.
- Im Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.1.2.5 ist für die Dachkonstruktion im Raum A12 der Rückbau der vorhandenen Wärmedämmung vorgesehen, um stattdessen eine Zwischensparrendämmung mit einer Dicke von d ≥ 160 mm einzubauen. Diese Maßnahme ist unnötig, da das bestehende Dach nach den in der ASE enthaltenen Angaben (Anlage 1a, Übersicht Bestandsaufnahme) bereits eine Zwischensparrendämmung mit einer Dicke von d = 180 mm aufweist.
- Gemäß den vorliegenden Unterlagen müssen In den Räumen A01, A02 und A12 wegen des Einbaus von Vorsatzschalen insgesamt fünf Heizkörper versetzt werden. Im Leistungsverzeichnis ist dagegen nur von drei Heizkörpern die Rede.
- Die Zuordnung zwischen den im Leistungsverzeichnis beschriebenen Maßnahmen und den zugehörigen Räumen und Bauteilen ist äußerst mühsam, da im Leistungsverzeichnis keine Bauteilnummern angegeben sind. Dies macht die ASE sehr unübersichtlich und kann bei der praktischen Anwendung unter Umständen zu Fehlern führen.
- Bei der Abschätzung der Schalldämmung der vorhandenen Bauteile und der Auslegung geeigneter Schallschutzmaßnahmen wird in der ASE fast immer ohne nähere Angaben auf DIN 4109 verwiesen. Dies gilt auch dann, wenn DIN 4109 nur unklare oder unzureichende Angaben zu der betreffenden Konstruktion enthält. Hierdurch ist es für den Anwender zumeist nicht möglich, den technischen Hintergrund und die Wirkungsweise der vorgesehenen Maßnahmen nachzuvollziehen.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Dies hat zur Folge, dass in zwei der schutzbedürftigen Räume der zulässige Innenpegel auch nach Umsetzung der Maßnahmen voraussichtlich überschritten wird. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt sechs ventilatorbetriebenen Zuluftgeräten vor. Diese sind in den folgenden Räumen geplant:
  - Kinderzimmer EG (Raumnummer aus ASE und Lüfternummer: A02, L1),
  - Schlafzimmer EG (B02, L4),
  - Schlafzimmer EG (B04, L5),
  - Wohnzimmer EG (B01, LTM1),
  - Wohnzimmer DG (A12, L3),
  - Schlafzimmer DG (A11, L2).
- Bei der Planung der Lüfterpositionen ist darauf zu achten, dass das zugeführte Luftvolumen ohne nennenswerte Überdruckbildung über geeignete Abluftöffnungen abfließen kann. Der Vor-Ort-Termin anlässlich der Schallschutzprüfungen zeigte am Gebäude bereits vorhandene Öffnungen zur Belüftung des Gebäudes. Hier ist die Wirksamkeit im Rahmen eines Lüftungskonzeptes zu überprüfen.
- Das betreffende Gebäude besitzt Außenwände aus 36,5 cm dicken Porenbeton (zuzüglich Innen- und Außenputz). Für die Außenwände in den schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen ist dort keine zusätzliche Sanierungsmaßnahme vorgesehen. Ausnahme: Im Kinderzimmer EG (A02) und im Büro EG (A01) sollen die Außenwände zusätzlich eine Vorsatzschale mit 100 mm Gesamtdicke erhalten. Diese Maßnahme führt in den Räumen zu einer Reduzierung der Transmissionswärmeverluste. Bei gleichzeitiger Reduzierung der Luftwechselzahlen (vorgesehene Lüftung tagsüber 2x bis 3x Stoßlüften, nachts (im Kinderzimmer) Lüfterbetrieb) besteht allerdings die Gefahr der Überhitzung in den Sommermonaten, insbesondere wenn auch die Kinderzimmertür in der Nacht geschlossen bleibt.
- Diese deutliche Reduzierung und unerwünschte Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit ist auch im Dachgeschoss zur erwarten, auch ohne zusätzliche Vorsatzschale (die Porenbetonwand allein liefert schon ein hohes Wärmedämmniveau). Hier wird das große Raumvolumen (offener Raum bis unter die Dachschrägen) über die Sonnenstrahlung, die durch die großen Verglasungsflächen und die Dachflächenfenster eintreten kann, erwärmt. Da auch hier aus Schallschutzgründen keine dauerhafte Nachtkühlung über Fensterlüftung möglich ist, dürfte sich die Raumlufttemperatur in einer sommerlichen Warmperiode nach und nach erhöhen und Temperaturwerte außerhalb des thermischen Behaglichkeitsbereiches erreichen.
- Eine Nachtlüftung auf hoher Ventilator-Leistungsstufe zur Abfuhr von unbehaglicher Wärme ist im Kinderzimmer und den Schlafräumen nicht denkbar, da Zuglufterscheinungen die Folge wären, ganz abgesehen vom sicherlich deutlich hörbaren Lüftergeräusch bei hoher Leistungsstufe.
- Die erwähnte Innendämmung der Außenwände kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere im schalltechnisch nicht schutzbedürftigen Nachbarraum, dem in der Mitte liegende Flur (A12), zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich von ungedämmter Außenwand zur Raumtrennwand im Flur führen kann. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 7 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus (Haus 1)
Wohnfläche: 123 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 6 schutzbedürftige Räume (A1 - A6)
EG: Wohnzimmer A1, Schlafzimmer A2, Wohnküche A3
DG: Esszimmer A4, Gästezimmer A5, Arbeitszimmer A6

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 98 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: CS Planungs- und Ingenieurgesellschaft mbH, Köpenicker Straße 145, 10997 Berlin
Ausstellungsdatum: 4. August 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	56,8	Nein
A2	$R'_{w,res} \geq 40$ dB	40,3	35,9	Nein
A3	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	53,4	56,5	Nein
A4	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,8	53,0	Ja
A5	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	54,9	Ja
A6	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,8	54,2	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4 + 5 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 6 + 7 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 8 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 9 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

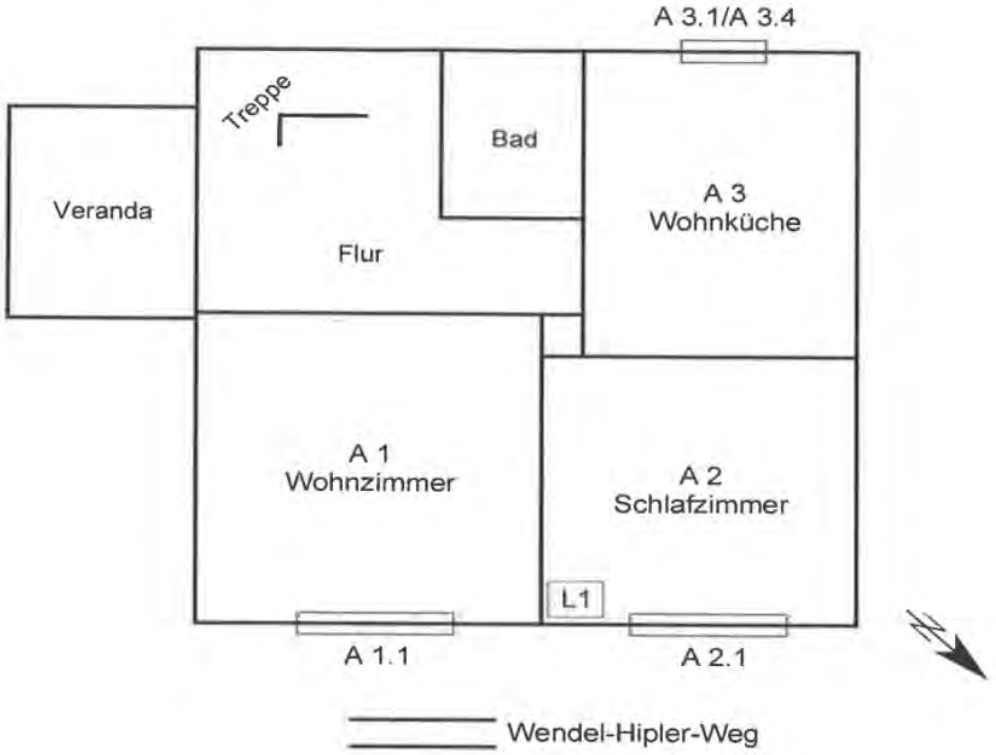


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 4. August 2014)

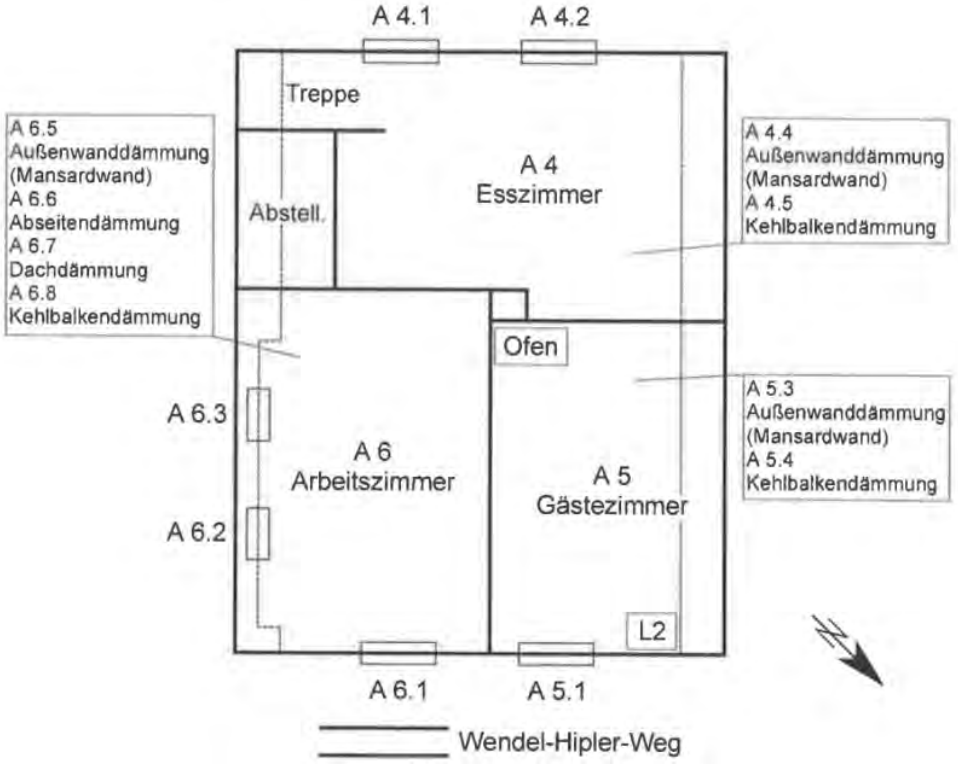


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W, Grundriss Dachgeschoss (aus ASE_B vom 4. August 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W, Außenansicht (Foto von der Ortsbesichtigung am 26. Aug. 2015)

Bild 4: Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W, Messpunkt ungestörte Außenwand (Foto von der Ortsbesichtigung am 26. Aug. 2015)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Messung, Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt. Die gemessenen Werte sind zusätzlich unterstrichen.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A1.1	4/16/4, 2-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 37 dB	37	37
Außenwand	A1.2	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand	A1.3	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Heizkörpernische	A1.4	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz	52	46	---	52	46
Fenster	A2.1	4/16/4, 2-flügelig, Kunststoff	32	28	---	32	28
Außenwand	A2.2	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand	A2.3	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Heizkörpernische	A2.4	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz	52	46	---	52	46
Schalldämmlüfter	L1	---	---	---	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	A3.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 37 dB	37	37
Außenwand	A3.2	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand	A3.3	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Rolladenkasten	A3.4	Aufsatz-Rolladenkasten, Kurbel	32	28	Rolladenaufsatzelement und Kunststoffpanzer schmal	37	37
Fenster	A4.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 39 dB	39	39
Fenster	A4.2	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 39 dB	39	39
Außenwand	A4.3	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand + ungedämmtes Dach	A4.4	15 mm Innenputz, 7 cm Schlackestein (Dichte 1200 kg/m³), Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung (+3 dB für Luftraum)	40	45	Vorsatzschale freistehend (laut ASE 13 dB)	53	61
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A4.5	Schilfrohrputz, Holzschalung, Einschub, Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung	40	47	Unterdecke 2 x 12,5 mm GKB auf Federschienen + 120 mm Miwo	55	52
Dachschräge	A4.6	Holzpaneele, Luftraum, Schilfrohrputz, Holzschalung, Einschub, Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung	43	47	---	43	47

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Außenwand + ungedämmtes Dach	A4.7	15 mm Innenputz, 7 cm Schlackestein (Dichte 1200 kg/m³), Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung (+3 dB für Luftraum)	40	45	---	40	45
Fenster	A5.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 38 dB	38	38
Außenwand	A5.2	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand + ungedämmtes Dach	A5.3	15 mm Innenputz, 7 cm Schlackestein (Dichte 1200 kg/m³), Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung (+3 dB für Luftraum)	40	45	Vorsatzschale freistehend (laut ASE 13 dB)	53	61
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A5.4	Schilfrohrputz, Holzschalung, Einschub, Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung	40	47	Unterdecke 2 x 12,5 mm GKB auf Federschienen + 120 mm Miwo	55	52
Schalldämmlüfter	L2	---	---	---		46	46
Fenster	A6.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff	32	28	Fensteraustausch R'_w = 41 dB	41	41
Fenster	A6.2	4/14/4, 1-flügelig, Kunststoff	31	28	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Fenster	A6.3	4/14/4, 1-flügelig, Kunststoff	31	28	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Außenwand	A6.4	35 mm Schlepputz, 12,5 cm Ziegelstein (Dichte 1400 kg/m³), 100 mm Luftschicht, 12,5 cm Ziegelstein, 15 mm Innenputz (+ 2 dB für Luftschicht)	54	46	---	54	46
Außenwand + ungedämmtes Dach	A6.5	15 mm Innenputz, 7 cm Schlackestein (Dichte 1200 kg/m³), Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung (+3 dB für Luftraum)	40	45	Vorsatzschale freistehend (laut ASE 13 dB)	53	61
Abseitenwand + Dachschräge	A6.6	12,5 mm GKB, Luftraum, 10 cm Miwo, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	40	47	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 1 x 12,5 mm GKB auf Holzunterkonstruktion	45	51
Dachschräge	A6.7	12,5 mm GKB, 10 cm Miwo, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	35	47	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 1 x 12,5 mm GKB auf Federschienen	45	51
Kehlbalkendecke + ungedämmtes Dach	A6.8	Schilfrohrputz, Holzschalung, Einschub, Luftraum, Dachaufbau ohne Dämmung	40	47	Unterdecke 2 x 12,5 mm GKB auf Federschienen + 120 mm Miwo	55	52

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung oder Messung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A1	EG	4,21	4,39	18,48	Wohnzimmer	98	55	63,5	56,8

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A1.1	1,91	1,58	3,02	3,02	28	37	ja
Außenwand	A1.2	4,21	2,74	11,54	7,10	46	46	nein
Außenwand	A1.3	4,39	2,74	12,03	12,03	46	46	nein
Heizkörpernische	A1.4	1,90	0,75	1,43	1,42	46	46	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A2	EG	3,86	3,8	14,67	Schlafzimmer	55 bis < 60	40	36,1	35,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A2.1	1,89	1,58	2,99	2,99	28	28	nein
Außenwand	A2.2	3,86	2,76	10,65	6,22	46	46	nein
Außenwand	A2.3	3,80	2,76	10,49	10,49	46	46	nein
Heizkörpernische	A2.4	1,95	0,74	1,44	1,44	46	46	nein
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A3	EG	3,32	4,33	14,38	Wohnküche	98	55	62,3	56,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A3.1	1,01	1,46	1,47	1,47	28	37	ja
Außenwand	A3.2	3,32	2,72	9,03	7,40	46	46	nein
Außenwand	A3.3	4,33	2,72	11,78	11,78	46	46	nein
Rolladenkasten	A3.4	1,01	0,16	0,16	0,16	28	37	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A4	DG	6,74	3,69	24,87	Esszimmer	98	55	62,9	53,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A4.1	1,10	1,54	1,69	1,69	28	39	ja
Fenster	A4.2	1,10	1,54	1,69	1,69	28	39	ja
Außenwand	A4.3	6,74	2,59	17,46	14,07	46	46	nein
Außenwand	A4.4	3,69	2,59	9,56	9,56	45	61	ja
Kehlbalkendecke	A4.5	3,69	5,51	20,33	20,33	47	52	ja
Dachschräge	A4.6	1,00	2,35	2,35	2,35	47	47	nein
Außenwand	A4.7	1,00	0,60	0,60	0,60	45	45	nein

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A5	DG	3,23	4,6	14,86	Gästezimmer	98	55	62,7	54,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A5.1	1,11	1,53	1,70	1,70	28	38	ja
Außenwand	A5.2	3,23	2,59	8,37	6,67	46	46	nein
Außenwand	A5.3	4,60	2,59	11,91	11,91	45	61	ja
Kehlbalkendecke	A5.4	3,23	4,60	14,86	14,86	47	52	ja
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A6	DG	3,51	5,02	17,62	Arbeitszimmer	98	55	63,3	54,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A6.1	1,12	1,51	1,69	1,69	28	41	ja
Fenster	A6.2	0,71	1,10	0,78	0,78	28	40	ja
Fenster	A6.3	0,71	1,10	0,78	0,78	28	40	ja
Außenwand	A6.4	3,51	2,59	9,09	7,40	46	46	nein
Außenwand	A6.5	1,03	2,59	2,67	2,67	45	61	ja
Abseitenwand	A6.6	4,22	0,62	2,62	2,62	45	51	ja
Dachschräge	A6.7	4,22	1,93	8,14	6,58	47	51	ja
Kehlbalkendecke	A6.8	3,51	5,02	17,62	17,62	47	52	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die vorhandenen Fenster mit einem Glasaufbau 4-16-4, ein- bzw. zweiflügelig, Rahmenmaterial aus Kunststoff, ohne Dichtungsebene werden in der ASE mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von R'_w = 32 dB zu hoch eingeschätzt. Die Abschätzung in der ASE erfolgte nach DIN 4109 Bbl 1/A1: 2003-09, Tabelle 40, Zeile 4. Hier wird jedoch bei den Konstruktionsmerkmalen in Spalte 5 von mindestens einer umlaufenden, elastischen Dichtung ausgegangen. Bei der Überprüfung des Fensters A3.1 beim Ortstermin am 25. August 2015 ergab die durchgeführte Messung ein bewertetes Schalldämm-Maß von lediglich R'_w = 28 dB (einschließlich Rolladenkasten).
- In der ASE werden die massiven Außenwandkonstruktionen gemäß DIN 4109 beurteilt. Hierbei wird die Außenwand als beidseitig verputzte, zweischalige, biegesteife Konstruktion mit Trennfuge beschrieben. Angesetzt wurde jedoch lediglich ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 54 dB, obwohl die Schalldämmung der beiden massiven Wandschalen aus der Summe der flächenbezogenen Massen und unter Berücksichtigung der Putze wie bei einschaligen biegesteifen Wänden nach Tabelle 1 in Beiblatt 1 zu DIN 4109 ermittelt werden kann. Dabei dürfen auf das so ermittelte Schalldämm-Maß für die zweischalige Ausführung mit durchgehender Trennfuge 12 dB hinzugerechnet werden. Dies würde für eine zweischalige Konstruktion wie in der ASE beschrieben ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w > 65 dB ergeben. Die messtechnische Überprüfung der Wandkonstruktion am 25. August 2015 ergab jedoch nur ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 46 dB, was - wie sich auch aus dem Frequenzverlauf der Messkurve ergibt - aller Wahrscheinlichkeit auf eine einschalige Wandkonstruktion hindeutet.
- Die Zuordnung zwischen den im Leistungsverzeichnis beschriebenen Maßnahmen und den zugehörigen Räumen und Bauteilen ist äußerst mühsam, da im Leistungsverzeichnis keine Bauteilnummern angegeben sind. Dies macht die ASE sehr unübersichtlich und kann bei der praktischen Anwendung unter Umständen zu Fehlern führen.
- Bei der Abschätzung der Schalldämmung der vorhandenen Bauteile und der Auslegung geeigneter Schallschutzmaßnahmen wird in der ASE fast immer ohne nähere Angaben auf DIN 4109 verwiesen. Dies gilt auch dann, wenn DIN 4109 nur unklare oder unzureichende Angaben zu der betreffenden Konstruktion enthält. Hierdurch ist es für den Anwender zumeist nicht möglich, den technischen Hintergrund und die Wirkungsweise der vorgesehenen Maßnahmen nachzuvollziehen.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Dies hat zur Folge, dass in drei der schutzbedürftigen Räume der zulässige Innenpegel bzw. das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß auch nach Umsetzung der Maßnahmen in der ASE überschritten wird. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.
- In den Räumen A1, A2 und A3 kann das erforderliche Schallschutzniveau eingehalten werden, wenn Fenster und Rolladenkästen (A3.4) der Schallschutzklasse IV eingebaut werden, d. h. wenn ein Nachweis darüber vorliegt, dass das im Prüfstand gemessene Schalldämm-Maß der Bauteile mindestens R'_w = 42 dB beträgt.
- Bei Raum A2 fällt auf, dass in der ASE bei der Berechnung des resultierenden Schalldämm-Maßes die virtuelle Fläche des Schalldämmlüfters von 1,9 m^2 versehentlich der realen Außenwandfläche zugerechnet wurde. Hierdurch ergibt sich für den akustisch sanierten Zustand statt der korrekten Schalldämmung von $R'_{w,res}$ = 39,9 dB fälschlicherweise ein Wert von $R'_{w,res}$ = 40,3 dB.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt zwei Schalldämmlüfter (ventilatorbetriebene Zuluftgeräte) vor. Diese sind im Schlafzimmer EG (Raumnummer aus ASE und Lüfternummer: A2, L1) sowie im Gästezimmer DG (A5, L2) geplant.
- Der geplante generelle Austausch der Fenster sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Dachschrägen und der Mansardwände in den Räumen A4, A5 und A6 führen zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft höhere Innenraumtemperaturen aufweisen können. Diese möglichen Überhitzungseffekte würden die thermische Behaglichkeit erheblich beeinträchtigen.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen.
- Die erwähnte Innendämmung der Mansardenwände kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere auf der direkt anschließenden Giebelwand zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich der jeweiligen Zone der Räume A4, A5 und A6 führen kann. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 8 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus (Haus 2)
Wohnfläche: 58 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und 1. Obergeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 3 schutzbedürftige Räume (A1, A3, A4)
EG: Wohnzimmer A1
OG: Kinderzimmer A3, Schlafzimmer A4

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 98 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: CS Planungs- und Ingenieurgesellschaft mbH
Köpenicker Straße 145, 10997 Berlin
Ausstellungsdatum: 8. September 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	54,4	55,9	Nein
A3	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	54,9	59,7	Nein
A4	$R'_{w,res} \geq$ 42,3 dB	43,7	43,9	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4 + 5 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seite 6 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 7 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 8 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

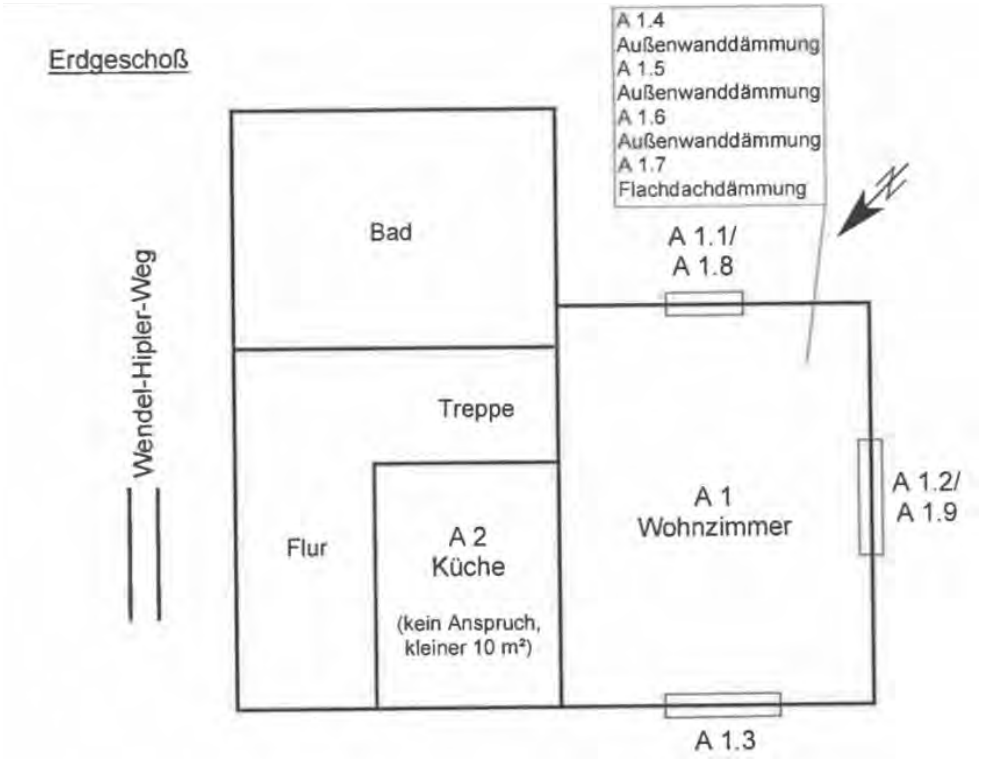


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W, Grundriss EG (aus ASE vom 8. September 2014)

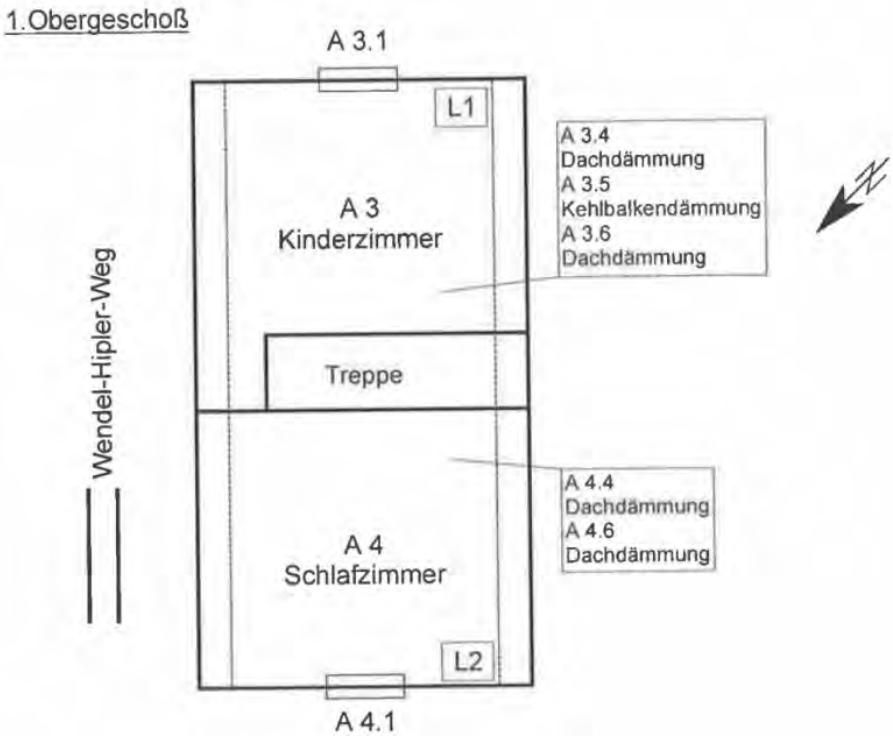


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W, Grundriss 1. OG (aus ASE vom 8. September 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W, Erdgeschoss, Messpunkt Fenster / Fenstertüre (A1.2) im Wohnzimmer (Foto von der Ortsbesichtigung am 26. Aug. 2015)

Bild 4: Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W, 1. Obergeschoss, Messpunkt Dachschräge A4.4 (Foto von der Ortsbesichtigung am 26. Aug. 2015)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Messung, Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt. Die gemessenen Werte sind zusätzlich unterstrichen.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A1.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff (Baujahr 2001)	32	29	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Fenster	A1.2	4/16/4, 2-flügelig, Kunststoff (Baujahr 2001)	32	29	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Fenster	A1.3	4/16/4, Festverglasung, Kunststoff (Baujahr 2001)	32	29	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Außenwand	A1.4	60 mm WDVS, 30 cm Poroton, 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	47	40	Vorsatzschale direkt befestigt (laut ASE 9 dB)	56	49
Außenwand	A1.5	60 mm WDVS, 30 cm Poroton, 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	47	40	Vorsatzschale direkt befestigt (laut ASE 9 dB)	56	49
Außenwand	A1.6	60 mm WDVS, 30 cm Poroton, 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	47	40	Vorsatzschale direkt befestigt (laut ASE 9 dB)	56	49
Flachdach	A1.7	12,5 mm GKB, 14 cm EPS, Schalung, 3 Lagen Bitumendachpappe	32	49	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte +1 x 12,5 mm GKB auf Metallunterkonstruktion	50	49
Rolladenkasten	A1.8	Aufsatz-Rolladenkasten, Gurt	32	29	Rolladenaufsatzelement und Rolladenpanzer aus Aluminium schmale Lamellen	40	40
Rolladenkasten	A1.9	Aufsatz-Rolladenkasten, Gurt	32	29	Rolladenaufsatzelement und Rolladenpanzer aus Aluminium schmale Lamellen	40	40
Fenster	A3.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff (Baujahr 2001)	32	29	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Außenwand	A3.2	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Kniestock	A3.3	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Dachschräge	A3.4	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	32	41	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 2 x 18 mm Gipsplatte auf Metallunterkonstruktion	52	41
Kehlbalkendecke	A3.5	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Luftraum, Lattung, Ziegeleindeckung	42	45	Austausch vorhandener Dämmung auf 120 mm Miwo und 2 x 12,5 mm Gipsplatte auf Federschienen	60	45
Dachschräge	A3.6	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	32	41	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 2 x 18 mm Gipsplatte auf Metallunterkonstruktion	52	41
Kniestock	A3.7	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Schalldämmlüfter	L1					40	40

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A4.1	4/16/4, 1-flügelig, Kunststoff (Baujahr 2001)	32	29	Fensteraustausch R'_w = 37 dB		
Außenwand	A4.2	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Kniestock	A4.3	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Dachschräge	A4.4	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	32	41	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 1 x 12,5 mm Gippsplatte auf Holzunterkonstruktion	40	41
Kehlbalkendecke	A4.5	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Luftraum, Lattung, Ziegeleindeckung	42	45	---	42	45
Dachschräge	A4.6	12,5 mm GKB, 10 cm EPS, Unterspannbahn, Lattung, Ziegeleindeckung	32	41	Austausch vorhandener Dämmung auf 160 mm Miwo und 1 x 12,5 mm Gippsplatte auf Holzunterkonstruktion	40	41
Kniestock	A4.7	60 mm WDVS, 30 cm Poroton (Dichte 1400 kg/m³), 20 mm Innenputz, - 2dB für WDVS	50	46	---	50	46
Schalldämmlüfter	L2					40	40

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung oder Messung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A1	EG	4,21	5,39	22,69	Wohnzimmer		98	55	65,2	55,9
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A1.1		1,08	1,30	1,40	1,40	29	40	ja	
Fenster		A1.2		1,52	2,05	3,12	3,12	29	40	ja	
Fenster		A1.3		1,58	0,58	0,92	0,92	29	40	ja	
Außenwand		A1.4		4,21	2,73	11,49	9,92	40	49	ja	
Außenwand		A1.5		5,39	2,58	13,91	10,47	40	49	ja	
Außenwand		A1.6		4,21	2,73	11,49	10,58	40	49	ja	
Flachdach		A1.7		5,39	4,22	22,75	22,75	49	49	nein	
Rolladenkasten		A1.8		1,08	0,16	0,17	0,17	29	40	ja	
Rolladenkasten		A1.9		1,52	0,21	0,32	0,32	29	40	ja	

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A3	1. OG	4,37	3,35	15,56	Kinderzimmer		98	55	62,5	59,7
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A3.1		1,10	1,30	1,43	1,43	29	40	ja	
Außenwand		A3.2		4,37	2,44	10,66	8,66	46	46	nein	
Kniestock		A3.3		3,35	1,61	5,39	5,39	46	46	nein	
Dachschräge		A3.4		3,35	1,08	3,62	3,62	41	41	nein	
Kehlbalkendecke		A3.5		3,35	2,92	9,78	9,78	45	45	nein	
Dachschräge		A3.6		4,35	1,08	4,70	4,70	41	41	nein	
Kniestock		A3.7		4,35	1,61	7,00	7,00	46	46	nein	
Schalldämmlüfter		A3.8				1,90	1,90	40	40	ja	

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung		Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A4	1.OG	4,34	3,65	15,84	Schlafzimmer		55 bis < 60	42,3	41,4	43,9
relevantes Außenbauteil		Bauteil-Nr.		Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich	
Fenster		A4.1		1,09	1,31	1,43	1,43	29	37	ja	
Außenwand		A4.2		4,34	2,44	10,59	9,16	46	46	nein	
Kniestock		A4.3		3,65	1,61	5,88	5,88	46	46	nein	
Dachschräge		A4.4		3,65	1,08	3,94	3,94	41	41	nein	
Kehlbalkendecke		A4.5		3,65	2,92	10,66	10,66	45	45	nein	
Dachschräge		A4.6		3,65	1,08	3,94	3,94	41	41	nein	
Kniestock		A4.7		3,65	1,61	5,88	5,88	46	46	nein	
Schalldämmlüfter		L2				1,90	1,90		40	ja	

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Schalldämmung der Außenwände des Anbaues (A1.4, A1.5 und A1.6) wird in der ASE mit R'_w = 47 dB zu hoch eingeschätzt. Geht man davon aus, dass der Anbau im Jahr 2001 errichtet wurde, kann man für die Hochlochziegel, aus denen die Wand besteht (Poroton), von einer mittleren Dichte von ca. 650 - 700 kg/m³ ausgehen. Dies ergibt einschließlich Putz rechnerisch eine flächenbezogene Masse von ca. m'= 250 kg/m² und damit ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 47 dB (DIN 4109 Bbl. 1, Tabelle 1, Zeile 14), wenn man davon ausgeht, dass es sich bei dem verbauten Ziegel um einen Hochlochziegel mit akustisch neutralem Lochbild handelt. Da der in der ASE erwähnte Hochlochziegel der Marke Poroton jedoch vermutlich ein wärmetechnisch optimiertes Lochbild aufweist, ist davon auszugehen, dass sich der Stein aus akustischer Sicht eher ungünstig verhält. Der Grund hierfür ist die geringe Steifigkeit des Steingefüges, die Eigenschwingungen der einzelnen Steine (sogenannte Dickenresonanzen) hervorrufen kann, die die Schalldämmung erheblich herabsetzen. Geht man für das Lochbild des Ziegels von einem Abschlag von ca. 5 dB und für das WDVS sicherheitshalber von einem Abschlag von ca. 2 dB aus, so ergibt sich für das bewertete Schalldämm-Maß der Wand ein Wert von etwa R'_w = 40 dB.
- Die Vorgehensweise bei der Beschreibung der Kunststofffenster (A1.1, A3.1 und A4.1) im Leistungsverzeichnis (Los 4) ist unbegreiflich und schwer nachvollziehbar. Die Annahme, dass ein Kunststofffenster mit einem gemessenen Schalldämm-Maß von R'_w = 32 dB nur durch Austausch der Verglasung (Schalldämm-Maß der neuen Verglasung R_w = 41 dB bzw. R_w = 44 dB) eine Schalldämmung von R'_w = 37 dB bzw. R'_w = 40 dB erreichen könnte, zeugt von geringer bauakustischer Erfahrung. Die Rahmenkonstruktion von Fenstern mit niedriger Schalldämmung weist einen erheblich kleineren Stahlanteil in den Profilen aus, als dies bei höherwertigen Fenstern der Fall ist. Die Anzahl der Dichtungsebenen (bei niedrigen Anforderungen reicht eine umlaufende Dichtungsebene aus, bei höheren sind mindestens zwei Ebenen erforderlich) ist ein weiteres Kriterium und auch die Anzahl der Verriegelungen spielt eine wichtige Rolle. Mit dem Austausch der Verglasung alleine ist es also in der Regel nicht getan.
- Auf die gleiche Art und Weise wie die oben beschriebenen Fenster werden auch die zweiflügelige Fensterkonstruktion (A1.2) und die Festverglasung (A1.3) abgehandelt. Dort bestehen demnach die gleichen Probleme.
- Die akustische Wirkung einer elastisch befestigten Innenschale an der Unterseite der Flachdachkonstruktion (Bauteil A1.7, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.13.01.02.02) wird in der ASE erheblich überschätzt. Statt der in der ASE angenommenen Verbesserung von $\Delta R'_w$ = 18 dB ist nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tab. 34, Zeile 1 und 2 sowie Tab. 38, Zeile 3 und 4 schätzungsweise von einer Verbesserung von lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 8 dB auszugehen. Ebenso wird auch die Verbesserungswirkung der für die Dachschräge vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen (geringfügige Erhöhung der Dämmstoffdicke und zweifache innenseitige Beplankung) in der ASE mit $\Delta R'_w$ = 20 dB (Bauteil A3.4 und A3.6, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.01.02.03) deutlich zu hoch angesetzt.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt zwei Schalldämmlüfter (ventilatorbetriebene Zuluftgeräte) vor. Diese sind im Kinderzimmer OG (Raumnummer aus ASE und Lüfternummer: A3, L1) und im Schlafzimmer OG (A4, L2) geplant. Die Außenwände besitzen ein 60 mm dickes WDVS auf 300 mm Poroton und 20 mm Innenputz. Eine zusätzliche Sanierung dieser Wände ist in diesen Schlafräumen im Rahmen der ASE nicht vorgesehen. Einzig im Wohnzimmer A1 sollen die Außenwände durch Vorsatzschalenkonstruktionen schallschutztechnisch ertüchtigt werden.
- Der geplante generelle Austausch der Fenster in den schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen A1, A3 und A4 sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Dachschrägen führen insgesamt zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft überhitzen können. Bei hohen Raumlufttemperaturen wäre allerdings eine thermische Behaglichkeit nicht mehr gegeben.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen.
- Die erwähnte Innendämmung des Wohnzimmers A1 kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere im Nachbarraum (Küche A2) zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich zwischen der Wohnzimmertrennwand und der Küchenaußenwand führen kann. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen, insbesondere unter dem Aspekt, dass in der Küche zeitweise hohe Feuchtemengen anfallen können.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme in den Schlafräumen arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 9 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 09361 - Bla - XETN - 09 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche: 69 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 5 schutzbedürftige Räume (A1, A2, A4 - A6)
EG: Wohnküche A1, Wohnzimmer A2
DG: Kinderzimmer A4, Schlafzimmer A5, Gästezimmer A6

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 99 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: A.I.T. GmbH, Ingenieure im Bauwesen, Grunewaldstraße 61 - 62, 10825 Berlin
Ausstellungsdatum: 17. Juni 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	54,7	53,5	Ja
A2	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	52,8	51,7	Ja
A4	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	55,0	54,6	Ja
A5	$R'_{w,res} \geq$ 39,5 dB	39,6	44,6	Ja
A6	$L_{i_MaxT} \leq$ 55 dB(A)	54,9	54,5	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 5 + 6 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 7 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 8 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

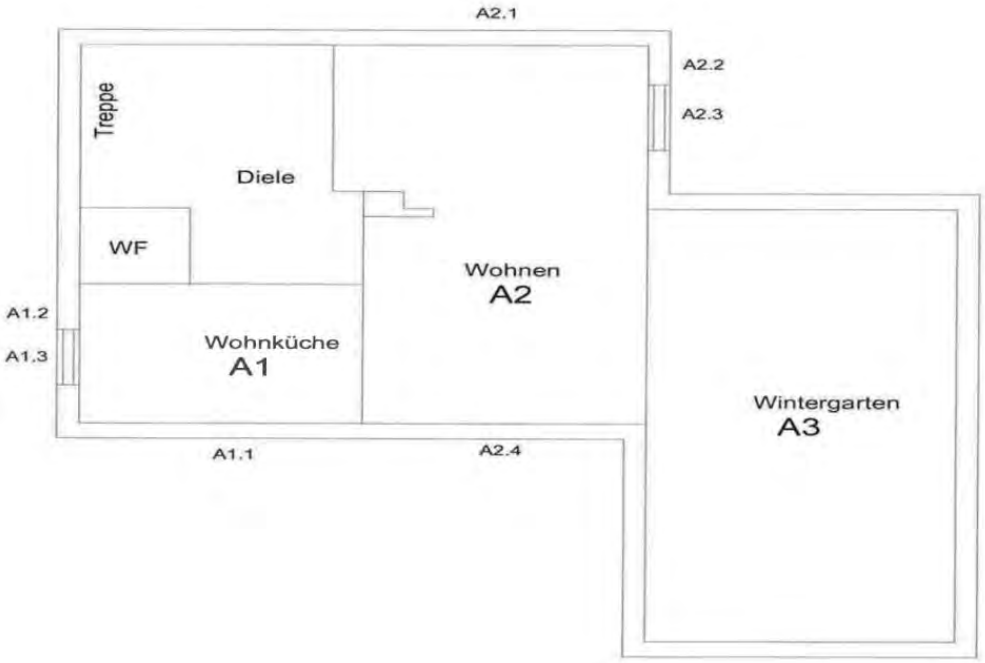


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 09361 - Bla - XETN - 09 W, Grundriss Erdgeschoss (aus STOB vom 17. Juni 2014)

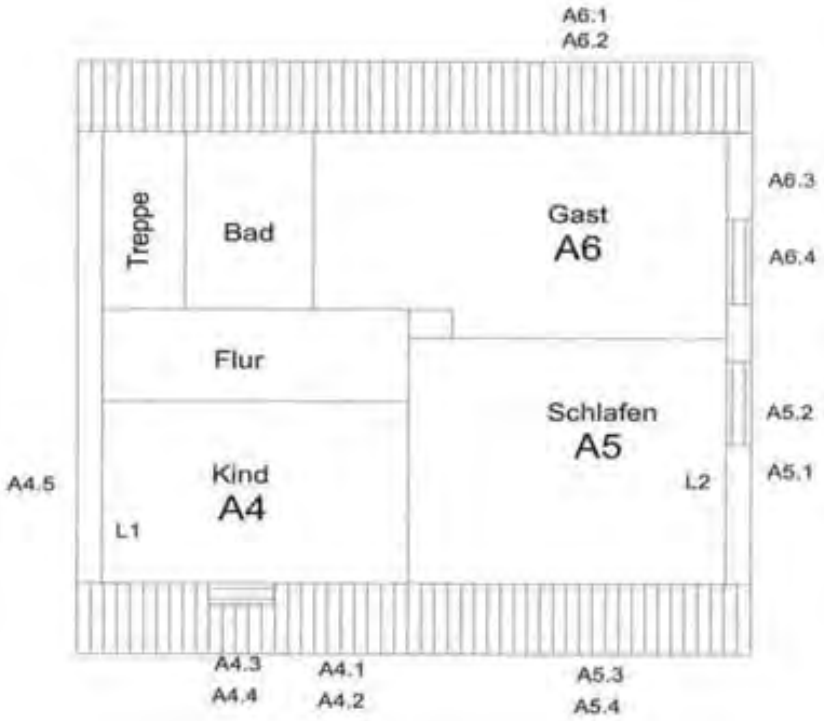


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 09361 - Bla - XETN - 09 W, Grundriss Dachgeschoss (aus STOB vom 17. Juni 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 09361 - Bla - XETN - 09 W, Foto Außenansicht (aus STOB vom 17. Juni 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Außenwand	A1.1	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Außenwand	A1.2	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Fenster	A1.3	4/16/4, 1-flügelig, 2 Dichtungen, Kunststoff, (Baujahr 1991)	32	28	Fensteraustausch R'_w = 39 dB	39	39
Außenwand	A2.1	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Außenwand	A2.2	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Fenster	A2.3	4/16/4, 1-flügelig, 2 Dichtungen, Kunststoff, (Baujahr 1992)	32	28	Fensteraustausch R'_w = 37 dB	37	37
Außenwand	A2.4	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Abseitenwand + Dachschräge	A4.1	Holzständerkonstruktion mit Dämmung, GKB, Lattung, Nut- und Federschalung	41	50	erhöhte Dämmstoffdicke + 1 x 12,5 GKB auf Federschienensystem	45	50
Dachschräge	A4.2	Ziegel, Lattung, Sparren mit Dämmung, Lattung, GKB, Lattung, Nut- und Federschalung	39	50	erhöhte Dämmstoffdicke + schwere Beplankung auf Metallunterkonstruktion	50	50
Gaubenwand	A4.3	Schalung, Holzständerkonstruktion mit Dämmung, GKB, Lattung, Nut- und Federschalung	38	50	erhöhte Dämmstoffdicke + 1 x 12,5 GKB auf Federschienensystem	45	50
Fenster	A4.4	4/16/4, 1-flügelig, 2 Dichtungen, Kunststoff, (Baujahr 1992)	32	28	Fensteraustausch R'_w = 46 dB	46	39
Außenwand	A4.5	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	'---	51	55
Schalldämmlüfter	L1					46	46
Außenwand	A5.1	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	'---	51	55
Fenster	A5.2	4/16/4, 1-flügelig, 2 Dichtungen, Kunststoff, (Baujahr 1992)	32	28	Fensteraustausch R'_w = 37 dB	37	37
Abseitenwand + Dachschräge	A5.3	Holzständerkonstruktion mit Dämmung, GKB	40	50	'---	40	50
Dachschräge	A5.4	Ziegel, Lattung, Sparren mit Dämmung, Lattung, GKB	38	50	'---	38	50
Schalldämmlüfter	L2					40	40
Abseitenwand + Dachschräge	A6.1	Holzständerkonstruktion mit Dämmung, GKB, Lattung, Nut- und Federschalung	41	50	erhöhte Dämmstoffdicke + 1 x 12,5 GKB auf Federschienensystem	45	50
Dachschräge	A6.2	Ziegel, Lattung, Sparren mit Dämmung, Lattung, GKB, Lattung, Nut- und Federschalung	39	50	erhöhte Dämmstoffdicke + schwere Beplankung auf Metallunterkonstruktion	45	50
Außenwand	A6.3	Putz, 36 cm Hochlochziegel, Putz (Gesamtdicke: 41 cm), angenommene Dichte: 1200 kg/m³	51	55	---	51	55
Fenster	A6.4	4/16/4, 1-flügelig, 2 Dichtungen, Kunststoff, (Baujahr 1992)	32	28	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	37

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A1	EG	3,86	2,75	10,62	Wohnküche	99	55	63,6	53,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Außenwand	A1.1	3,86	2,51	9,69	9,69	55	55	nein
Außenwand	A1.2	2,75	2,51	6,90	5,38	55	55	nein
Fenster	A1.3	1,13	1,35	1,53	1,53	28	39	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A2	EG	4,28	7,48	29,74	Wohnzimmer	99	55	59,9	51,7

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Außenwand	A2.1	4,28	2,51	10,74	10,74	55	55	nein
Außenwand	A2.2	3,23	2,51	8,11	6,31	55	55	nein
Fenster	A2.3	1,33	1,35	1,80	1,80	28	37	ja
Außenwand	A2.4	3,86	2,51	9,69	9,69	55	55	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A4	DG	3,7	2,58	9,55	Kinderzimmer	99	55	61,5	54,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Abseitenwand	A4.1	2,91	0,64	1,86	1,86	50	50	nein
Dachschräge	A4.2	2,91	2,49	7,76	7,76	50	50	nein
Gaubenwand	A4.3	0,79	2,11	1,67	1,67	50	50	nein
Fenster	A4.4	0,78	0,99	0,77	0,77	28	39	ja
Außenwand	A4.5	2,58	2,61	5,23	5,23	55	55	nein
Schalldämmlüfter	L1			1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A5	DG	3,48	3,86	13,43	Schlafzimmer	55 bis < 60	39,5	38,7	44,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Außenwand	A5.1	3,48	2,61	5,49	4,11	55	55	nein
Fenster	A5.2	1,21	1,14	1,38	1,38	28	37	ja
Abseitenwand	A5.3	3,86	1,00	3,86	3,86	50	50	nein
Dachschräge	A5.4	3,86	2,02	7,76	7,76	50	50	nein
Schalldämmlüfter	L2			1,90	1,90	-	40	ja

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A6	DG	5,01	2,92	13,95	Gästezimmer	99	55	58,5	54,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Abseitenwand	A6.1	5,01	0,64	3,21	3,21	50	50	nein
Dachschräge	A6.2	5,01	2,49	7,76	7,76	50	50	nein
Außenwand	A6.3	2,92	2,61	6,12	4,74	55	55	nein
Fenster	A6.4	1,21	1,14	1,38	1,38	32	37	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Schalldämmung der Außenwand (A1.1, A1.2, A2.1, A2.2, A2.4, A4.5, A5.1 und A6.3) wird in der ASE mit R'_w = 51 dB um ca. 4 dB zu niedrig eingeschätzt. Dies geht aus folgender Betrachtung hervor: bei einer angenommenen Dichte von 1200 kg/m³ und einer Dicke von 360 mm ergibt sich für die Wand rechnerisch eine flächenbezogene Masse von 432 kg/m². Werden auch der Innenputz (Dicke 15 mm) mit einer Dichte von 1400 kg/m³ und der Außenputz (Dicke 20 mm) mit einer Dichte von 1800 kg/m³ berücksichtigt, ergeben beide Putzschichten zusammen eine flächenbezogene Masse von 57 kg/m². Nach DIN 4109 Bbl. 1 ergibt sich somit eine flächenbezogene Gesamtmasse für die Außenwand von ca. 490 kg/m² und ein bewertetes Schalldämm-Maß nach DIN 4109 Bbl. 1, Tabelle 1 von R'_w = 55 dB.
- Da in der ASE von einer zu geringen Schalldämmung der Außenwand ausgegangen wird (siehe oben), werden in den Räumen A4 und A6 beim Fenstertausch für die neuen Fenster mit R'_w = 46 dB bzw. R'_w = 45 dB (Schallschutzklasse 5 nach VDI 2719) höhere Schalldämm-Maße gefordert, als dies eigentlich erforderlich wäre. Ausreichend wäre bereits eine um zwei Stufen niedrigere Schallschutzklasse, d. h. Fenster mit R'_w = 39 dB bzw. R'_w = 37 dB (Schallschutzklasse 3 nach VDI 2719).
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.
- Bei der Auslegung von Schallschutzmaßnahmen wurde die akustische Wirkung zumeist deutlich überschätzt. Die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen erscheinen bauakustisch wenig wirkungsvoll und entsprechen nicht dem aktuellen fachlichen Kenntnisstand. Außerdem sind sie zum Teil sehr aufwändig und auch im Hinblick auf das Verhältnis von Kosten und Nutzen als ungeeignet anzusehen.
- Eine Beeinträchtigung des baulichen Schallschutzes ist trotz der wenig wirksamen Maßnahmen nicht zu erwarten, da die Schalldämmung im Bestand deutlich höher liegt, als in der ASE vorausgesetzt wurde, so dass auch Maßnahmen mit geringer akustischer Verbesserungswirkung ausreichen, um die erforderliche Schalldämmung sicherzustellen. Allerdings ließe sich dies auch mit erheblich einfacheren und kostengünstigeren Maßnahmen realisieren z. B. bei Berücksichtigung der Kehlbalkendecke als oberer Raumabschluss. Diese wurde in der ASE trotz ihrer beträchtlichen Schallschutzwirkung nicht in die Berechnung aufgenommen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt zwei Schalldämmlüfter (ventilatorbetriebene Zuluftgeräte) vor. Diese sind im Kinderzimmer OG (Raumnummer aus ASE und Lüfternummer: A4, L1) und im Schlafzimmer OG (A5, L2) geplant. Die Außenwände bestehen aus beidseitig verputztem 36 cm dickem Hochlochziegelmauerwerk. Eine zusätzliche Sanierung dieser Außenwände ist im Rahmen der ASE nicht vorgesehen.
- Der geplante generelle Austausch der Fenster in den schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen A1, A2 , A4, A5 und A6 sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Dachschrägen und Abseitenwände führen insgesamt zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft überhitzen können. Bei hohen Raumlufttemperaturen wäre allerdings eine thermische Behaglichkeit nicht mehr gegeben.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen.
- Die erwähnte Innendämmung der Dachschrägen und der Abseitenwände bilden in den jeweiligen Räumen im OG (A4, A5 und A6) einen Eckbereich zur jeweiligen (laut ASE ungedämmten) Giebelwand aus. Dieser Sachverhalt kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse im genannten Bereich führen. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme in den Schlafräumen arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 10 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 02712 - Szd - XETN - 07 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche: 100 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 6 schutzbedürftige Räume (A01 - A04, A11 - A12)
EG: Schlafzimmer A01, Arbeitszimmer A02, Wohnzimmer A03, Wohnküche A04
DG: Wohnzimmer A11, Gästezimmer A12

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 102 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH, Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 17. November 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A01	$R'_{w,res} \geq 40{,}5$ dB	40,6	40,7	Ja
A02	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,4	54,5	Ja
A03	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	54,8	Ja
A04	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,6	54,7	Ja
A11	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	54,2	Ja
A12	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	55,1	Nein

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seiten 4 + 5 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 6 + 7 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 8 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 9 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

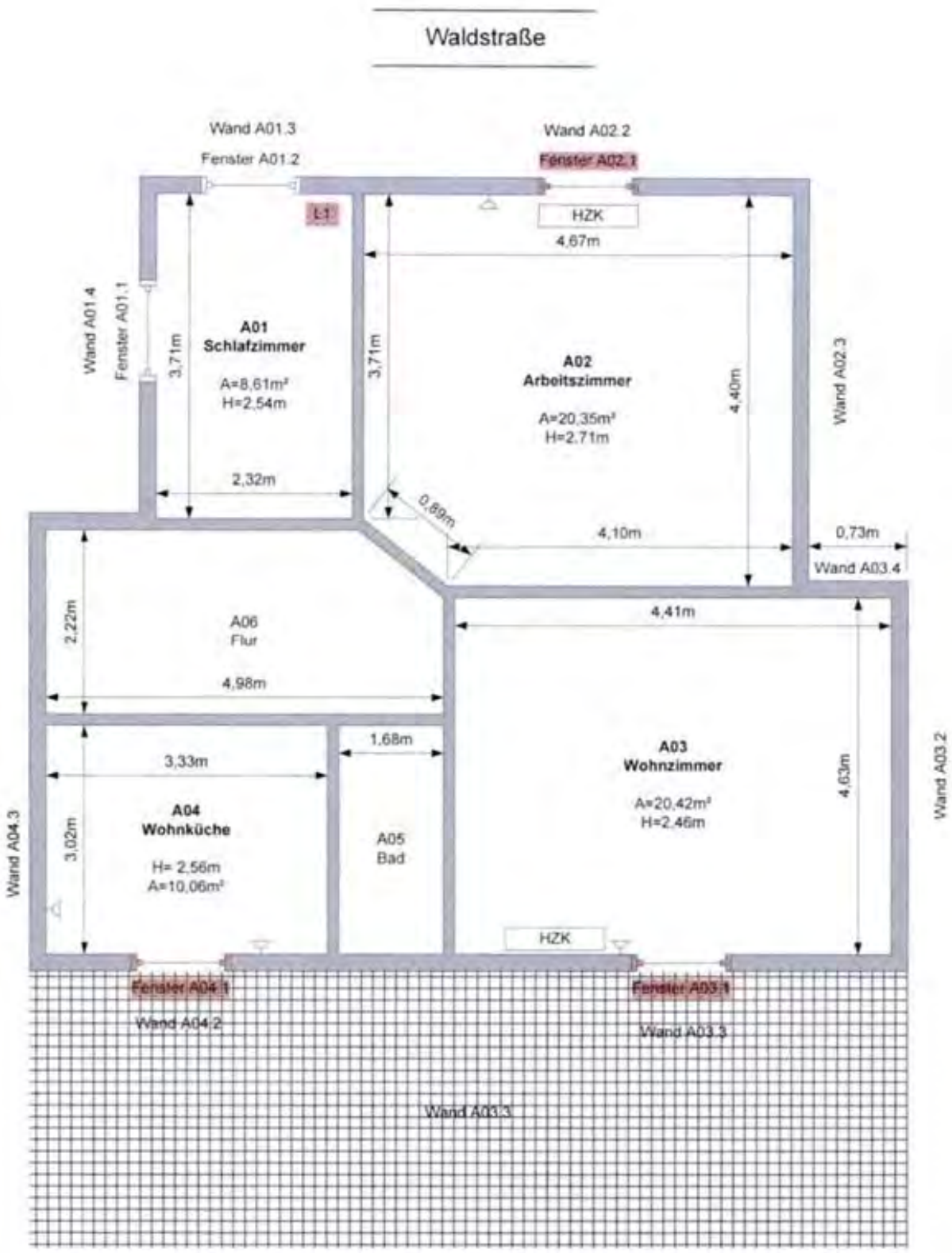


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 02712 - Szd - XETN - 07 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 17. November 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

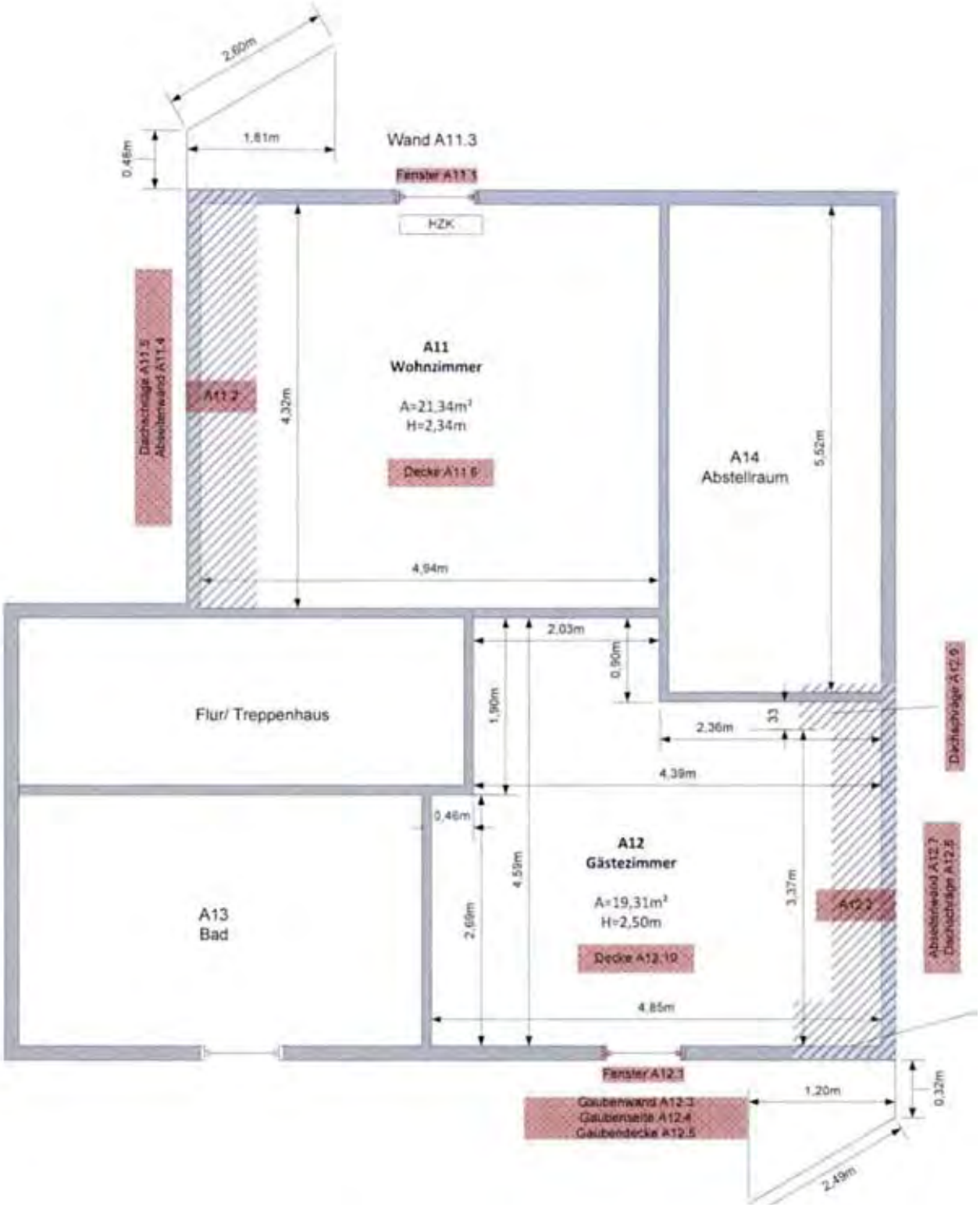


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 02712 - Szd - XETN - 07 W, Grundriss Dachgeschoss (aus ASE_B vom 17. November 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A01.1	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	36	38	---	36	38
Rolladenkasten	A01.1	Aufsatz, Gurt, schmale Aluminiumlamellen	30	28	---	30	28
Fenster	A01.2	6/16/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	36	38	---	36	38
Rolladenkasten	A01.2	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	30	28	---	30	28
Außenwand	A01.3	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Außenwand	A01.4	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Fenster	A02.1	4/14/4, 1 Dichtung, 2-flügelig, Kunststoff	31	28	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Rolladenkasten	A02.1	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	30	28	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Außenwand	A02.2	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Außenwand	A02.3	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Fenstertür	A03.1	5/18/8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff	36	38	Fensteraustausch R'_w = 41 dB	41	41
Rolladenkasten	A03.1	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	30	28	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Außenwand	A03.2	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Außenwand	A03.3	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Außenwand	A03.4	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Fenstertür	A04.1	8/18/8, 1 Dichtung, 2-flügelig, Kunststoff	36	38	Fensteraustausch R'_w = 44 dB	44	44
Außenwand	A04.2	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Außenwand	A04.3	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A11.1	8/18/8, 1 Dichtung, 2-flügelig, Kunststoff	36	38	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Dachflächenfenster	A11.2	4/14/4, 1 Dichtung, Klapp-Schwing-Flügel, Kunststoff	31	32	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Außenwand	A11.3	10 mm Innenputz, 39 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1600 kg/m³), 10 mm Aussenputz	58	57	---	58	57
Abseitenwand + Dach	A11.4	10 mm Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Aussenputz	58	58	Vorsatzschale freistehend (Verbesserung laut ASE 15 dB)	66	70
Dachfläche	A11.5	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	57	58
Decke	A11.6	14 cm Sparren, 20 mm Holzbretter, 60 mm Karmelit, 40 mm Miwo, 20 mm Holzbretter	45	47	Vorsatzschale auf vorhandene Decke	50	52
Fenster	A12.1	6/16/8, keine Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff	36	32	Kastenfenster + bauakustische Messung	50	50
Rolladenkasten	A12.1	Aufsatz, Gurt, schmale Kunststofflamellen	30	28	Aufsatz-Rolladenkasten + Kunststoff-Führungsschiene	40	40
Dachflächenfenster	A12.2	4/14/4, 1 Dichtung, Schwing-Flügel, Holz	31	32	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Gaubenwand	A12.3	10 mm Innenputz, 24 cm Porenbeton, 10 mm Aussenputz	42	43	Vorsatzschale freistehend (Verbesserung laut ASE 15 dB)	55	52
Gaubenseite	A12.4	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	50	50
Gaubendach	A12.5	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	45	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	52	50
Dachfläche	A12.6	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	60	58
Abseitenwand + Dach	A12.7	10 mm Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Aussenputz	58	58	Vorsatzschale freistehend (Verbesserung laut ASE 9 dB)	66	70
Dachfläche	A12.8	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	60	58
Dachfläche	A12.9	GKB, Miwo, Konterlattung/Lattung, Ziegeleindeckung	40	50	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	60	58
Decke	A12.10	14 cm Sparren, 20 mm Holzbretter, 60 mm Karmelit, 40 mm Miwo, 20 mm Holzbretter	45	47	Vorsatzschale auf vorhandene Decke	50	52

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A01	EG	2,32	3,71	8,61	Schlafzimmer	55 bis < 60	40,5	41,4	40,7

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A01.1	1,15	1,24	1,43	1,43	38	38	nein
Rolladenkasten	A01.1	1,15	0,17	0,20	0,20	28	28	nein
Fenster	A01.2	1,19	1,25	1,49	1,49	38	38	nein
Rolladenkasten	A01.2	1,19	0,17	0,20	0,20	28	28	nein
Außenwand	A01.3	2,32	2,54	5,89	4,20	57	57	nein
Außenwand	A01.4	3,71	2,54	9,42	7,74	57	57	nein
Außenwand	L1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A02	EG	-	-	20,35	Arbeitszimmer	102	55	65,9	54,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A02.1	1,75	1,25	2,19	2,19	28	40	ja
Rolladenkasten	A02.1	1,75	0,17	0,30	0,30	28	40	ja
Außenwand	A02.2	4,67	2,61	12,19	9,70	57	57	nein
Außenwand	A02.3	4,40	2,61	11,48	11,48	57	57	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A03	EG	4,41	4,63	20,42	Wohnzimmer	102	55	60,0	54,8

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenstertür	A03.1	1,53	1,98	3,03	3,03	38	41	ja
Rolladenkasten	A03.1	1,53	0,21	0,32	0,32	28	40	ja
Außenwand	A03.2	4,63	2,46	11,39	11,39	57	57	nein
Außenwand	A03.3	4,41	2,46	10,85	7,50	57	57	nein
Außenwand	A03.4	0,73	2,46	1,80	1,80	57	57	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A04	EG	3,02	3,33	10,06	Wohnküche	102	55	60,1	54,7

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenstertür	A04.1	1,56	2,00	3,12	3,12	38	44	ja
Außenwand	A04.2	3,33	2,56	8,52	5,40	57	57	nein
Außenwand	A04.3	3,02	2,56	7,73	7,73	57	57	nein

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A11	DG	4,94	4,32	21,34	Wohnzimmer	102	55	61,0	54,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A11.1	1,58	1,15	1,82	1,82	38	45	ja
Dachflächenfenster	A11.2	0,78	1,40	1,09	1,09	32	40	ja
Außenwand	A11.3	-	-	10,78	8,96	57	57	nein
Abseitenwand+Dach	A11.4	4,32	0,48	2,07	2,07	58	70	ja
Dachfläche	A11.5	2,60	4,23	11,00	9,91	50	58	ja
Decke	A11.6	-	-	13,52	13,52	47	52	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A12	DG	-	-	19,40	Gästezimmer	102	55	64,3	55,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A12.1	1,10	1,13	1,24	1,24	32	50	ja
Rolladenkasten	A12.1	1,53	0,21	0,32	0,32	28	40	ja
Dachflächenfenster	A12.2	0,66	1,18	0,78	0,78	32	40	ja
Gaubenwand	A12.3	-	-	10,81	9,25	43	52	ja
Gaubenseite	A12.4	-	-	1,05	1,05	50	50	nein
Gaubendecke	A12.5	-	-	4,13	4,13	50	50	nein
Dachfläche	A12.6	-	-	1,75	1,75	50	58	ja
Abseitenwand	A12.7	3,67	0,32	1,17	1,17	58	70	ja
Dachfläche	A12.8	2,49	3,37	8,39	7,61	50	58	ja
Dachfläche	A12.9	-	-	1,75	1,75	50	58	ja
Decke	A12.10	-	-	10,40	10,40	47	52	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In Bezug auf die Fenster und die zugehörigen Rolladenkästen sind dem beauftragten Ingenieurbüro bei der Bearbeitung der ASE gerade bei den höheren Anforderungen (R'_w > 40 dB) Fehler unterlaufen. Fenster und Rolladenkasten sind als ein zusammengesetztes Bauteil zu betrachten, d. h. jedes Bauteil für sich sollte eine ähnliche Schalldämmung aufweisen, damit gewährleistet bleibt, dass sich die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion nicht wesentlich verschlechtert. Am Beispiel Gästezimmer (DG, Raum 12) wirkt sich die falsche Berechnung am deutlichsten aus. Das im Leistungsverzeichnis ausgeschriebene Kastenfenster (R'_w = 50 dB) und der zugehörige Rolladenkasten (R'_w = 40 dB) ergeben gemeinsam nur noch ein resultierendes Schalldämm-Maß von R'_w = 45 dB. Nach den Berechnungen des IBP reicht dies nicht aus, um die geltende Schallschutzanforderung einzuhalten. Bei Verwendung eines Rolladenkastens mit R'_w = 50 dB ist die Einhaltung der Anforderung hingegen gewährleistet.
- Die akustische Wirkung einer elastisch befestigten Innenschale an der Unterseite der Dachkonstruktion (Bauteil A12.6, A12.8 und A12.9, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.1.2.5) wird in der ASE erheblich überschätzt. Statt der in der ASE angenommenen Verbesserung von $\Delta R'_w$ = 20 dB ist nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tab. 34, Zeile 1 und 2 sowie Tab. 38, Zeile 3 und 4 schätzungsweise von einer Verbesserung von lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 8 dB auszugehen. Die meisten der vorgeschlagenen Maßnahmen erscheinen bauakustisch wenig wirkungsvoll und entsprechen nicht dem aktuellen fachlichen Kenntnisstand. Außerdem sind sie zum Teil sehr aufwändig und auch im Hinblick auf das Verhältnis von Kosten und Nutzen als ungeeignet anzusehen.
- Eine Beeinträchtigung des baulichen Schallschutzes ist trotz der wenig wirksamen Maßnahmen nicht zu erwarten, da die Schalldämmung im Bestand zumeist höher liegt, als in der ASE vorausgesetzt wurde, so dass auch Maßnahmen mit geringer akustischer Verbesserungswirkung ausreichen, um die erforderliche Schalldämmung sicherzustellen. Allerdings ließe sich dies auch mit erheblich einfacheren und kostengünstigeren Maßnahmen realisieren.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in diesem Einfamilienhaus sehen den Einbau von ventilatorbetriebenen Zuluftgeräten einzig und allein im Schlafzimmer im Erdgeschoss (Raumnummer aus ASE, Lüfternummer: A01, L1) vor. Das betreffende Gebäude besitzt Außenwände (beidseitig verputztes 39 cm dickes Ziegelmauerwerk). Innendämmmaßnahmen sind nur im Dachbereich geplant.
- Der geplante generelle Austausch der Fenster in den schallschutztechnisch schutzbedürftigen Räumen sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Dachschrägen führen insgesamt zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft überhitzen können. Bei hohen Raumlufttemperaturen wäre allerdings eine thermische Behaglichkeit nicht mehr gegeben.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen. Erst bei aufeinander abgestimmten Zu- und-Abluftmengen ist gewährleistet, dass die ventilatorgesteuerte Lüftung im Schlafzimmer A01 effektiv arbeitet und dadurch die Luftqualität und damit auch der CO_2-Gehalt der Luft ein hygienisch akzeptables Niveau erreicht. Zuglufterscheinungen müssen im Schlafzimmer A01 vermieden werden.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme in den Schlafräumen arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 11 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 02981 - Szd - XETN - 07 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche: 14 m²
Bauweise: 1 Geschoss (Erdgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 1 schutzbedürftiger Raum (A01)
EG: Wohnküche A01

Max. Fluglärmpegel tags L_{a_MaxT} = 101 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH,
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 1. September 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A01	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	55,6	Nein

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seite 2 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 3 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seite 4 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 5 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 6 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 02981 - Szd - XETN - 07 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 1. September 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A01.1	3 mm, keine Dichtungen, 3-teilig mit 2 Flügeln und einer Festverglasung, Holz	21	17	Fensteraustausch R´w = 50 dB	50	50
Fenster	A01.2	Ornamentverglasung, keine Dichtungen, einflügelig, Holz	21	17	Fensteraustausch R´w = 49 dB	49	49
Außenwand	A01.3	10 mm Innenputz, 25 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1400 kg/m³), 10 mm Aussenputz, Polystyrolplatten, Kunststoff-Fassade (WDVS -5 dB)	47	47	---	47	47
Außenwand	A01.4	10 mm Innenputz, 25 cm Ziegelmauerwerk, (Dichte 1400 kg/m³), 10 mm Aussenputz, Polystyrolplatten, Kunststoff-Fassade (WDVS -5 dB)	47	47	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	55
Decke	A01.5	Polystyrolplatten, Putz, Putzträger, Torf in Balkenlage, Dielung	50	49	---	50	49
Schalldämmlüfter	L1	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A01	EG	3,71	3,82	14,17	Wohnküche	101	55	77,3	55,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A01.1	1,01	1,19	1,20	1,20	17	50	ja
Fenster	A01.2	0,95	1,27	1,21	1,21	17	49	ja
Außenwand	A01.3	1,33	2,57	3,42	2,22	47	47	nein
Außenwand	A01.4	3,82	2,57	9,82	8,61	47	55	ja
Decke	A01.5	3,71	3,82	14,17	14,17	49	49	nein
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gemäß der ASE weisen zwei der im Gebäude vorhandenen Wohnräume keine Anspruchsberechtigung auf, da sie - so die Begründung der ASE - nicht den baurechtlichen Anforderungen entsprechen. Im Hinblick auf einen ausreichenden baulichen Schallschutz ist nur schwer nachzuvollziehen, weshalb zwei schutzbedürftige Räume (Wohnzimmer A02 und Schlafzimmer A03) nicht gegen den einwirkenden Fluglärm geschützt werden sollen.
- Bei der Ermittlung der erforderlichen Schallschutzmaßnahmen wird in der ASE für den Schalldämmlüfter L1 ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 46 dB (bezogen auf eine virtuelle Fläche von 1,9 m^2) eingesetzt. Dies ist die höchste Schalldämmung, die mit den beiden von der Flughafen Berlin Brandenburg GmbH (FBB) vorgeschlagenen Typen von Lüftern (Siegenia Aeropac und Brink Sonair F+) erreichbar ist. Im Widerspruch hierzu ist im Leistungsverzeichnis der ASE für den Lüfter L1 in Ziffer 1.1.1.1.5 hingegen ein Schalldämm-Maß von R'_w = 48 dB angegeben.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von nur einem Schalldämmlüfter (ventilatorbetriebenes Zuluftgerät) vor. Dieser ist in der Wohnküche EG (Raumnummer aus ASE und Lüfternummer: A01, L1) vorgesehen.
- Der geplante Austausch der Fenster im Raum A01 sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Außenwand A01.4 führen zu einer dichteren Gebäudehülle im Bereich der Wohnküche.
- Da das Zuluftgerät durch seine einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun hat (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen. Andernfalls würde sich in der Wohnküche bei Lüfterbetrieb eine Überdrucksituation einstellen können. Die Gefahr wäre dabei sehr hoch, dass feuchte warme Raumluft in den Bereich hinter die Innendämmung gedrückt werden könnte. Die Gefahr eines Feuchteschadens hinter der Innnendämmlage wäre dabei sehr hoch.
- Unverständlich bleibt die Tatsache, dass das Sanierungskonzept des vorliegenden Gebäudes laut ASE keine schallschutztechnische Ertüchtigung des Schlafzimmers mit Raumnummer A03 im EG vorgesehen hat. Die Frage bleibt, wie die Bewohner mit ausreichend Luft versorgt werden sollen. Mit den vorliegenden Daten bleibt zu befürchten, dass der CO_2-Gehalt der Atemluft übliche Werte (von denen kein Gesundheitsrisiko ausgeht) deutlich übersteigen dürfte.
- Die erwähnte Innendämmung der Außenwand A01.4 kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf der Bauteiloberfläche der direkt anschließenden Außenwand A01.3 führen. Die möglichen kühleren Oberflächentemperaturen im betreffenden Eckbereich führen im ungünstigen Falle zu einem Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen, insbesondere im Küchenbereich mit zeitweise hohen Feuchtequellen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 12 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 03504 - Tre - XXXN - 07 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Wohngebäude
Wohnfläche: 32,5 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Keller- und Erdgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 2 schutzbedürftige Räume (A1 und A2)
EG: Wohn- und Schlafzimmer A1, Schlafzimmer A2

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 86 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro SPV SchallschutzProjekt Vogel
Seegefelder Straße 11, 14612 Falkensee
Ausstellungsdatum: 14. Dezember 2012

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$R'_{w,res} \geq 36{,}8$ dB	38,6	35,8	Nein
A2	$R'_{w,res} \geq 37{,}1$ dB	37,8	35,0	Nein

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seite 5 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 6 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 7 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

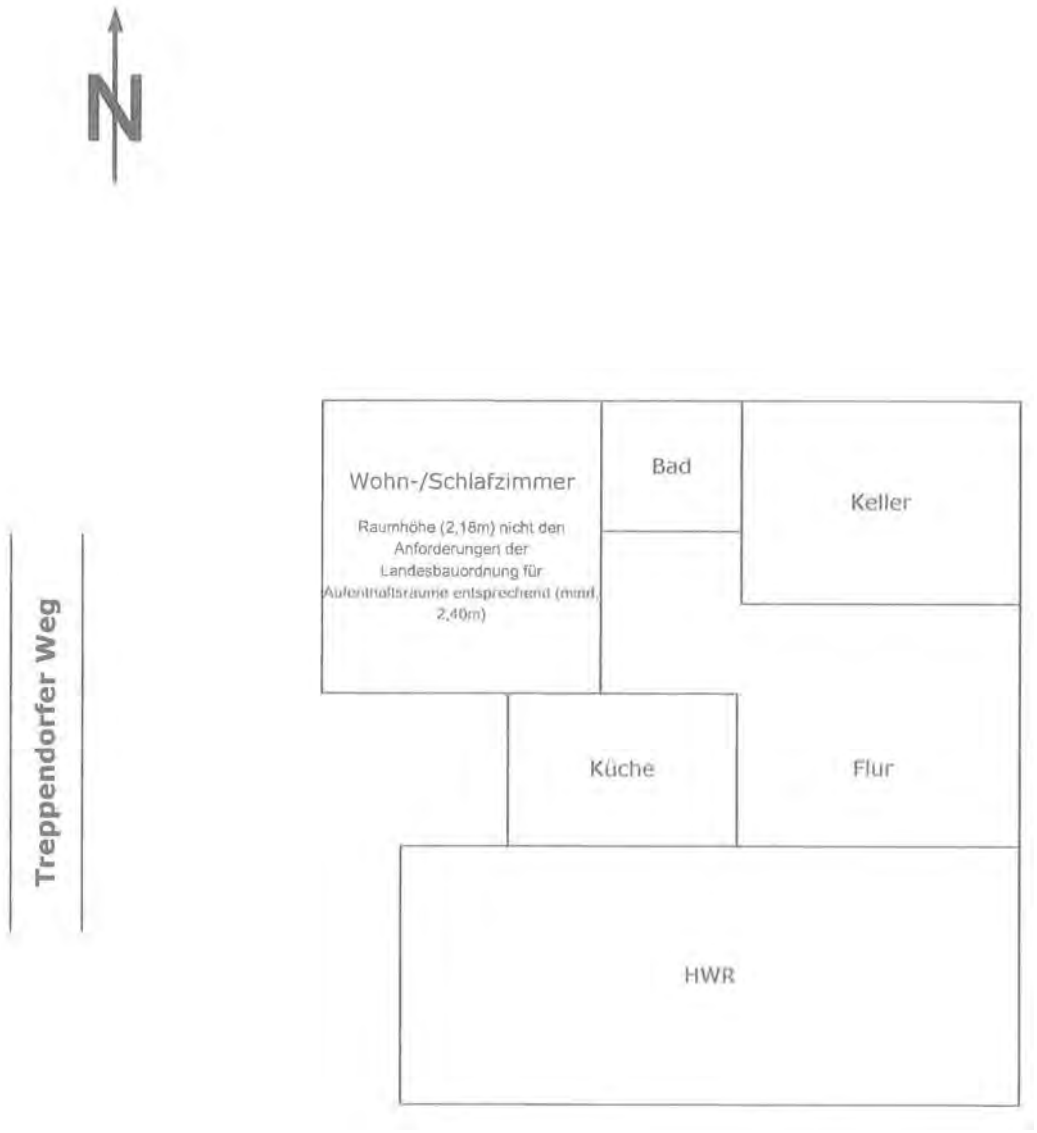


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 03504 - Tre - XXXN - 07 W, Grundriss Kellergeschoss (aus STOB vom 14. Dezember 2012)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

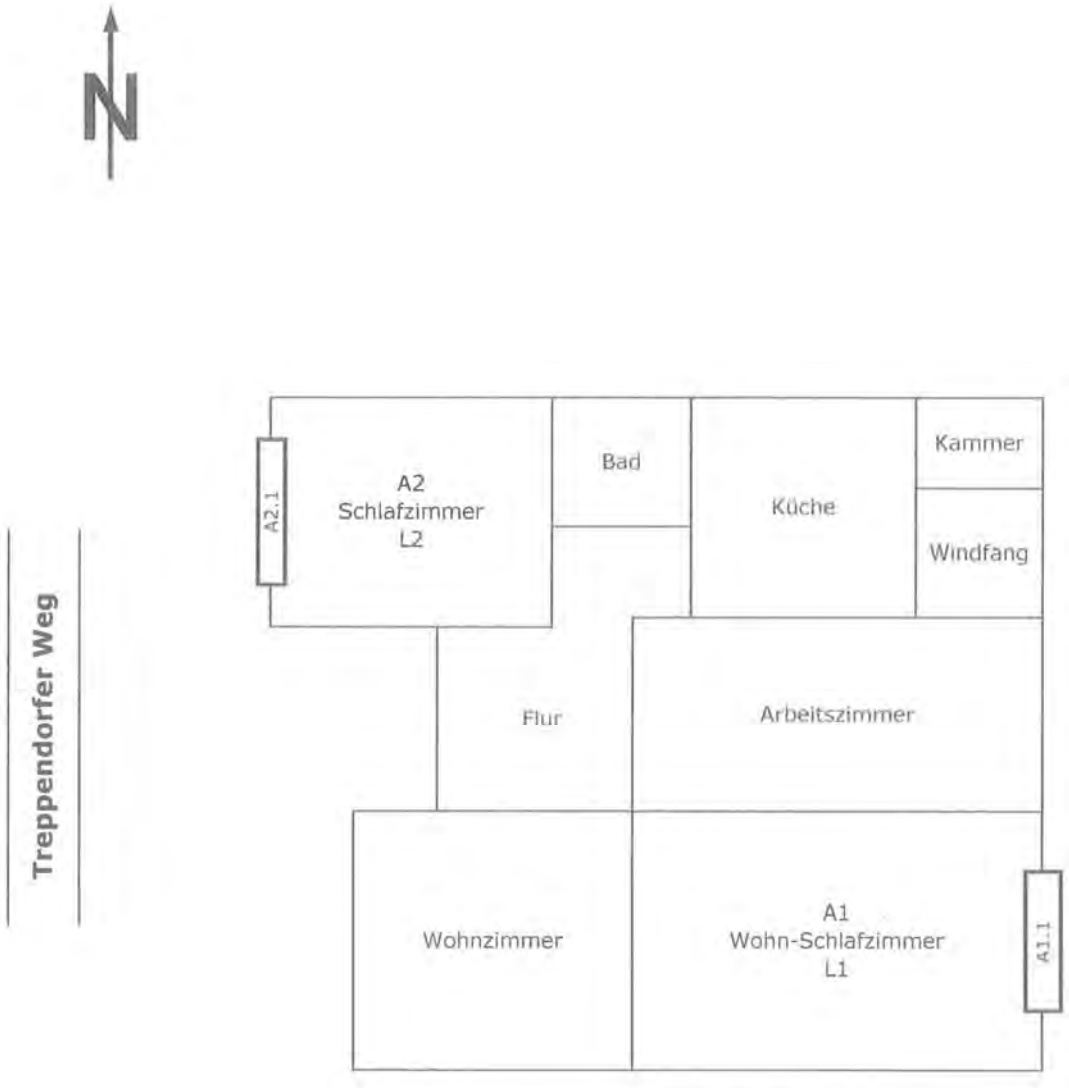


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 03504 - Tre - XXXN - 07 W, Grundriss Erdgeschoss (aus STOB vom 14. Dezember 2012)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A1.1	Kastenfenster 3 mm-100 mm SZR-3 mm, keine Dichtungen, 3 Flügel, Holz, Baujahr 1933	23	20	Fensteraustausch R´w = 32 dB	32	32
Rolladenkasten	A1.2	ungedämmt, Gurt durch Rahmen, Holzpanzer breit	25	20	---	25	20
Heizkörpernische	A1.3	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 30 cm	55	54	---	55	54
Schalldämmlüfter	A1.4	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Außenwand	A1.5	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 40 cm	57	58	---	57	58
Kehlbalkendecke	A1.6	Putz, Putzträger, Schüttung, Luftraum, Dach	45	45	---	45	45
Außenwand	A1.7	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 40 cm	57	58	---	57	58
Fenster	A2.1	Kastenfenster 3 mm-100 mm SZR-3 mm, keine Dichtungen, 3 Flügel, Holz, Baujahr 1933	23	20	Fensteraustausch R´w = 32 dB	32	32
Rolladenkasten	A2.2	ungedämmt, Gurt durch Rahmen, Holzpanzer breit	25	20	---	25	20
Heizkörpernische	A2.3	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 30 cm	55	54	---	55	54
Schalldämmlüfter	A2.4	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Außenwand	A2.5	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 40 cm	57	58	---	57	58
Kehlbalkendecke	A2.6	Putz, Putzträger, Schüttung, Luftraum, Dach	45	45	---	45	45
Außenwand	A2.7	Innenputz, Ziegelmauerwerk, Außenputz, d = 40 cm	57	58	---	57	58

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A1	EG	4,04	4,5	18,18	Wohn/Schlafzimmer	55 bis < 60	36,8	29,4	35,8

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A1.1	2,15	1,95	4,19	4,19	20	32	ja
Rolladenkasten	A1.2	2,35	0,35	0,82	0,82	20	20	ja
Heizkörpernische	A1.3	2,15	0,85	1,83	1,83	54	54	nein
Schalldämmlüfter	A1.4	1,90	1,00	1,90	1,90	-	40	ja
Außenwand	A1.5	4,04	2,83	11,43	6,42	58	58	nein
Kehlbalkendecke	A1.6	4,50	4,04	18,18	18,18	45	45	nein
Außenwand	A1.7	4,50	2,83	12,74	12,74	58	58	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A2	EG	3,57	4,03	14,39	Schlafzimmer	55 bis < 60	37,1	28,6	35,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A2.1	2,23	1,95	4,35	4,35	20	32	ja
Rolladenkasten	A2.2	2,43	0,35	0,85	0,85	20	20	ja
Heizkörpernische	A2.3	2,23	0,85	1,90	1,90	54	54	nein
Schalldämmlüfter	A2.4	1,90	1,00	1,90	1,90	-	40	ja
Außenwand	A2.5	3,57	2,81	10,03	4,83	58	58	nein
Kehlbalkendecke	A2.6	4,03	3,57	14,39	14,39	45	45	nein
Außenwand	A2.7	4,03	2,81	11,32	11,32	58	58	nein

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Gemäß der ASE weisen mehrere der im Gebäude vorhandenen Wohnräume (Wohn- und Schlafzimmer im Kellergeschoss) keine Anspruchsberechtigung auf, da sie - so die Begründung der ASE - nicht den baurechtlichen Anforderungen entsprechen. Im Hinblick auf einen ausreichenden baulichen Schallschutz ist nur schwer nachzuvollziehen, weshalb diese Räume nicht gegen den einwirkenden Fluglärm geschützt werden sollen.
- Die zur Abschätzung des Schallschutzes im Bestand und bei der Sanierung verwendeten Regelwerke werden in der ASE nicht genannt. Die Schalldämmung im Bestand wurde jedoch im Wesentlichen richtig ermittelt. Eine Ausnahme bilden allerdings die Fenster und Rolladenkästen. Bei einem Alter von über 80 Jahren (Baujahr 1933) sind bei der Schalldämmung dieser Bauteile Abstriche zu machen. Des Weiteren ist zu beanstanden, dass zwar Fenster mit höherer Schalldämmung eingebaut werden sollen, bei der Sanierung der Rolladenkästen hingegen keine akustische Ertüchtigung vorgesehen ist. Dies ist der Grund dafür, dass die resultierende Schalldämmung der Außenbauteile, die zur Einhaltung der Schallschutzanforderung erforderlich wäre, nach Berechnung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik auch nach der Sanierung nicht ganz erreicht wird.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von Schalldämmlüfter (ventilatorbetriebene Zuluftgeräte) in dem mit A1 bezeichneten Wohn-Schlafzimmer im EG (Bauteilnummer des Lüfters A1.4) sowie im mit A2 bezeichneten Schlafzimmer im EG (Lüfter A2.4) vor.
- Der geplante Austausch der Fenster im Raum A1 und A2 führen zu einer dichteren Gebäudehülle im Bereich der Schlafräume. Spezielle Ertüchtigungsmaßnahmen im Außenwandbereich sind laut ASE nicht vorgesehen.
- Da das Zuluftgerät durch seine einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun hat (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Dies dient zur Sicherung der Luftqualität. Dabei dürfen Aspekt der thermischen Behaglichkeit nicht außer Acht gelassen werden, daher sind Zuglufterscheinungen zu vermeiden.
- Ein Hinweis gilt der Tatsache, dass das Sanierungskonzept des vorliegenden Gebäudes laut ASE keine schallschutztechnische Ertüchtigung des Wohn-Schlafzimmers im Kellergeschoss vorgesehen hat. Die Frage bleibt, wie die Bewohner mit ausreichend Luft versorgt werden sollen. Mit den vorliegenden Daten bleibt zu befürchten, dass der CO_2-Gehalt der Atemluft übliche Werte (von denen kein Gesundheitsrisiko ausgeht) deutlich übersteigen dürfte.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit eingeschränkt sein könnte und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 13 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 07946 - Szd - XETN - 09 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Mehrfamilienhaus
Wohnfläche: 102 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und 1. Obergeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 6 schutzbedürftige Räume (A01 – A03, B11 – B13)
EG: Wohnküche A01, Schlafzimmer A02, Wohnzimmer A03
OG: Wohnküche B11, Wohnzimmer B12, Schlafzimmer B13

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 102 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH,
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 24. September 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A01	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	53,2	Ja
A02	$R'_{w,res} \geq 39{,}1$ dB	40,0	35,1	Nein
A03	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	53,0	Ja
B11	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,4	56,4	Nein
B12	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	59,1	Nein
B13	$R'_{w,res} \geq 41{,}7$ dB	45,2	45,6	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seiten 4 + 5 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 6 + 7 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 8 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 9 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

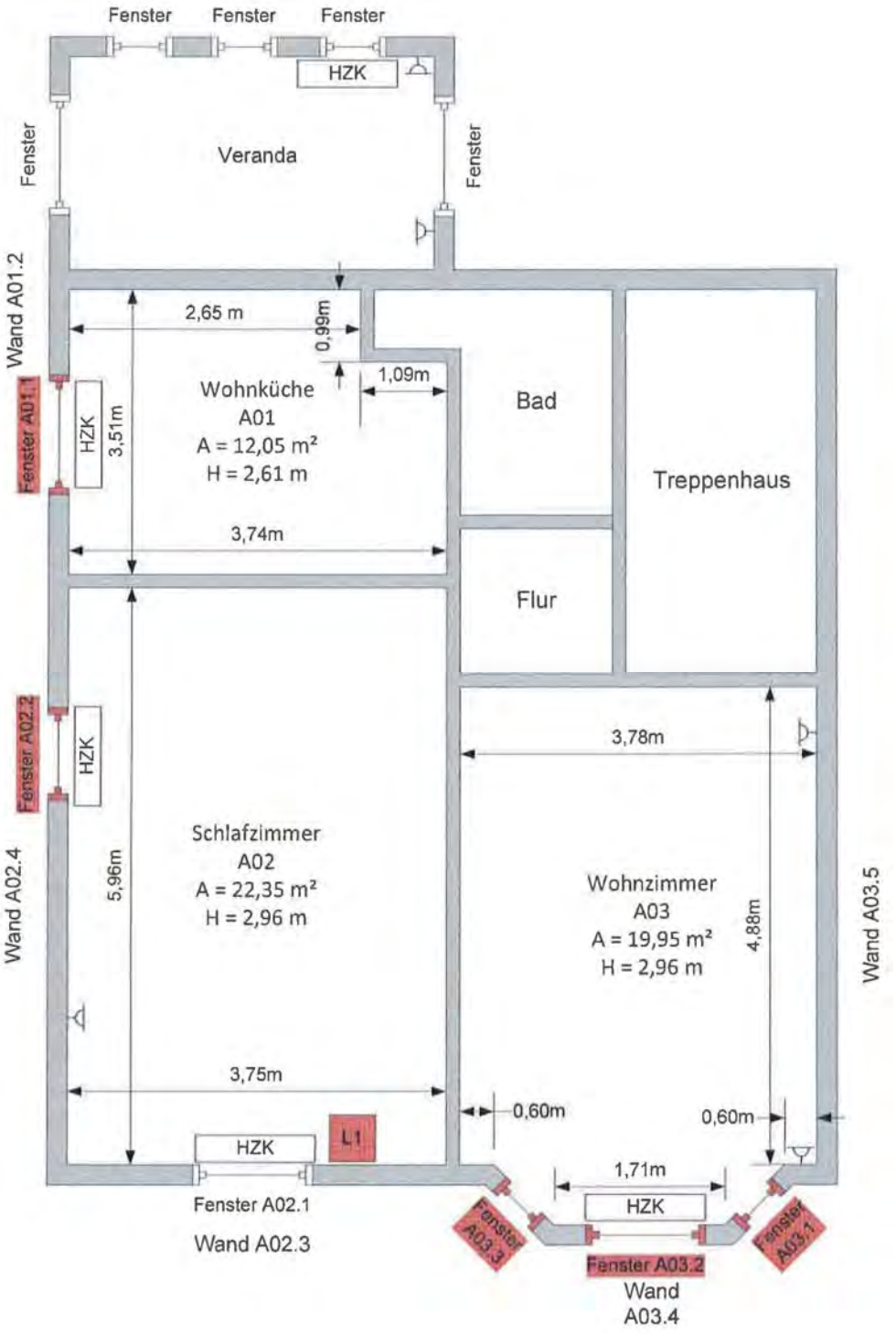


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 07946 - Szd - XETN - 09 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 24. September 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

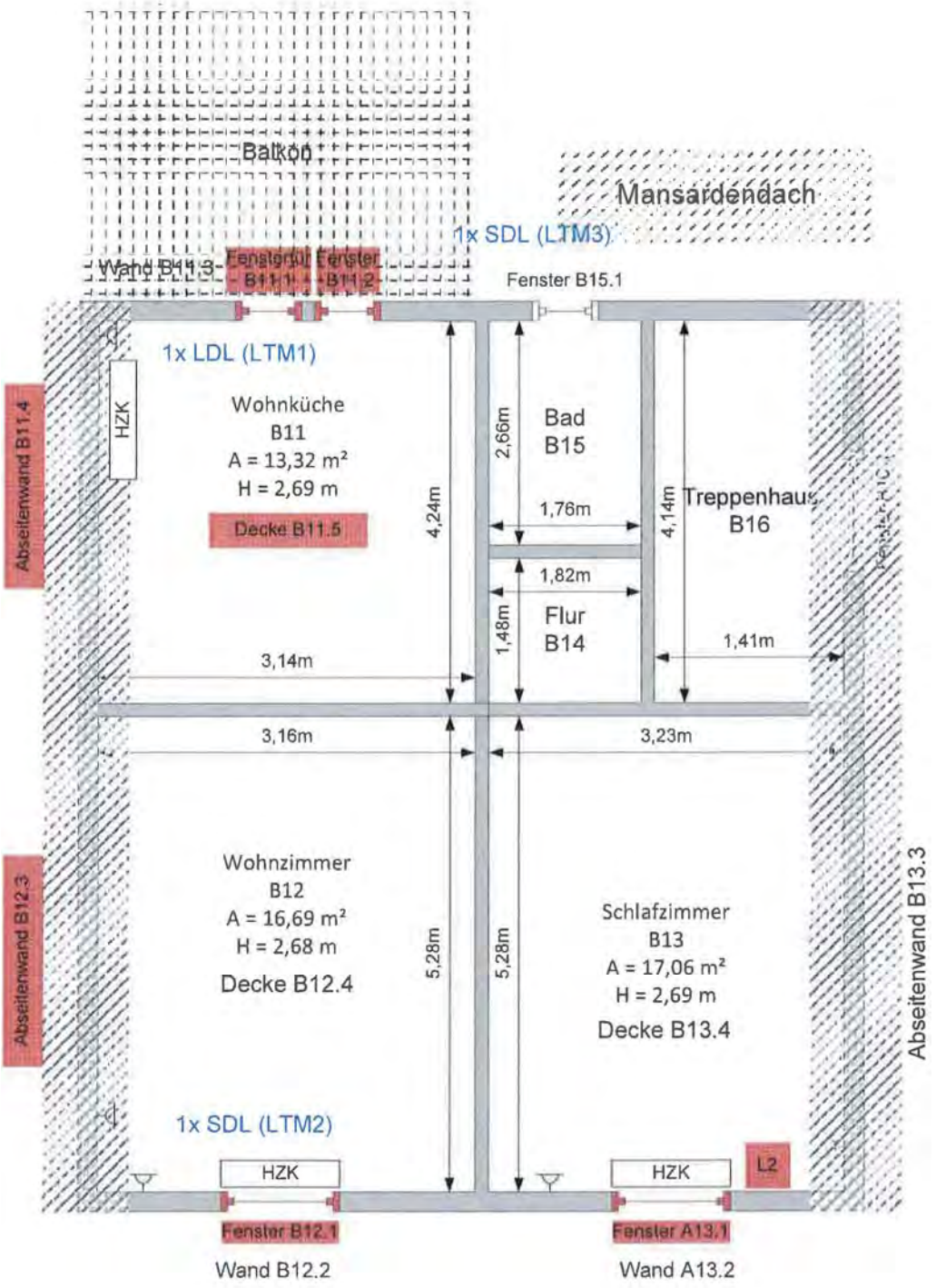


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 07946 - Szd - XETN - 09 W, Grundriss Obergeschoss (aus ASE_B vom 24. September 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A01.1	4/14/4, 1 Dichtung, 2-flügelig, Merantiholz	31	28	Fensteraustausch R'_w = 43 dB	43	43
Außenwand	A01.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Fenster	A02.1	4/15/4, keine Dichtungen, 2-flügelig, Holz, Stulp	31	25	---	31	25
Fenster	A02.2	Kastenfenster 2/130/2, keine Dichtungen, 2-flügelig, Holz	30	21	Fensteraustausch R'_w = 43 dB	36	36
Außenwand	A02.3	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Außenwand	A02.4	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Schalldämmlüfter	L1	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	A03.1	4/17/4, keine Dichtungen, 1-flügelig, Merantiholz	32	25	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Rolladenkasten	A03.1	Aufsatz, Gurt, schmale Kunststofflamellen	30	25	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Fenster	A03.2	4/17/4, 1 Dichtung, 2-flügelig, Holz, Stulp	32	28	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Rolladenkasten	A03.2	Aufsatz, Gurt, schmale Kunststofflamellen	30	25	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Fenster	A03.3	4/17/4, keine Dichtungen, 1-flügelig, Merantiholz	31	25	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Rolladenkasten	A03.3	Aufsatz, Gurt, schmale Kunststofflamellen	30	25	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Außenwand	A03.4	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Außenwand	A03.5	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Fenstertür	B11.1	6/15/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Merantiholz	35	38	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenster	B11.2	6/15/8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Merantiholz	35	38	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Außenwand	B11.3	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Abseitenwand + Dach	B11.4	10 mm Außenputz, Putzträger, 11,5 cm Ziegelmauerwerk,	49	49	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 13 dB)	58	56
Decke + Dach	B11.5	10 mm Innenputz, Putzträger (Stroh), Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung, Luftraum, Dacheindeckung	53	45	Vorsatzschale auf vorhandene Decke	60	50
Schalldämmlüfter	LTM1	---	-	-	Modular aufgebauter Laibungs-Durchlass (laut ASE $D_{n,e,w}$ = 64 dB)	55	55

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	B12.1	4/14/4, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Holz, Stulp	31	32	Fensteraustausch R'_w = 47 dB + bauakustische Messung	47	47
Rolladenkasten	B12.1	Aufsatz, Gurt, schmale Aluminiumlamellen	30	25	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Außenwand	B12.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Abseitenwand + Dach	B12.3	10 mm Außenputz, Putzträger, 11,5 cm Ziegelmauerwerk,	49	49	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 13 dB)	58	56
Decke + Dach	B12.4	10 mm Innenputz, Putzträger (Stroh), Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung, Luftraum, Dacheindeckung	53	45	---	53	45
Schalldämmlüfter	LTM2	---	-	-	Außenluftdurchlass (laut ASE Dn,e,w = 51 dB)	46	46
Fenster	B13.1	4/14/4, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Holz, Stulp	31	32	Fensteraustausch R'_w = 36 dB	36	36
Rolladenkasten	B13.1	Aufsatz, Gurt, schmale Aluminiumlamellen	30	25	Aufsatz-Rolladenkasten	36	36
Außenwand	B13.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk, 6 cm Hohlraum gefüllt mit Perlite, 12 cm Ziegelmauerwerk, 10 mm Außenputz,	53	64	---	53	64
Abseitenwand + Dach	B13.3	10 mm Außenputz, Putzträger, 11,5 cm Ziegelmauerwerk,	49	49	---	49	49
Decke + Dach	B13.4	10 mm Innenputz, Putzträger (Stroh), Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung, Luftraum, Dacheindeckung	53	45	---	53	45
Schalldämmlüfter	L2	'---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A01	EG	-	-	12,05	Wohnküche	102	55	68,0	53,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A01.1	1,64	1,48	2,43	2,43	28	43	ja
Außenwand	A01.2	6,01	2,61	15,69	13,26	64	64	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A02	EG	3,75	5,96	22,35	Schlafzimmer	55 bis < 60	39,1	30,8	35,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorher [dB]	Schalldämm-Maß R'_w nachher [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A02.1	1,63	1,58	2,58	2,58	25	25	nein
Fenster	A02.2	1,20	1,66	1,99	1,99	21	36	ja
Außenwand	A02.3	3,75	2,96	11,10	8,52	64	64	nein
Außenwand	A02.4	5,96	2,96	17,64	15,65	64	64	nein
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A03	EG	-	-	19,95	Wohnküche	102	55	70,7	53,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A03.1	0,63	1,58	1,00	1,00	25	45	ja
Rolladenkasten	A03.1	0,63	0,17	0,11	0,11	25	40	ja
Fenster	A03.2	1,62	1,58	2,56	2,56	28	45	ja
Rolladenkasten	A03.2	1,62	0,17	0,28	0,28	25	40	ja
Fenster	A03.3	0,63	1,58	1,00	1,00	25	45	ja
Rolladenkasten	A03.3	0,63	0,17	0,11	0,11	25	40	ja
Außenwand	A03.4	4,56	2,96	13,50	8,46	64	64	nein
Außenwand	A03.5	4,88	2,96	14,44	14,44	64	64	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B11	1. OG	3,14	4,24	13,31	Wohnküche	102	55	62,5	56,4

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenstertür	B11.1	1,06	2,27	2,41	2,41	38	45	ja
Fenster	B11.2	1,07	1,45	1,55	1,55	38	45	ja
Außenwand	B11.3	3,14	2,69	8,45	4,49	64	64	nein
Abseitenwand	B11.4	4,24	2,69	11,41	11,41	49	56	ja
Decke	B11.5	3,14	4,24	13,31	13,31	45	50	ja
Schalldämmlüfter	LTM1	-	-	1,90	1,90	-	55	ja

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B12	1. OG	3,16	5,28	16,68	Wohnzimmer	102	55	65,8	59,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B12.1	1,63	1,58	2,58	2,58	32	47	ja
Rolladenkasten	B12.1	1,63	0,17	0,28	0,28	25	40	ja
Außenwand	B12.2	3,16	2,68	8,47	5,62	64	64	nein
Abseitenwand	B12.3	5,28	2,68	14,15	14,15	49	56	ja
Decke	B12.4	3,16	5,28	16,68	16,68	45	45	nein
Schalldämmlüfter	LTM2	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B13	1. OG	3,23	5,28	17,05	Schlafzimmer	55 bis < 60	41,7	41,7	45,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B13.1	1,63	1,58	2,58	2,58	32	36	ja
Rolladenkasten	B13.1	1,63	0,17	0,28	0,28	25	36	ja
Außenwand	B13.2	3,23	2,69	8,69	5,84	64	64	nein
Abseitenwand	B13.3	5,28	2,69	14,20	14,20	49	49	nein
Decke	B13.4	3,23	5,28	17,05	17,05	53	53	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In der ASE wird die Außenwand des Gebäudes als zweischalige, biegesteife Konstruktion mit Trennfuge (beidseitig verputzt) beschrieben. Angesetzt wurde jedoch lediglich ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 53 dB, was in etwa der Schalldämmung einer einschaligen Wand mit der Gesamtmasse der beiden Einzelschalen entsprechen dürfte. Nach DIN 4109, Beiblatt 1, Ziffer 2.3.2 können bei zweischaligen Wänden mit durchgehender Trennfuge zu der auf diese Weise ermittelten Schalldämmung jedoch 12 dB hinzugerechnet werden. Für die in der ASE beschriebene zweischalige Konstruktion ergibt sich somit ein bewertetes Schalldämm-Maß von etwa R'_w = 64 dB.
- In Bezug auf die Fenster und die zugehörigen Rolladenkästen sind dem beauftragten Ingenieurbüro bei der Bearbeitung der ASE gerade bei den höheren Anforderungen (R'_w > 40 dB) Fehler unterlaufen. Fenster und Rolladenkasten sind als ein zusammengesetztes Bauteil zu betrachten, d. h. jedes Bauteil für sich sollte eine ähnliche Schalldämmung aufweisen, damit gewährleistet bleibt, dass sich die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion nicht wesentlich verschlechtert. Am Beispiel des Wohnzimmers im Obergeschoss (Raum B12) wirkt sich dies besonders deutlich aus. Das im Leistungsverzeichnis ausgeschriebene Kastenfenster (R'_w = 47 dB) und der zugehörige Rolladenkasten (R'_w = 40 dB) ergeben gemeinsam nur noch ein resultierendes Schalldämm-Maß von R'_w = 45 dB.
- Für eine Vorsatzschale aus einer 12,5 mm dicken GKB-Platte, die mittels einer Metallunterkonstruktion direkt an der Abseitenwand befestigt ist, wird in der ASE bei 100 mm Gesamtdicke von einer Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes von $\Delta R'_w$ = 13 dB ausgegangen (Bauteil B11.4 und B12.3, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.15.1.1.1). Nach den Erkenntnissen des IBP beträgt die Verbesserung durch eine derartige Vorsatzschale lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 7 dB. Wie auch in weiteren Fällen erscheint die in der ASE vorgeschlagene Verbesserungsmaßnahme auch hier bauakustisch wenig wirkungsvoll und entspricht nicht dem aktuellen fachlichen Kenntnisstand.
- Für die in den Räumen B11 und B12 eingesetzten Schalldämmlüfter (Schalldämm-Maß R'_w = 46 dB bezogen auf eine virtuelle Bauteilfläche von 1,9 m^2) ist im Leistungsverzeichnis Ziffer 7.3.3.2.2 und 7.3.4.1.2 eine falsche Schalldämmung angegeben. Offensichtlich ist den Verfassern bei der Umrechnung vom bewerteten Schalldämm-Maß R'_w in die im Leistungsverzeichnis angegebene Normschallpegel-differenz $D_{n,e,w}$ ein Fehler unterlaufen.
- Eine Beeinträchtigung des baulichen Schallschutzes ist trotz der wenig wirksamen Maßnahmen nicht zu erwarten, da die Schalldämmung im Bestand deutlich höher liegt, als in der ASE vorausgesetzt wurde, so dass auch Maßnahmen mit geringer akustischer Verbesserungswirkung ausreichen, um die erforderliche Schalldämmung sicherzustellen. Allerdings ließe sich dies auch mit erheblich einfacheren und kostengünstigeren Maßnahmen realisieren.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt fünf Einrichtungen zum Lüften vor. Diese sind im Schlafzimmer EG (Raumnummer aus ASE, Lüfternummer und Lüfterart: A02, L1, Schalldämmlüfter), in der Wohnküche OG (B11, LTM 1, modular aufgebauter Laibungsdurchlass), im Wohnzimmer OG (B12, LTM 2, Außenluftdurchlass), im Schlafzimmer OG (B13, L2, Schalldämmlüfter) sowie eine weitere lüftungstechnische Maßnahme (LTM 3) im Bereich des Mansardendachs OG geplant.
- Der geplante generelle Austausch der Fenster sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Dachschrägen und der Abseitenwände in den Räumen B11 und B12 im OG führren zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft höhere Innenraumtemperaturen aufweisen können. Diese möglichen Überhitzungseffekte würden die thermische Behaglichkeit erheblich beeinträchtigen.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Es ist im Rahmen eines Lüftungskonzeptes zu überprüfen, ob die geplanten Luftdurchlässe als geeignete Abluftöffnungen gelten können.
- Die erwähnte Innendämmung der Abseitenwände kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere auf der direkt anschließenden Giebelwand zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich der jeweiligen Zone des Raums B11 (Ecke durch die Wände B11.3 und B11.4 gebildet) und des Raums B12 (Ecke durch die Wände B12.2 und B12.3 gebildet) führen kann. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr sehr wahrscheinlich eingeschränkt sein wird und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 14 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 16595 - Eic - XXTN - 11 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Mehrfamilienhaus
Wohnfläche: 158 m²
Bauweise: 3 Geschosse (Erd-, 1. Ober- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 9 schutzbedürftige Räume (A01 - A03, B11 - B13, C21, C22, C24)
EG: Wohnzimmer A01, Arbeitszimmer A02, Schlafzimmer A03
OG: Kinderzimmer B11, Wohnzimmer B12, Schlafzimmer B13
DG: Schlafzimmer C21, Wohnzimmer C22, Arbeitszimmer C24

Max. Fluglärmpegel tags L_{a_MaxT} = 97 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH,
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 3. November 2014

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A01	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,0	55,0	Ja
A02	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	52,0	52,3	Ja
A03	$R'_{w,res} \geq 34{,}2$ dB	38,2	29,5	Nein
B11	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	54,9	Ja
B12	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,8	54,8	Ja
B13	$R'_{w,res} \geq 33{,}9$ dB	39,8	37,2	Ja
C21	$R'_{w,res} \geq 36{,}3$ dB	38,9	41,1	Ja
C22	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	54,1	Ja
C24	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,7	54,0	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 3 - 5	Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seiten 6 - 8	Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 9 - 10	Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 11	Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 12	Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

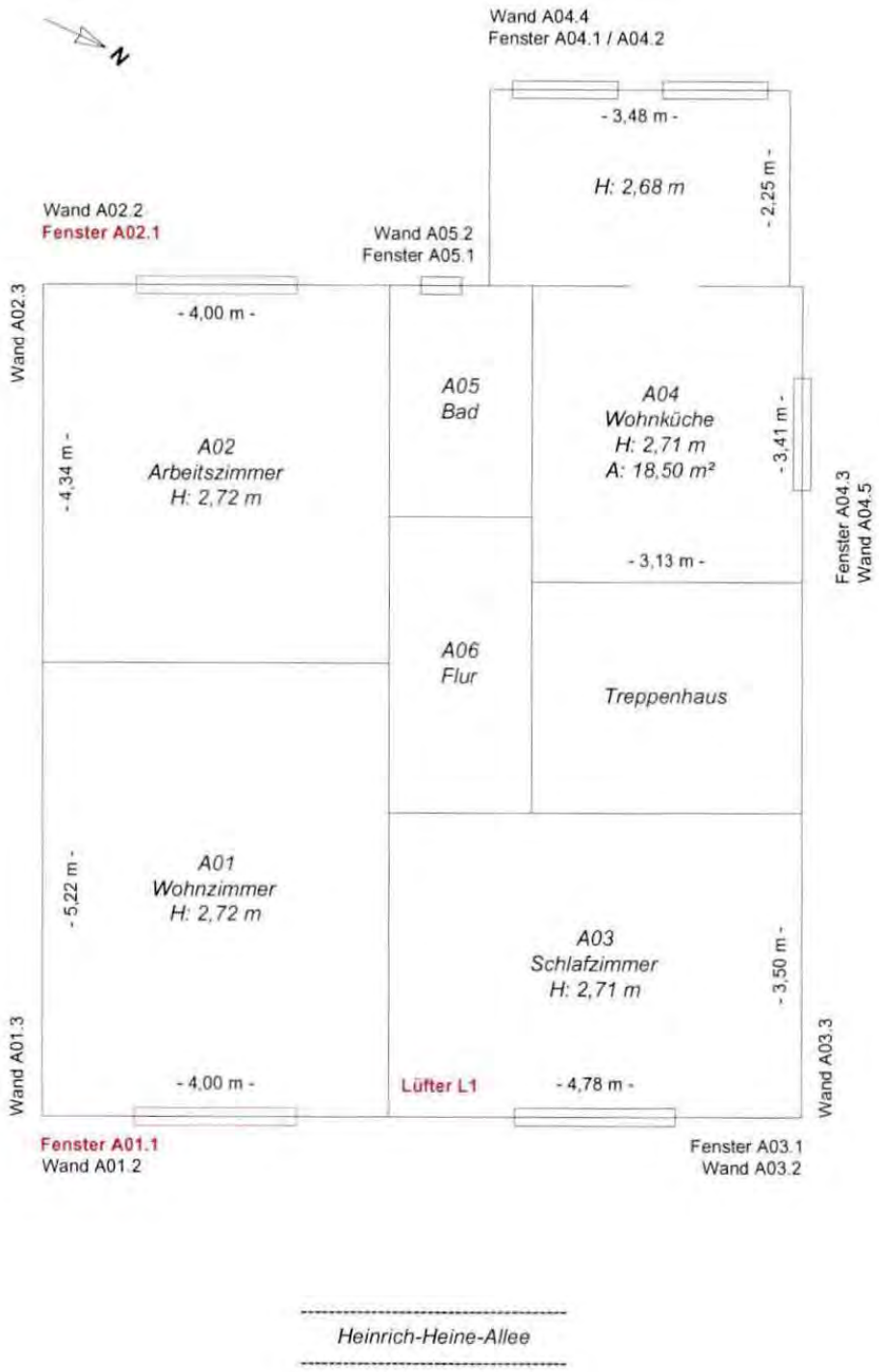


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 16595 - Eic - XXTN - 11 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE_B vom 3. November 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

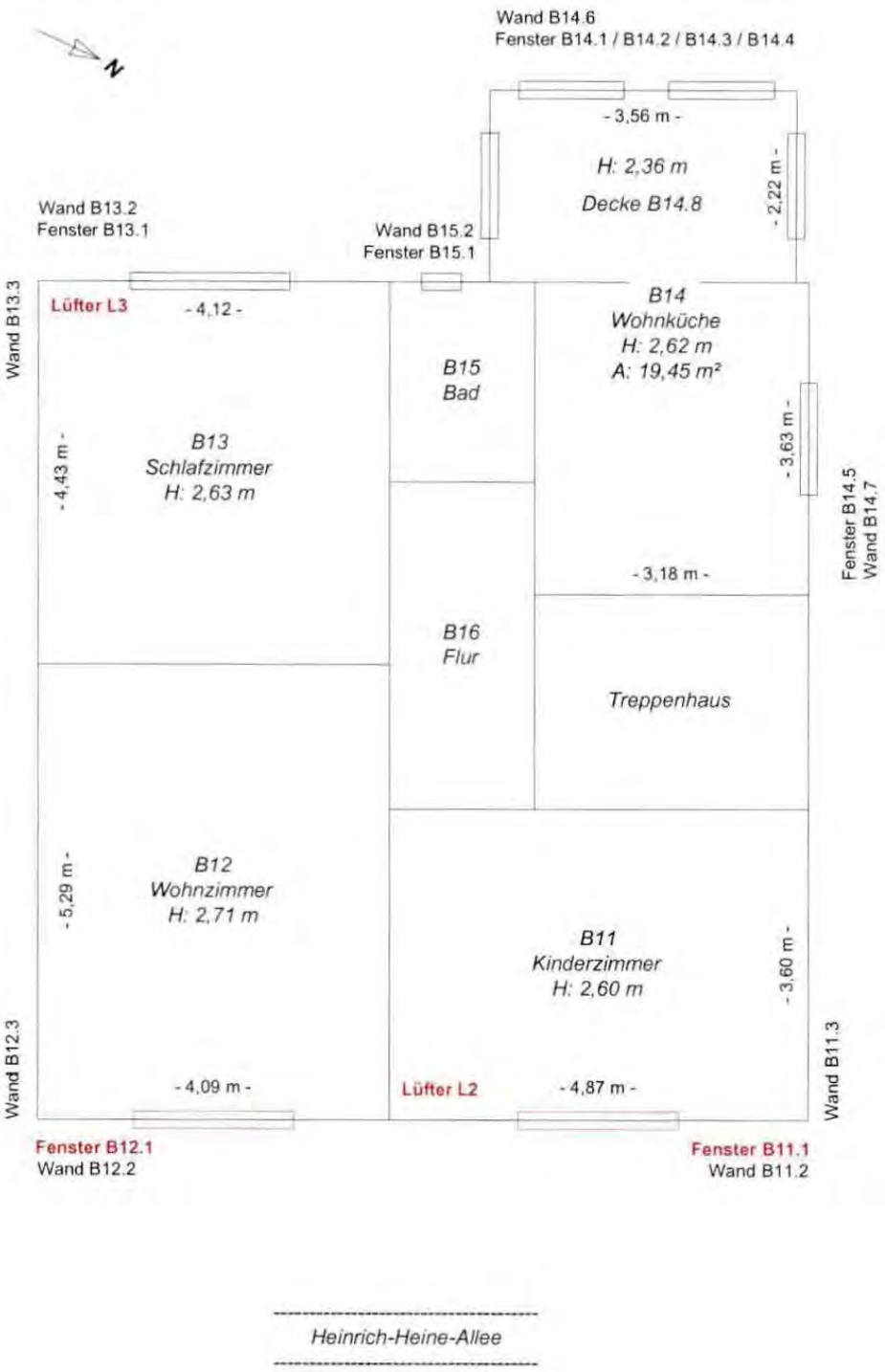


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 16595 - Eic - XXTN - 11 W, Grundriss Obergeschoss (aus ASE_B vom 3. November 2014)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

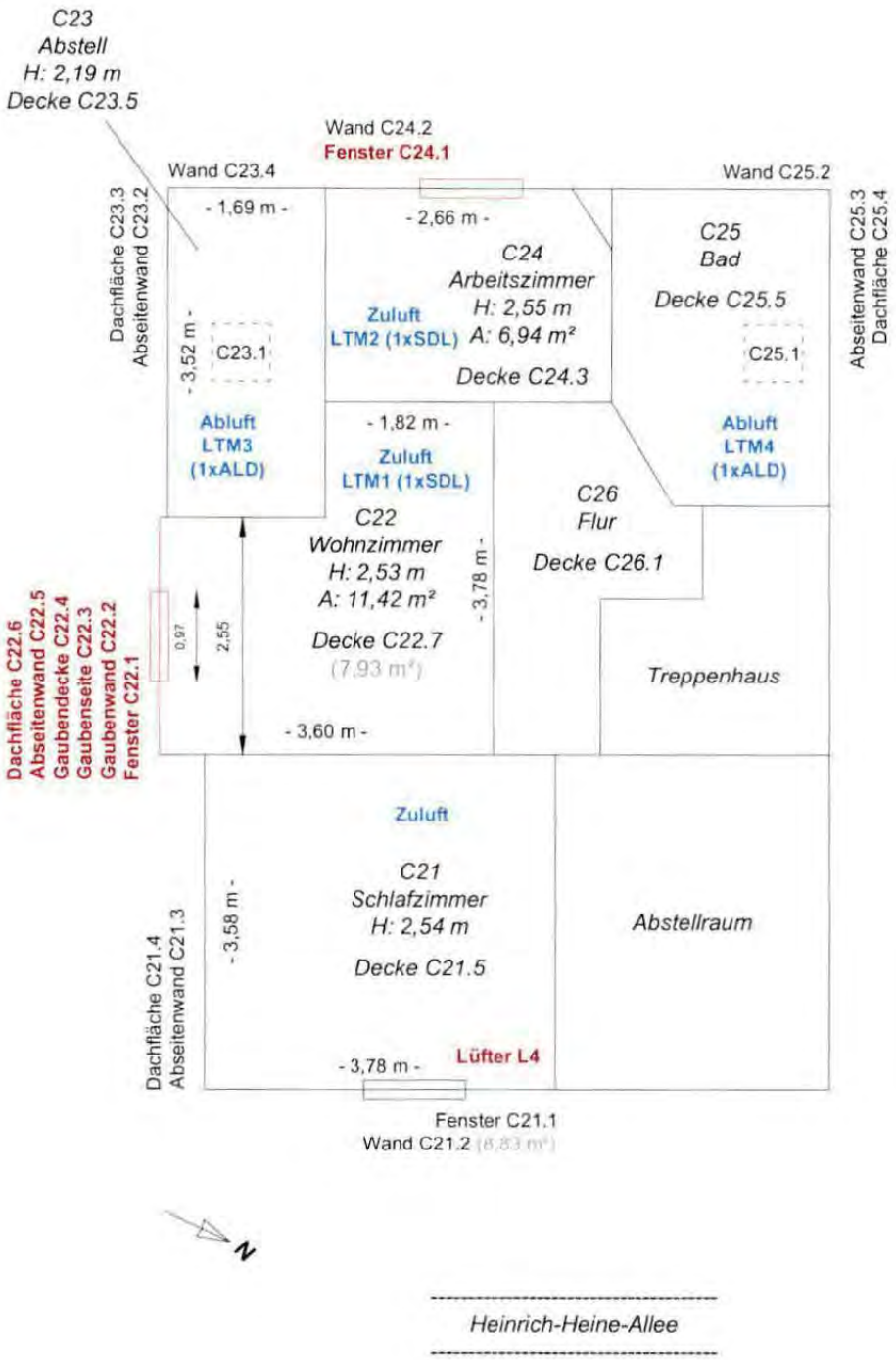


Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 16595 - Eic - XXTN - 11 W, Grundriss Dachgeschoss (aus ASE_B vom 3. November 2014)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A01.1	Kastenfenster 3-95-4, keine Dichtungen, 6-flügelig, Holz	30	21	Fensteraustausch R'_w = 35 dB	35	35
Außenwand	A01.2	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Außenwand	A01.3	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Fenster	A02.1	4-16-8, 1 Dichtung,, 2-flügelig, Kunststoff	36	35	Fensteraustausch R'_w = 41 dB	41	41
Rolladenkasten	A02.1	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	34	35	Aufsatz-Rolladenkasten	40	40
Außenwand	A02.2	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz, 40 mm Polystyrol (WDVS - 5 dB)	52	50	---	52	50
Außenwand	A02.3	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Fenster	A03.1	Kastenfenster 3-95-4, keine Dichtungen, 6-flügelig, Holz	30	21	---	30	21
Außenwand	A03.2	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Außenwand	A03.3	10 mm Innenputz 38 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Schalldämmlüfter	L1		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	B11.1	Kastenfenster 3-120-3, keine Dichtungen, 6-flügelig, Holz	30	21	Fensteraustausch R'_w = 37 dB	37	37
Außenwand	B11.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Außenwand	B11.3	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Schalldämmlüfter	L2		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	B12.1	Kastenfenster 3-120-3, keine Dichtungen, 6-flügelig, Holz	30	21	Fensteraustausch R'_w = 35 dB	35	35
Außenwand	B12.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Außenwand	B12.3	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	B13.1	4-16-4, 1 Dichtung,, 3-flügelig, Holz	32	29	---	32	29
Rolladenkasten	B13.1	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	30	29	---	30	29
Außenwand	B13.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz, 40 mm Polystyrol (WDVS - 5 dB)	52	50	---	52	50
Außenwand	B13.3	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Schalldämmlüfter	L3		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	C21.1	4-16-4, 1 Dichtung, 1-flügelig, Holz	32	29	---	32	29
Außenwand	C21.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz	57	56	---	57	56
Abseitenwand + Dach	C21.3	10 mm Außenputz 6 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³)	40	50	---	40	50
Dach	C21.4	Putz, Putzträger, 10 cm Mineralwolle, Lattung, Ziegel	35	45	---	35	45
Decke + Dach	C21.5	Putz, Putzträger, Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung	47	50	---	47	50
Schalldämmlüfter	L4		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	C22.1	Verbundfenster 3-34-4, keine Dichtungen, 1-flügelig, Holz	25	21	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Gaubenwand	C22.2	Putz, Putzträger, Holzständerwerk ohne Dämmung, Schindeln	35	30	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 1 x 12,5 mm GKB auf Federschienensystem	45	43
Gaubenseite	C22.3	Putz, Putzträger, Holzständerwerk ohne Dämmung, Schindeln	35	30	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 1 x 12,5 mm GKB auf Federschienensystem	45	43
Gaubendecke	C22.4	Putz, Putzträger, Holzständerwerk ohne Dämmung, Lattung, Ziegel	35	30	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 1 x 12,5 mm GKB auf Federschienensystem	45	43
Abseitenwand + Dach	C22.5	10 mm Außenputz 6 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³)	40	50	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 13 dB)	58	59
Dach	C22.6	Putz, Putzträger, 10 cm Mineralwolle, Lattung, Ziegel	35	45	erhöhte Dämmstoffdicke und schwerere Beplankung	45	53
Decke + Dach	C22.7	Putz, Putzträger, Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung	47	50	---	47	50
Schalldämmlüfter	LTM1		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	C24.1	4-16-4, 1 Dichtung, 1-flügelig, Holz	32	29	Fensteraustausch R'_w = 41 dB	41	41
Außenwand	C24.2	10 mm Innenputz 12 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 6 cm Hohlraum gefüllt mit MiWo, 12 cm Ziegel-mauerwerk (Dichte: 1400 kg/m³), 30 mm Außenputz, 40 mm Polystyrol (WDVS - 5 dB)	52	50	---	52	50
Decke + Dach	C24.3	Putz, Putzträger, Holzbalkendecke, Schlackeschüttung, Dielung	47	50	---	47	50
Schalldämmlüfter	LTM2		-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A01	EG	4,00	5,22	20,88	Wohnzimmer	97	55	68,8	55,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A01.1	1,87	1,69	3,16	3,16	21	35	ja
Außenwand	A01.2	4,00	2,72	10,88	7,72	56	56	nein
Außenwand	A01.3	5,22	2,72	14,20	14,20	56	56	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A02	EG	4,00	4,34	17,36	Arbeitszimmer	97	55	57,5	52,3

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A02.1	1,86	2,26	4,20	4,20	35	41	ja
Rolladenkasten	A02.1	1,86	0,22	0,41	0,41	35	40	ja
Außenwand	A02.2	4,00	2,72	10,88	6,27	50	50	nein
Außenwand	A02.3	4,34	2,72	11,80	11,80	56	56	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A03	EG	4,78	3,50	16,73	Schlafzimmer	50 bis < 55	34,2	29,5	29,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A03.1	1,87	1,69	3,16	3,16	21	21	nein
Außenwand	A03.2	4,78	2,71	12,95	9,79	56	56	nein
Außenwand	A03.3	3,50	2,71	9,49	9,49	56	56	nein
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B11	1. OG	4,87	3,60	17,53	Kinderzimmer	97	55	69,6	54,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B11.1	1,90	1,67	3,17	3,17	21	37	ja
Außenwand	B11.2	4,87	2,60	12,66	9,49	56	56	nein
Außenwand	B11.3	3,60	2,60	9,36	9,36	56	56	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B12	1. OG	4,09	5,29	21,64	Wohnzimmer	97	55	68,6	54,8

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B12.1	1,86	1,69	3,14	3,14	21	35	ja
Außenwand	B12.2	4,09	2,71	11,08	7,94	56	56	nein
Außenwand	B12.3	5,29	2,71	14,34	14,34	56	56	nein

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B13	1. OG	4,12	4,43	18,25	Schlafzimmer	50 bis < 55	33,9	37,4	37,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B13.1	1,80	1,57	2,83	2,83	29	29	nein
Rolladenkasten	B13.1	1,80	0,17	0,31	0,31	29	29	nein
Außenwand	B13.2	4,12	2,63	10,84	7,70	50	50	nein
Außenwand	B13.3	4,43	2,63	11,65	11,65	56	56	nein
Schalldämmlüfter	L3	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
C	C21	DG	3,78	3,58	13,53	Schlafzimmer	50 bis < 55	36,3	41,3	41,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	C21.1	1,10	1,23	1,35	1,35	29	29	nein
Außenwand	C21.2	-	-	8,83	7,48	56	56	nein
Abseitenwand	C21.3	3,58	1,30	4,65	4,65	50	50	nein
Dach	C21.4	3,58	1,76	6,30	6,30	45	45	nein
Decke	C21.5	2,53	3,58	9,06	9,06	50	50	nein
Schalldämmlüfter	L4	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
C	C22	DG	-	-	11,42	Wohnzimmer	97	55	68,4	54,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	C22.1	0,97	1,07	1,04	1,04	21	40	ja
Gaubenwand	C22.2	0,97	1,80	1,75	0,71	30	43	ja
Gaubenseite	C22.3	-	-	2,08	2,08	30	43	ja
Gaubendecke	C22.4	0,97	1,49	1,45	1,45	30	43	ja
Abseitenwand	C22.5	2,55	0,73	1,86	1,86	50	59	ja
Dach	C22.6	1,58	2,35	3,71	3,71	45	53	ja
Decke	C22.7	-	-	7,93	7,93	50	50	nein
Schalldämmlüfter	LTM1	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
C	C24	DG	-	-	6,94	Arbeitszimmer	97	55	62,2	54,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	C24.1	1,10	1,23	1,35	1,35	29	41	ja
Außenwand	C24.2	2,66	2,55	6,78	5,43	50	50	nein
Decke	C24.3	2,66	2,61	6,94	6,94	50	50	nein
Schalldämmlüfter	LTM2	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- In der ASE wird die Schalldämmung der Fenster teilweise zu hoch eingeschätzt (z. B. Kastenfenster mit Bauteil-Nr. A01.1, A03.1, B11.1, B12.1, alle 6-flügelig, ohne Dichtungen mit R'_w = 30 dB), teilweise aber auch zu niedrig (z. B. einflügeliges Verbundfenster, Bauteil-Nr. C22.1 mit R'_w = 25 dB). Dies führt dazu, dass die Anforderung für den Raum A03 (Schlafzimmer im EG) laut ASE eingehalten wird, gemäß der Berechnung des IBP beim Schallschutz hingegen erhebliche Defizite bestehen. Entgegen den Aussagen der ASE ist daher für diesen Raum ein Tausch der Fenster erforderlich (Fenster der Schallschutzklasse 2 reichen aus).
- Für eine Vorsatzschale aus einer 12,5 mm dicken GKB-Platte, die mittels einer Metallunterkonstruktion direkt an der Abseitenwand befestigt ist, wird in der ASE bei 100 mm Gesamtdicke von einer Verbesserung des bewerteten Schalldämm-Maßes von $\Delta R'_w$ = 13 dB ausgegangen (Bauteil C22.5, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.15.1.1.1). Nach den Erkenntnissen des IBP beträgt die Verbesserung durch eine derartige Vorsatzschale lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 9 dB. In ähnlicher Weise wird in der ASE auch die akustische Wirkung einer elastisch befestigten Innenschale an der Unterseite der Dachkonstruktion bzw. Gaubendämmung (Bauteile C21.4, C22.2 - C22.4 und C22.6, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.1.2.1 und 6.11.1.2.1) überschätzt. Statt der in der ASE angenommenen Verbesserung von $\Delta R'_w$ = 10 dB ist nach Beiblatt 1 zu DIN 4109, Tab. 34, Zeile 1 und 2 sowie Tab. 38, Zeile 3 und 4 schätzungsweise von einer Verbesserung von lediglich etwa $\Delta R'_w$ = 8 dB auszugehen.
- Eine Beeinträchtigung des baulichen Schallschutzes ist trotz der wenig wirksamen Maßnahmen nicht zu erwarten, da die Schalldämmung im Bestand deutlich höher liegt, als in der ASE vorausgesetzt wurde, so dass auch Maßnahmen mit geringer akustischer Verbesserungswirkung ausreichen, um die erforderliche Schalldämmung sicherzustellen. Allerdings ließe sich dies auch mit erheblich einfacheren und kostengünstigeren Maßnahmen realisieren.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt acht Einrichtungen zum Lüften vor (ohne Fensterelemente gerechnet). Diese befinden sich im
  - Schlafzimmer EG (Raumnummer aus ASE, Lüfternummer und Lüfterart: A03, L1, Schalldämmlüfter),
  - Kinderzimmer OG (B11, L2, Schalldämmlüfter),
  - Schlafzimmer OG (B13, L3, Schalldämmlüfter),
  - Schlafzimmer DG (C21, L4, Schalldämmlüfter),
  - Wohnzimmer DG (C22, LTM1, Schalldämmlüfter Zuluft),
  - Arbeitszimmer DG (C24, LTM2, Schalldämmlüfter Zuluft),
  - Abstellraum DG (C23, LTM3, Außenluftdurchlass Abluft),
  - Bad DG (C25, LTM4, Außenluftdurchlass Abluft).
- Der geplante generelle Austausch der Fenster sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Gaubenwände, Dachschrägen und der Abseitenwände im Wohnzimmer DG (C22) führen zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft höhere Innenraumtemperaturen aufweisen können. Diese möglichen Überhitzungseffekte würden die thermische Behaglichkeit beeinträchtigen.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Es ist im Rahmen eines Lüftungskonzeptes zu überprüfen, ob die geplanten Luftdurchlässe im Dachgeschoss als geeignete Abluftöffnungen gelten können und inwieweit im EG und OG entsprechende Ablufteinrichtungen geeignet platziert werden müssen.
- Die erwähnte Innendämmung der Abseitenwände und Gaubenbereiche kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen führen, die insbesondere auf der direkt anschließenden Gaubenwand zu kühleren Oberflächentemperaturen im Eckbereich führen kann. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr eingeschränkt sein kann und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 15 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 04781 - Tre - XXXN - 08 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche: ca. 120 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Leichtbau
Schutzbed. Räume: 4 schutzbedürftige Räume (A04, A05, B13, B14)
EG: Schlafzimmer A04, Gästezimmer A05,
DG: Kinderzimmer B13, Schlafzimmer B14

Max. Fluglärmpegel tags

L_{a_MaxT} = 88 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro Dipl.-Ing. H. Vössing GmbH,
Hans-Böckler-Allee 9, 30173 Hannover
Ausstellungsdatum: 20. Mai 2010

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A04	$R'_{w,res} \geq 34{,}4$ dB	36,8	36,9	Ja
A05	$R'_{w,res} \geq 34{,}9$ dB	36,8	37,5	Ja
B13	$R'_{w,res} \geq 36{,}1$ dB	36,5	40,4	Ja
B14	$R'_{w,res} \geq 36{,}2$ dB	37,8	40,2	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 2 + 3 Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seite 4 Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seite 5 Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 6 Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 7 Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

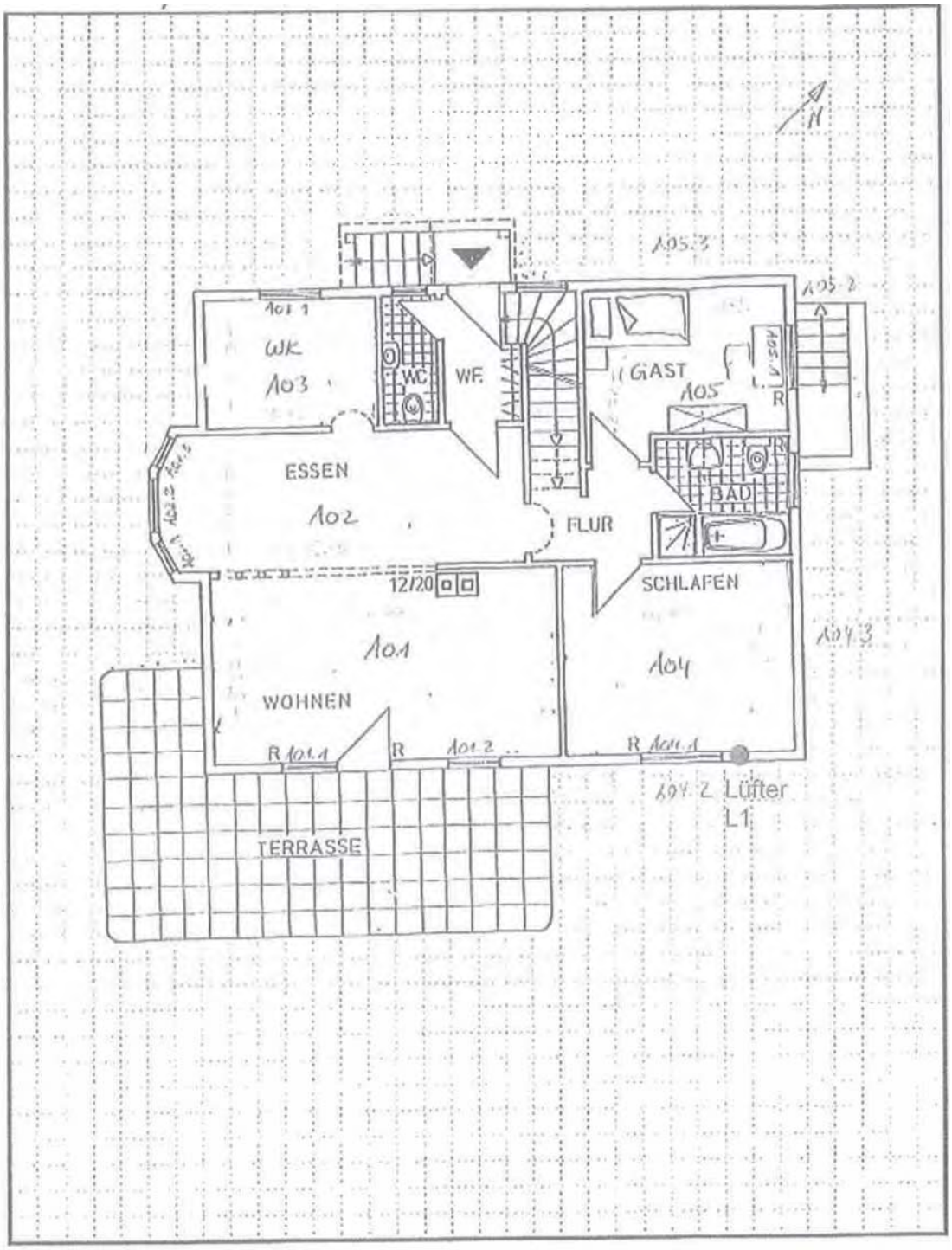


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 04781 - Tre - XXXN - 08 W, Grundriss Erdgeschoss (aus STOB vom 20. Mai 2010)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

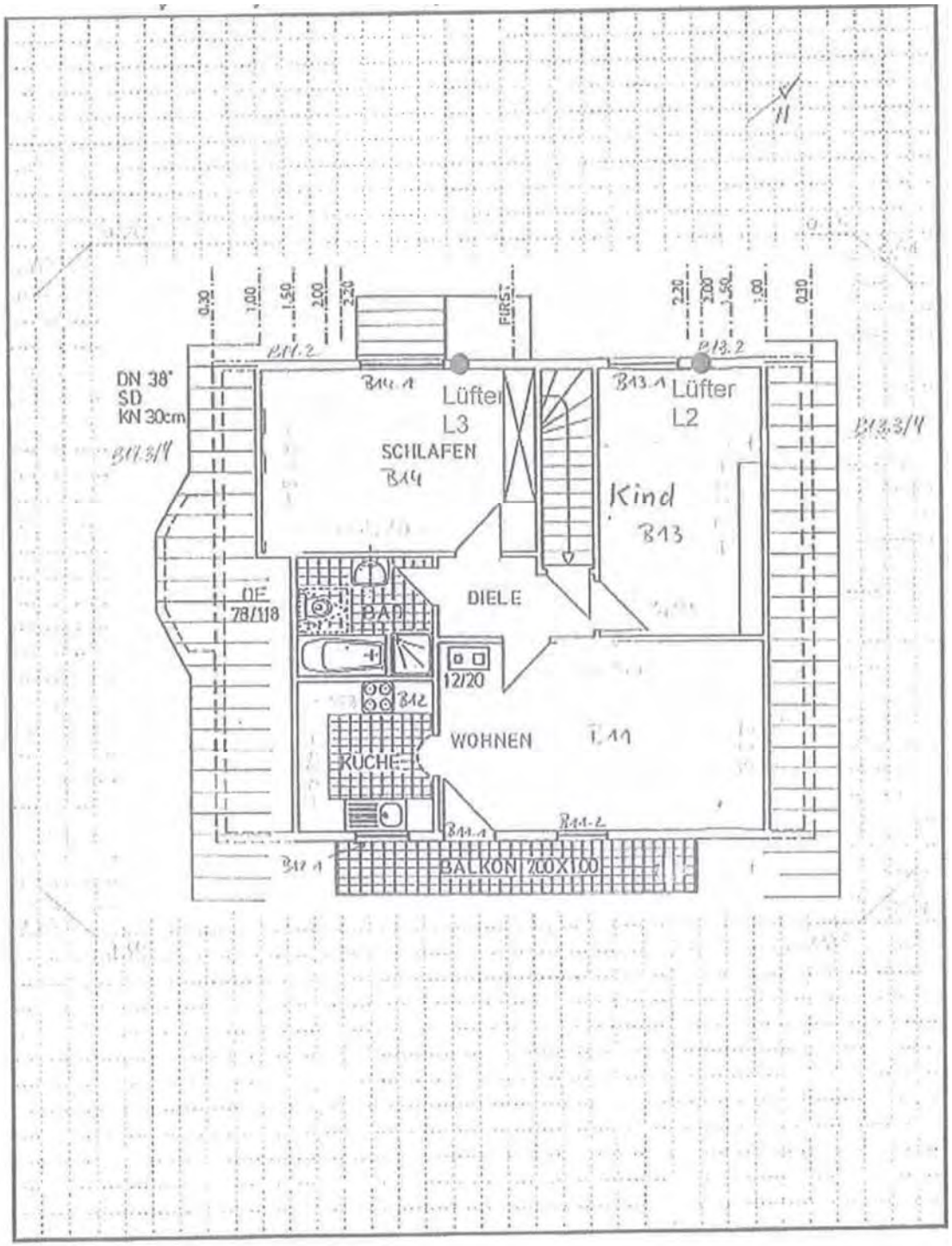


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 04781 - Tre - XXXN - 08 W, Grundriss Dachgeschoss (aus STOB vom 20. Mai 2010)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A04.1	20 mm guter Zustand, Holz	32	29	---	32	29
Rolladenkasten	A04.1	Aufsatz, Gurt	25	29	---	25	29
Außenwand	A04.2	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Außenwand	A04.3	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Schalldämmlüfter	L1	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	A05.1	20 mm guter Zustand, Holz	32	29	---	32	29
Rolladenkasten	A05.1	Aufsatz, Gurt	25	29	---	25	29
Außenwand	A05.2	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Außenwand	A05.3	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Fenster	B13.1	20 mm guter Zustand, Holz	32	29	---	32	29
Außenwand	B13.2	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Kniestock	B13.3	GKB, Mineralwolle	35	45	---	35	45
Dach	B13.4	GKB, Mineralwolle, Unterspannbahn, Lattung, Ziegel	35	49	---	35	49
Dach	B13.5	GKB, Mineralwolle, Unterspannbahn, Lattung, Ziegel	45	49	---	45	49
Schalldämmlüfter	L3	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40
Fenster	B14.1	20 mm guter Zustand, Holz	32	29	---	32	29
Außenwand	B14.2	22,5 cm Holzständerwerk, Putz	42	45	---	42	45
Kniestock	B14.3	GKB, Mineralwolle	35	45	---	35	45
Dach	B14.4	GKB, Mineralwolle, Unterspannbahn, Lattung, Ziegel	35	49	---	35	49
Dach	B14.5	GKB, Mineralwolle, Unterspannbahn, Lattung, Ziegel	45	49	---	45	49
Schalldämmlüfter	L4	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	40	40

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A04	EG	4,4	3,52	15,49	Schlafzimmer	50 bis < 55	34,4	37,2	36,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A04.1	1,60	1,22	1,95	1,95	29	29	nein
Rolladenkasten	A04.1	1,80	0,35	0,63	0,63	29	29	nein
Außenwand	A04.2	4,40	2,49	10,96	8,37	45	45	nein
Außenwand	A04.3	3,52	2,49	8,76	8,76	45	45	nein
Schalldämmlüfter	L1	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
A	A05	EG	3,95	2,71	10,70	Gästezimmer	50 bis < 55	34,9	37,5	37,5

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A05.1	1,23	1,22	1,50	1,50	29	29	nein
Rolladenkasten	A05.1	1,43	0,35	0,50	0,50	29	29	nein
Außenwand	A05.2	2,71	2,49	6,75	4,75	45	45	nein
Außenwand	A05.3	3,95	2,49	9,84	9,84	45	45	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B13	DG	3,19	5,05	16,11	Kinderzimmer	50 bis < 55	36,1	40,7	40,4

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B13.1	1,35	1,22	1,65	1,65	29	29	nein
Außenwand	B13.2	3,19	2,45	7,82	6,17	45	45	nein
Kniestock	B13.3	5,05	0,86	4,34	4,34	45	45	nein
Dach	B13.4	5,05	2,61	13,18	13,18	49	49	nein
Dach	B13.5	1,12	5,05	5,66	5,66	49	49	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B14	DG	5,20	3,40	17,68	Schlafzimmer	50 bis < 55	36,2	40,5	40,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B14.1	1,60	1,22	1,95	1,95	29	29	nein
Außenwand	B14.2	5,20	2,45	12,74	10,79	45	45	nein
Kniestock	B14.3	3,40	0,86	2,92	2,92	45	45	nein
Dach	B14.4	3,40	2,61	8,87	8,87	49	49	nein
Dach	B14.5	3,13	3,40	10,64	10,64	49	49	nein
Schalldämmlüfter	L2	-	-	1,90	1,90	-	40	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es fällt auf, dass in den verschiedenen Teilen der ASE unterschiedliche Aktenzeichen verwendet werden (04781 Tre XXXN 08 W bzw. 02899 Tre XATN 07 W). Die Bestandsaufnahme des Gebäudes erscheint insgesamt recht oberflächlich und enthält keine Angaben zur Herkunft der angegebenen Schalldämm-Maße. Dies weckt Zweifel daran, ob die Schallschutzplanung mit der erforderlichen Sorgfalt erfolgte.
- Für die Dachflächen in den Räumen B13 und B14 werden in der ASE bei gleichem Aufbau zwei unterschiedliche Schalldämm-Maße verwendet. Einmal wird ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 35 dB angesetzt, das andere Mal R'_w = 45 dB. Nach Einschätzung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik liegen beide Werte unterhalb der tatsächlich vorhandenen Schalldämmung.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt drei Schalldämmlüfter vor. Diese sind im Schlafzimmer EG (Raumnummer aus ASE, Lüfternummer: A04, L1), im Kinderzimmer DG (B13, L2) und im Schlafzimmer DG (B14, L3) geplant.
- Im vierten ausgewiesenen schallschutztechnisch schutzbedürftigen Raum, dem Gästezimmer EG (A05), hingegen ist kein Schalldämmlüfter geplant. Sollte der Raum tatsächlich zum Übernachten taugen, so müsste auch hier ein Schalldämmlüfter eingeplant werden.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Gegebenenfalls sind schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen.
- Die Vorhersage, ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 16 Überprüfung der vorgesehenen baulichen Schallschutzmaßnahmen für das Gebäude mit **Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W**

Beschreibung des Gebäudes

Art des Gebäudes: Einfamilienhaus mit Arztpraxis
Wohnfläche: 187 m²
Bauweise: 2 Geschosse (Erd- und Dachgeschoss), Massivbau
Schutzbed. Räume: 10 schutzbedürftige Räume (A1 - A6, B1 - B4)
EG: Praxisraum A1, Praxisraum A2, Büroraum A3, Büroraum A4, Praxisraum A5, Büroraum A6
DG: Kinderzimmer B1, Kinderzimmer B2, Wohnküche B3, Schlafzimmer B4

Max. Fluglärmpegel tags L_{a_MaxT} = 102 dB(A)

Angaben zur ASE

Verfasser: Ing.-Büro SHP Ingenieure GbR,
Plaza de Rosalia 1, 30449 Hannover
Ausstellungsdatum: 19. Februar 2015

Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Raum	Anforderung	Ergebnis laut ASE 1)	Ergebnis laut IBP 1)	einge-halten 2)
A1	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,4	55,0	Ja
A2	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,6	55,4	Nein
A3	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,6	55,4	Nein
A4	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,3	54,9	Ja
A5	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,3	56,2	Nein
A6	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,9	55,7	Nein
B1	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	55,6	54,6	Nein
B2	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	54,6	54,1	Ja
B3	$L_{i_MaxT} \leq 55$ dB(A)	53,9	54,0	Ja
B4	$R'_{w,res} \geq 42,3$ dB	45,0	45,3	Ja

1) Schallschutzniveau nach Durchführung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen. Abhängig von den Anforderungen an den jeweiligen Raum ist hier entweder der maximale Innenpegel tags L_{i_MaxT} oder das resultierende Schalldämm-Maß der Außenbauteile $R'_{w,res}$ angegeben.
2) Wenn die Schallschutzanforderungen nach den Berechnungen des IBP eingehalten werden, ist hier "Ja", ansonsten "Nein" eingetragen.

Weitere Seiten der Anlage

Seiten 3 - 5	Planunterlagen, Grundrisse und Fotos
Seiten 6 - 9	Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP
Seiten 10 - 12	Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen
Seite 13	Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge
Seite 14	Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos

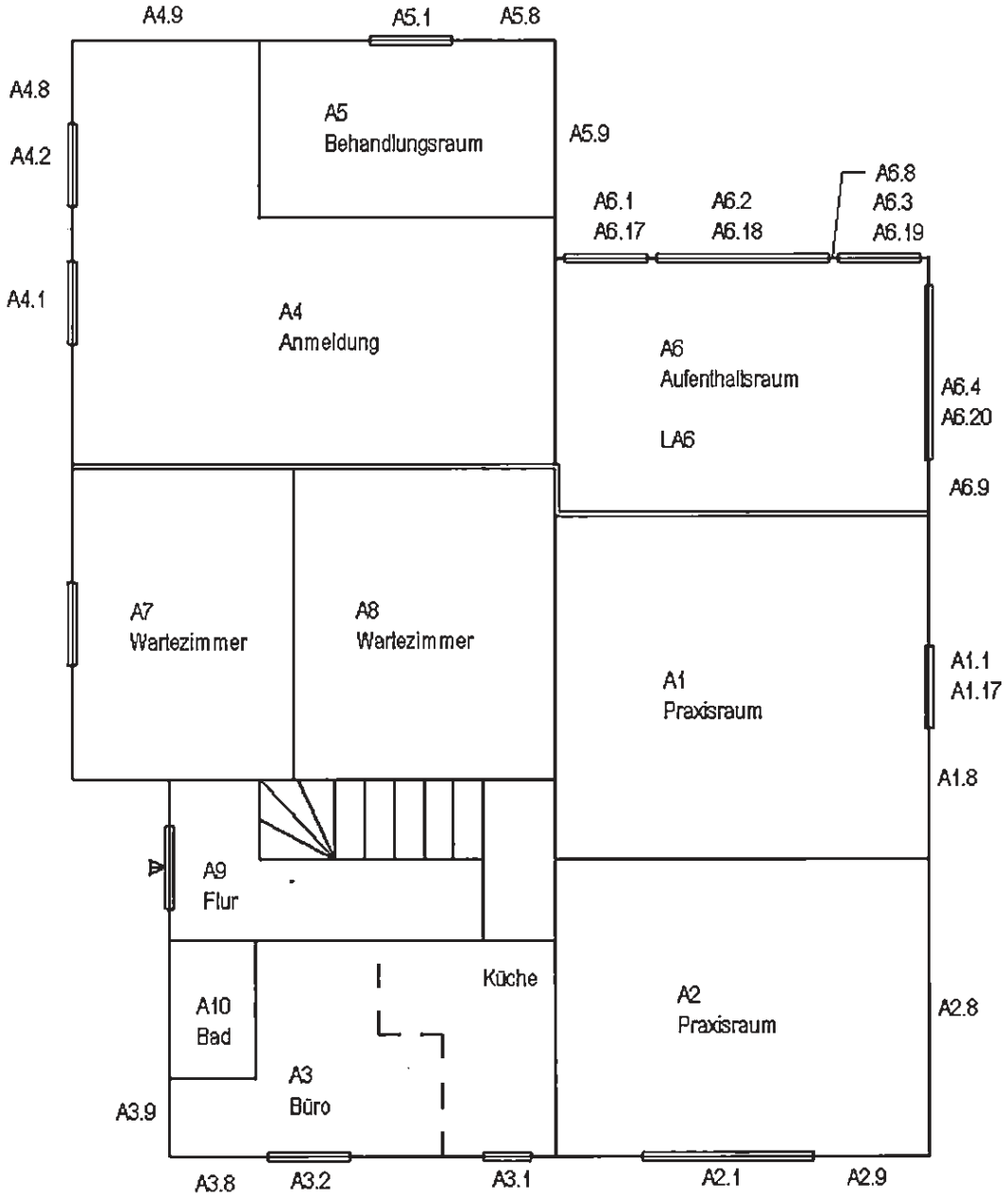


Bild 1: Gebäude mit Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W, Grundriss Erdgeschoss (aus ASE vom 19. Februar 2015)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

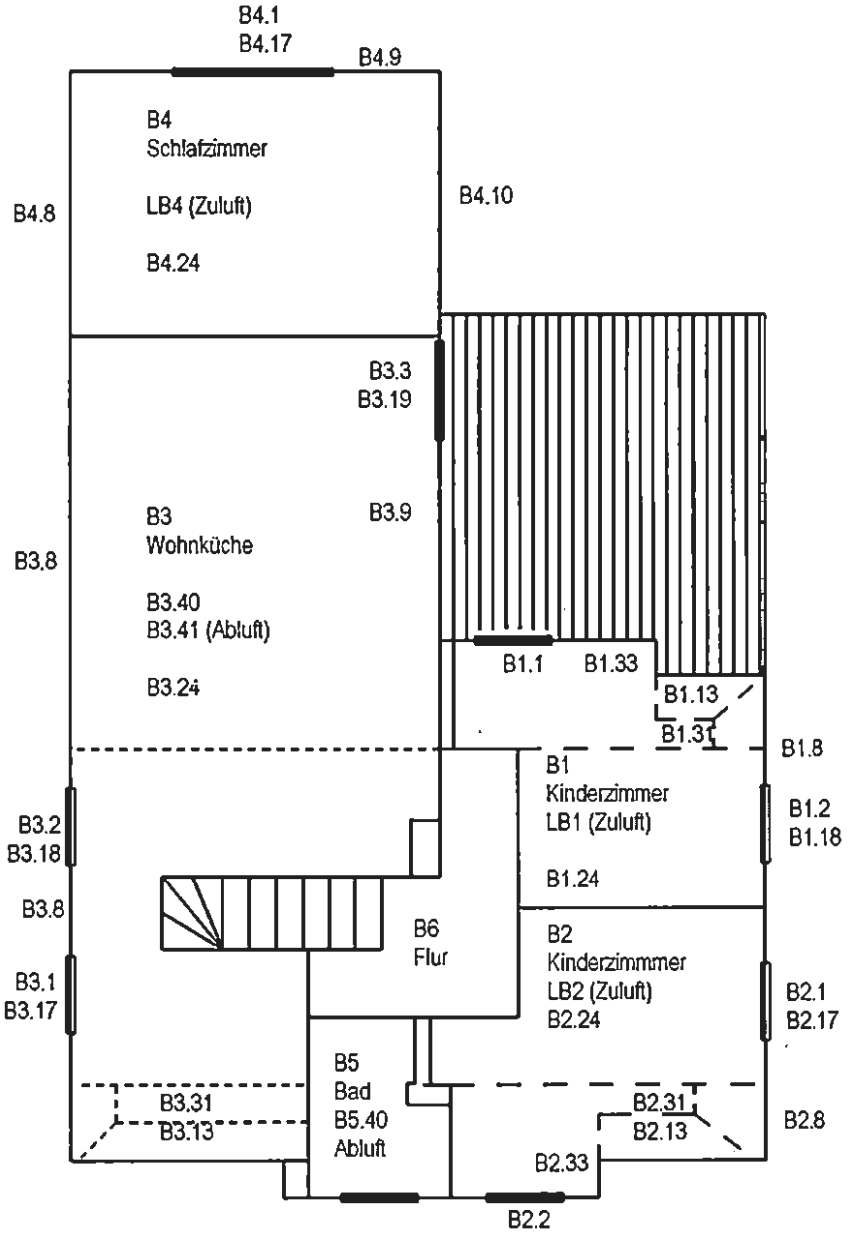


Bild 2: Gebäude mit Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W, Grundriss Dachgeschoss (aus ASE vom 19. Februar 2015)

Planunterlagen, Grundrisse und Fotos (Fortsetzung)

Bild 3: Gebäude mit Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W, Außenansicht Straßenseite (aus ASE vom 19. Februar 2015)

Bild 4: Gebäude mit Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W, Außenansicht Gartenseite (aus ASE vom 19. Februar 2015)

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP

Die in der ASE angegebenen Werte sind rot, die vom IBP (durch Berechnung oder Schätzung) ermittelten Werte hingegen blau dargestellt.

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A1.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 40 dB	40	40
Rolladenkasten	A1.17	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	---	42	40
Außenwand	A1.8	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Fenster	A2.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 46 dB	46	46
Außenwand	A2.8	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Außenwand	A2.9	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Fenster	A3.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 49 dB	49	49
Fenster	A3.2	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 49 dB	49	49
Außenwand	A3.8	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Außenwand	A3.9	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Fenster	A4.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Fenster	A4.2	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 45 dB	45	45
Außenwand	A4.8	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	---	50	44
Außenwand	A4.9	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	---	50	44
Fenster	A5.1	8-12-6-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff	38	40	Fensteraustausch R'_w = 46 dB	46	46
Außenwand	A5.8	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 13 dB)	53	50
Außenwand	A5.9	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 13 dB)	53	50

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	A6.1	8-12-6-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	A6.17	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	44	44
Fenster	A6.2	8-12-6-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	A6.18	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	44	44
Fenster	A6.3	8-12-6-12-8, keine Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	A6.19	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	44	44
Fenster	A6.4	8-12-6-12-8, keine Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	A6.20	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	44	44
Außenwand	A6.8	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	50
Außenwand	A6.9	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	50
Schalldämmlüfter	LA6	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46
Fenster	B1.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Fenster	B1.2	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	B1.18	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	---	42	40
Abseitenwand + Dach	B1.13	10 mm Putz, 70 mm Holzweichfaserplatte, Gesamtdicke: 80 mm	42	50	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte + 1 x 12,5 mm GKB auf Metallunterkonstruktion	50	56
Decke + Dach	B1.24	10 mm Putz, 20 mm Holzschalung, 15 cm Sparren, Schüttung, 20 mm Holzschalung, 20 mm OSB-Platten, Höhe Dachtragwerk: 22 cm	55	59	Vorsatzschale auf vorhandene Decke	60	60
Dachschräge	B1.31	10 mm Putz, 15 cm Sparren, Zellulose, 50 mm Holzweichfaserplatte, 30 mm Lattung/Konterlattung, 50 mm Ziegeleindeckung, Höhe Dachtragwerk: 29 cm	40	49	Einbau Dämmung 160 mm Miwo und 2 x 12,5 mm Hartgipsplatte auf Metallunterkonstruktion (Verbesserung laut ASE 20 dB)	60	55
Gaubenseite	B1.33	10 mm Putz, 20 mm Holzschalung, 10 cm Zellulose, 20 mm Holzschalung, 20 mm Zementfaserplatte, Höhe Dachtragwerk: 17 cm	40	50	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte + 1 x 12,5 mm GKB auf Metallunter-konstruktion (Verbesserung laut ASE 10 dB)	50	56
Außenwand	B1.8	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	---	50	49
Schalldämmlüfter	LB1	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	B2.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	B2.17	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	---	42	40
Fenster	B2.2	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Abseitenwand + Dach	B2.13	10 mm Putz, 70 mm Holzweichfaserplatte, Gesamtdicke: 80 mm	42	50	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte + 1 x 12,5 mm GKB auf Metallunterkonstruktion	50	56
Decke + Dach	B2.24	10 mm Putz, 20 mm Holzschalung, 15 cm Sparren, Schüttung, 20 mm Holzschalung, 20 mm OSB-Platten, Höhe Dachtragwerk: 22 cm	55	59	Vorsatzschale auf vorhandene Decke	60	60
Dachschräge	B2.31	10 mm Putz, 15 cm Sparren, Zellulose, 50 mm Holzweichfaserplatte, 30 mm Lattung/Konterlattung, 50 mm Ziegeleindeckung, Höhe Dachtragwerk: 29 cm	45	49	Einbau Dämmung 160 mm Miwo und 2 x 12,5 mm Hartgipsplatte auf Metallunterkonstruktion (Verbesserung laut ASE 15 dB)	60	55
Gaubenseite	B2.33	10 mm Putz, 20 mm Holzschalung, 10 cm Zellulose, 20 mm Holzschalung, 20 mm Zementfaserplatte, Höhe Dachtragwerk: 17 cm	40	50	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte + 1 x 12,5 mm GKB auf Metallunter-konstruktion (Verbesserung laut ASE 10 dB)	50	56
Außenwand	B2.8	Innenputz, 24 cm Ziegelmauerwerk (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm MiWo, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	49	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	55
Schalldämmlüfter	LB2	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den Schalldämm-Maßen der Außenbauteile laut ASE und laut IBP (Fortsetzung)

Art des Bauteils	Bauteil-nummer aus ASE	Kurzbeschreibung des Aufbaus (Übernahme aus ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut ASE)	R'_w [dB] im Bestand (laut IBP)	Kurzbeschreibung der in der ASE vorgesehenen Maßnahmen	R'_w [dB] nach Sanierung (laut ASE)	R'_w [dB] nach Sanierung (laut IBP)
Fenster	B3.1	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	B3.17	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	43	43
Fenster	B3.2	8-12-4-12-8, 2 Dichtungen, 1-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	B3.18	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	43	43
Fenster	B3.3	8-12-6-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	Fensteraustausch R'_w = 50 dB	50	50
Rolladenkasten	B3.19	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	Systemzugehöriges Aufsatzelement	43	43
Abseitenwand + Dach	B3.13	10 mm Putz, 70 mm Holzweichfaserplatte, Gesamtdicke: 80 mm	42	50	Einbau Dämmung 140 mm Miwo und 25 mm Massivbauplatte + 1 x 12,5 mm GKB auf Metallunterkonstruktion	50	56
Flachdach	B3.24	GKB, Lattung/Konterlattung, Dampfsperre, Sparren, Schüttung, OSB-Platten, Kiesschicht, Höhe Dachtragwerk: 40 cm	45	49	Einbau Dämmung 160 mm Miwo und 2 x 18 mm Gipsplatte auf Metallunterkonstruktion (Verbesserung laut ASE 12 dB)	52	55
Dachschräge	B3.31	10 mm Putz, 15 cm Sparren, Zellulose, 50 mm Holzweichfaserplatte, 30 mm Lattung/Konterlattung, 50 mm Ziegeleindeckung, Höhe Dachtragwerk: 29 cm	45	49	Einbau Dämmung 160 mm Miwo und 2 x 18 mm Gipsplatte auf Metallunterkonstruktion (Verbesserung laut ASE 12 dB)	52	55
Außenwand	B3.8	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	50
Außenwand	B3.9	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	Vorsatzschale direkt befestigt (Verbesserung laut ASE 9 dB)	56	50
Fenster	B4.1	8-12-6-12-8, 2 Dichtungen, 2-flügelig, Kunststoff, Baujahr 2012	38	40	---	38	40
Rolladenkasten	B4.17	Aufsatz, elektrisch, schmale Aluminiumlamellen	42	40	---	42	40
Außenwand	B4.8	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	---	50	44
Außenwand	B4.9	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	---	50	44
Außenwand	B4.10	Innenputz, 24 cm Kalksandstein (Dichte: 1200 kg/m³), 12 cm Styrodur, Außenputz, Gesamtdicke: 42,5 cm	50	44	---	50	44
Flachdach	B4.24	GKB, Lattung/Konterlattung, Dampfsperre, Sparren, Schüttung, OSB-Platten, Kiesschicht, Höhe Dachtragwerk: 40 cm	45	49	---	45	49
Schalldämmlüfter	LB4	---	-	-	Einbau Schalldämmlüfter	46	46

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen

Die nachfolgende Tabelle zur Berechnung des vor und nach der Sanierung vorhandenen Innenpegels enthält jeweils die vom IBP durch rechnerische Abschätzung ermittelten Schalldämm-Maße.

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A1	EG	4,81	4,15	19,96	Praxisräume	102	55	55,0	55,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A1.1	1,32	1,26	1,66	1,66	40	40	nein
Rolladenkasten	A1.17	1,32	0,28	0,37	0,37	40	40	nein
Außenwand	A1.8	4,15	2,66	11,04	9,01	49	49	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A2	EG	3,84	4,70	18,05	Praxisräume	102	55	57,4	55,4

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A2.1	2,00	1,23	2,46	2,46	40	46	ja
Außenwand	A2.8	4,70	2,66	12,50	12,50	49	49	nein
Außenwand	A2.9	3,84	2,66	10,21	7,75	49	49	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A3	EG	2,68	4,87	11,19	Büroräume	102	55	58,6	55,4

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A3.1	0,71	1,23	0,87	0,87	40	49	ja
Fenster	A3.2	1,30	1,24	1,61	1,61	40	49	ja
Außenwand	A3.8	4,87	2,66	12,95	10,47	49	49	nein
Außenwand	A3.9	0,97	2,66	2,58	2,58	49	49	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A4	EG	4,90	6,60	22,62	Büroräume	102	55	57,5	54,9

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A4.1	1,46	1,42	2,07	2,07	40	45	ja
Fenster	A4.2	1,46	1,42	2,07	2,07	40	45	ja
Außenwand	A4.8	6,60	2,66	17,56	13,41	49	49	nein
Außenwand	A4.9	1,60	2,66	4,26	4,26	49	49	nein

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A5	EG	3,30	2,75	9,08	Praxisräume	102	55	62,2	56,2

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A5.1	1,46	1,42	2,07	2,07	40	46	ja
Außenwand	A5.8	3,30	2,66	8,78	6,70	44	50	ja
Außenwand	A5.9	2,75	2,66	7,32	7,32	44	50	ja

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen (L_{i_MaxT} oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
A	A6	EG	4,80	3,46	16,61	Büroräume	102	55	63,2	55,7

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	A6.1	1,01	2,15	2,17	2,17	40	50	ja
Rolladenkasten	A6.17	1,01	0,24	0,24	0,24	40	44	ja
Fenster	A6.2	2,06	2,15	4,43	4,43	40	50	ja
Rolladenkasten	A6.18	2,06	0,24	0,49	0,49	40	44	ja
Fenster	A6.3	1,01	2,15	2,17	2,17	40	50	ja
Rolladenkasten	A6.19	1,01	0,24	0,24	0,24	40	44	ja
Fenster	A6.4	2,03	2,15	4,36	4,36	40	50	ja
Rolladenkasten	A6.20	2,03	0,24	0,49	0,49	40	44	ja
Außenwand	A6.8	4,80	2,66	12,77	3,02	44	50	ja
Außenwand	A6.9	3,46	2,66	9,20	4,35	44	50	ja
Schalldämmlüfter	LA6	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B1	DG	4,44	3,61	12,92	Kinderzimmer	102	55	58,9	54,6

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B1.1	1,17	1,07	1,25	1,25	40	50	ja
Fenster	B1.2	1,36	1,00	1,36	1,36	40	50	ja
Rolladenkasten	B1.18	1,36	0,18	0,24	0,24	40	40	nein
Abseite + Dach	B1.13	1,29	2,45	3,16	3,16	50	56	ja
Decke + Dach	B1.24	2,13	2,68	5,71	5,71	59	60	ja
Dach	B1.31	3,45	1,48	5,11	5,11	49	55	ja
Gaubenseite	B1.33	3,33	2,22	7,39	7,39	50	56	ja
Außenwand	B1.8	2,12	2,30	4,88	3,27	49	49	nein
Schalldämmlüfter	LB1	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B2	DG	4,24	3,88	13,71	Kinderzimmer	102	55	61,5	54,1

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B2.1	1,36	1,00	1,36	1,36	40	50	ja
Rolladenkasten	B2.17	1,36	0,18	0,24	0,24	40	40	nein
Fenster	B2.2	0,76	0,97	0,74	0,74	40	50	ja
Abseite + Dach	B2.13	1,36	3,25	4,42	4,42	50	56	ja
Decke + Dach	B2.24	1,99	4,77	9,49	9,49	59	60	ja
Dach	B2.31	1,51	3,49	5,27	5,27	45	60	ja
Gaubenseite	B2.33	2,23	0,66	5,55	4,81	40	50	ja
Außenwand	B2.8	2,39	2,27	5,43	3,82	49	55	ja
Schalldämmlüfter	LB2	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Tabelle mit den vom IBP für die schutzbedürftigen Räume berechneten akustischen Ergebnissen ($L_{i\ MaxT}$ oder $R'_{w,res}$) nach Durchführung der in der ASE vorgegebenen Schallschutzmaßnahmen (Fortsetzung)

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Außenpegel [dB(A)] (L_{a_MaxT})	Innenpegel nach PFB [dB(A)] (L_{i_MaxT})	Innenpegel vorhanden [dB(A)] (L_{ivorh_MaxT})	Innenpegel nach Einbau Schallschutz-vorrichtungen [dB(A)] (L_{i_MaxT})
B	B3	DG	4,91	9,18	45,09	Kinderzimmer	102	55	60,4	54,0

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B3.1	1,35	1,05	1,42	1,42	40	50	ja
Rolladenkasten	B3.17	1,35	0,18	0,24	0,24	40	43	ja
Fenster	B3.2	1,35	1,05	1,42	1,42	40	50	ja
Rolladenkasten	B3.18	1,35	0,18	0,24	0,24	40	43	ja
Fenster	B3.3	2,05	1,29	2,64	2,64	40	50	ja
Rolladenkasten	B3.19	2,05	0,24	0,49	0,49	40	43	ja
Abseite + Dach	B3.13	1,36	4,20	5,71	5,71	50	56	ja
Flachdach	B3.24	9,18	4,91	45,07	45,07	49	55	ja
Dach	B3.31	1,51	4,04	6,10	6,10	49	55	ja
Außenwand	B3.8	11,07	2,50	27,68	24,35	44	50	ja
Außenwand	B3.9	3,00	2,50	7,50	4,36	44	50	ja

Wohnungs-Nr.	Raum-Nr.	Etage	Breite [m]	Tiefe [m]	Fläche [m²]	Raumnutzung	Pegelbereich nach 2. FlugLSV [dB(A)]	erf. $R'_{w,res}$ nach 2. FlugLSV [dB]	$R'_{w,res}$ vorhanden [dB]	$R'_{w,res}$ nach Einbau Schall-schutzvorrichtungen [dB]
B	B4	DG	4,93	3,53	17,40	Schlafzimmer	55 bis < 60	42,3	45,5	45,3

relevantes Außenbauteil	Bauteil-Nr.	Breite [m]	Höhe [m]	Brutto-fläche [m²]	relevante Fläche [m²]	Schalldämm-Maß R'_w vorhanden [dB]	Schalldämm-Maß R'_w erforderlich [dB]	Schallschutzvorrichtungen erforderlich
Fenster	B4.1	2,05	2,15	4,41	4,41	40	40	nein
Rolladenkasten	B4.17	2,05	0,18	0,37	0,37	40	40	nein
Außenwand	B4.8	3,53	2,50	8,83	8,83	44	44	nein
Außenwand	B4.9	4,93	2,50	12,33	7,55	44	44	nein
Außenwand	B4.10	3,53	2,50	8,83	8,83	44	44	nein
Flachdach	B4.24	3,53	4,93	17,40	17,40	49	49	nein
Schalldämmlüfter	LB4	-	-	1,90	1,90	-	46	ja

Akustische Bemerkungen, Kommentare und Verbesserungsvorschläge

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei Durchsicht der ASE fällt auf, dass die Schalldämmung der Fenster und Rolladenkästen unter Verwendung von DIN 4109, Beiblatt 1, Tabelle 40 bzw. Tabelle 41 ermittelt wurde, obgleich die Fenster über eine 3-fach Verglasung verfügen. Die genannten Tabellen beziehen sich jedoch auf 2-fach Verglasungen, die gegenüber Verglasungen, die aus drei Scheiben bestehen, bei gleicher Gesamtglasdicke in der Regel eine 2 - 3 dB höhere Schalldämmung aufweisen.
- Auch in Bezug auf Fenster mit erhöhten Schallschutzanforderungen (R'_w > 40 dB) sind dem beauftragten Ingenieurbüro bei der Bearbeitung der ASE Fehler unterlaufen. Fenster und Rolladenkasten sind als ein zusammengesetztes Bauteil zu betrachten, d. h. jedes Bauteil für sich sollte eine ähnliche Schalldämmung aufweisen, damit gewährleistet bleibt, dass sich die Schalldämmung der Gesamtkonstruktion nicht wesentlich verschlechtert. Am Beispiel des Büroraums A6 im Erdgeschoss ist dies deutlich erkennbar: das im Leistungsverzeichnis ausgeschriebene Kastenfenster A6.1 mit R'_w = 50 dB und der zugehörige Rolladenkasten A6.17 mit R'_w = 44 dB ergeben gemeinsam lediglich ein resultierendes Schalldämm-Maß von R'_w = 48 dB.
- In der ASE wird für die Schalldämmung der Außenwand aufgrund ihrer flächenbezogenen Masse ein bewertetes Schalldämm-Maß von R'_w = 50 dB angesetzt. Das vorhandene Wärmedämm-Verbundssystem wird dabei nicht berücksichtigt, obgleich es die Schalldämmung der Grundwand unter Umständen merklich verschlechtern kann. Da das vorhandene System über eine Dämmschicht aus Mineralfaser verfügt, ist der akustische Einfluss vermutlich weniger stark ausgeprägt, ein Abschlag auf die Schalldämmung der Grundwand sollte aber sicherheitshalber dennoch erfolgen. Im Übrigen wird im Leistungsverzeichnis der ASE im Gegensatz zu dem für die akustischen Berechnungen verwendeten Wert für das Schalldämm-Maß der Außenwand ein Wert von nur R'_w = 40 dB genannt.
- Die in der ASE zur Ertüchtigung der Dachschrägen von R'_w = 40 dB (B1.31) bzw. R'_w = 45 dB (B2.31) auf R'_w = 60 dB vorgeschlagenen Maßnahmen (Erhöhung der Dämmstoffdicke auf 160 mm, Beschwerung der Beplankung und Befestigung mittels Direktschwingabhängern, Leistungsverzeichnis Ziffer 6.10.1.2.30) reichen nicht aus, um die erforderliche Verbesserung zu gewährleisten. In der Praxis ist lediglich mit einer Verbesserung von etwa 6 dB zu rechnen. Des Weiteren ist nicht einsichtig, warum in der ASE für die gleiche Dachkonstruktion im einen Fall R'_w = 40 dB und im anderen Fall R'_w = 45 dB angesetzt wird.
- Insgesamt ist festzustellen, dass die in der ASE vorgesehenen Schallschutzmaßnahmen teilweise nicht die gewünschte Verbesserungswirkung erbringen. Auch bei der Abschätzung der Schalldämmung im Bestand sind dem beauftragten Ingenieurbüro zum Teil erhebliche Fehler unterlaufen. Die durchgeführte Schallschutzplanung und die Darstellung der Ergebnisse lassen auf eine routinemäßige Vorgehensweise mit wenig Überlegung und Sorgfalt schließen.

Hygrothermische und lüftungstechnische Beurteilung der vorgesehenen Maßnahmen

Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die geplanten Maßnahmen in der ASE sehen den Einbau von insgesamt sechs Einrichtungen zum Lüften vor (ohne Fensterelemente gerechnet). Diese befinden sich im
  - Aufenthaltsraum EG (Raumnummer aus ASE, Lüfternummer und Lüfterart: A6, LA6, Schalldämmlüfter),
  - Kinderzimmer DG (B1, LB1, Schalldämmlüfter Zuluft),
  - Kinderzimmer DG (B2, LB2, Schalldämmlüfter Zuluft),
  - Schlafzimmer DG (B4, LB4, Schalldämmlüfter Zuluft),
  - Wohnküche DG (B3, B3.40 und B3.41, Abluft,)
  - Bad DG (B5, B5.40, Abluft).
- Der geplante generelle Austausch der Fenster sowie die geplanten Arbeiten zur schallschutztechnischen Ertüchtigung der Außenwände, Dachschrägen, Gauben und Abseitenwände in den Räumen A5 (Behandlungsraum), A6, B1, B2 und B3 führen zu einer dichteren Gebäudehülle. Dadurch wird auch der Heizwärmebedarf wirkungsvoll reduziert. Dieser positive Nebeneffekt der schallschutztechnischen Maßnahmen bewirkt aber bei gleichzeitig reduzierter Lüftung, dass bei warmer Witterung die Gefahr besteht, dass Räume dauerhaft höhere Innenraumtemperaturen aufweisen können. Diese möglichen Überhitzungseffekte würden die thermische Behaglichkeit beeinträchtigen.
- Da Zuluftgeräte durch ihre einseitige Wirkungsweise nichts mit einem geöffneten Fenster zu tun haben (beim geöffneten Fenster stellen sich immer gleichzeitig Zu- und Abluftströme ein) ist es auf jeden Fall erforderlich die Abluftströme im Rahmen eines Lüftungskonzepts zu planen. Es ist im Rahmen eines Lüftungskonzeptes zu überprüfen, ob die geplanten Luftdurchlässe im Dachgeschoss als geeignete Abluftöffnungen gelten können und inwieweit im EG entsprechende Ablufteinrichtungen geeignet platziert werden müssen. Gegebenenfalls sind zusätzliche schallschutztechnisch geeignete Abluftöffnungen einzubauen.
- Andernfalls würde sich in den Schlafräumen im DG (B1, B2 und B4) bei Lüfterbetrieb eine Überdrucksituation einstellen können. Die Gefahr wäre dabei sehr hoch, dass feuchte warme Raumluft in den Bereich hinter die Innendämmung gedrückt werden könnte. Die Gefahr eines Feuchteschadens hinter der Innnendämmlage wäre dabei sehr hoch. Gleiches gilt im EG für den Aufenthaltsraum A6.
- Die erwähnte Innendämmung der Außenwände, Dachschrägen, Abseitenwände und Gaubenbereiche kann zu einer Verschiebung der Temperaturverhältnisse auf den Bauteiloberflächen insbesondere bei den einbindenden Trennwänden führen. Kühlere Oberflächentemperaturen im Eckbereich wären die mögliche Folge. Beispiel im Raum A6: Eckbereich der Trennwand zur Außenwand A6.9 nach der Innendämmmaßnahme. Oder auch als weiteres Beispiel: Die gleiche Trennwand im Nachbarraum zur nachträglich nicht gedämmten Außenwand A1.8. Dies könnte im ungünstigen Falle einen Anstieg der relativen Luftfeuchte in unmittelbarer Oberflächennähe bewirken, was wiederum eine Erhöhung der Materialfeuchte zur Folge hat. Dadurch wären die Voraussetzungen für Schimmelpilzwachstum geschaffen.
- Die Vorhersage, ob in diesem Fall eine Schimmelwachstumsgefahr tatsächlich vorliegt, oder wie stark die thermische Behaglichkeit durch die Überhitzungsgefahr eingeschränkt sein kann und ob die Lüftung effektiv genug nach einer schallschutztechnischen Sanierungsmaßnahme arbeitet und dadurch die Luftqualität (CO_2-Gehalt in der Atemluft) im für die Gesundheit des Menschen dienlichen Bereich liegt, lässt sich durch die dynamische Gebäudesimulation unter Beachtung der tatsächlichen Randbedingungen inklusive der Nutzungsweise, wie in Ziffer 5 gezeigt, auch für das vorliegende Gebäude erstellen.

Anlage 17 Übersicht über die zwölf für die Untersuchungen ausgewählten Bauten

lfd. Nr.	Aktenzeichen FBB	Art des Gebäudes	Kosten (brutto)	Art der Maßnahmen	Lüftungs-konzept	Bauphysikalische Be-wertung / Bemerkungen	Schallschutz-anforderung [1)]	Schallschutz im Bestand [2)]
1	13442 - Bla - XETN - 10 W	EFH, Baujahr 1936, Fotos	15.949 €	Wanddämmung, Dachdämmung, Schallschutzfenster (z.T. > 3 m²), Schalldämmlüfter, Abseitenwand, Kehlbalkendecke	nein	laufendes Gerichtsverfahren, in der STOB vom 15.05.2012 stehen andere Anforderungswerte für die Konstruktionen als in der ASE	TS 45, NS 37	Außenwand 50, Abseitenwand 35, Schrägdach 35, Kehlbalkendecke 35, Fenster 31
2	02879 - Szd - XXTN - 07 W	EFH mit ELW	57.322 €	Wand- und Dachdämmung, Schallschutzfenster, Haustür, Schalldämmlüfter, Schallschutzfenster	ja	besonders anspruchsvolles und umfangreiches Maßnahmenpaket	TS 45, NS 37	Außenwand 46+50, Dach 45, Decke 40, Kniestock 46, Fenster 31-40, Haustür 32
3	07539 - Tre - XXTN - 08 W	EFH	31.618 €	Wand- und Dachdämmung, Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter, Rolladenkasten, Kehlbalkendecke, Schallschutzfenster > 3 m², Dachflächenfenster, Abseitenwand	nein	typische, repräsentative ASE, mit Vorsatzschalen (freistehend und direkt befestigt)	TS 43, NS 37	Außenwand 40 + 54, Abseitenwand 40, Schrägdach 43, Kehlbalkendecke 40, Fenster 32, Rolladenkasten 32
4	07540 - Tre - XXTN - 08 W	EFH	23.710 €	Wand- und Dachdämmung, Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter, Rolladenkasten, Kehlbalkendecke, Schallschutzfenster > 3 m², Dachflächenfenster, Abseitenwand	nein	typische, repräsentative ASE, mit Vorsatzschalen (freistehend und direkt befestigt)	TS 43, NS 37	Außenwand 47 + 50, Schrägdach 32, Kehlbalkendecke 42, Fenster 32, Rolladenkasten 32, Flachdach 32

1) erforderliche Schallpegeldifferenz zwischen Außen- und Innenbereich des Gebäudes in dB (ohne Berücksichtigung der Raumkorrektur)
TS = Allgemeiner Lärmschutz tagsüber (06:00 - 22:00 Uhr), NS = Nachtschutz (22:00 - 06:00 Uhr)

2) Bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w der vorhandenen Außenbauteile in dB

In den Gebäuden Nr. 1 bis 4 wurden zusätzlich vor Ort Schalldämm-Messungen durchgeführt.

Anlage 17 Übersicht über die zwölf für die Untersuchungen ausgewählten Bauten (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Aktenzeichen FBB	Art des Gebäudes	Kosten (brutto)	Art der Maßnahmen	Lüftungs-konzept	Bauphysikalische Be-wertung / Bemerkungen	Schallschutz-anforderung 1)	Schallschutz im Bestand 2)
5	09361 - Bla - XETN - 09 W	EFH, Fotos	10.386 €	Dach- und Gaubendämmung, Abseitenwand, Schalldämmlüfter, Schallschutzfenster	nein	vielfältiges Ensemble von Maßnahmen	TS 44, NS 37	Außenwand 51, Schrägdach 39, Abseitenwand 36, Fenster 32, Gaubenwand38
6	02712 - Szd - XETN - 07 W	EFH	30.301 €	Rolladenkasten, Schalldämmlüfter, Kehlbalkendecke, Dachdämmung, Kniestock, Abseitenwand, Dachgaube, Schallschutzfenster mit hohen Anforderungen, Schallschutzfenster > 3 m²	nein	hohe Anforderungen an die Außenbauteile (bis zu Rw = 66 dB), umfangreiche Sanierungsmaßnahmen	TS 47, NS 37	Außenwand 58, Abseitenwand 58, Schrägdach 40, Kehlbalkendecke 40, Fenster 31 + 36, Fenstertür 36, Rolladenkasten 30, Gaube 40 - 45
7	02981 - Szd - XETN - 07 W	EFH	20.128 €	Wanddämmung, Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter	nein	hohe Anforderungen an die Schallschutzfenster (bis zu Rw = 50 dB), Decke im Bestand mit R´w = 40 dB angesetzt, aber mit R´w = 50 dB gerechnet, kein Schallschutzanspruch für Wohn- und Schlafzimmer da baurechtliche Anforderungen (Raumhöhe ≥ 2,4 m, vorhanden nur 2,33 m bzw. 2,35 m) nicht erfüllt	TS 46, NS 37	Außenwand 47, Kehlbalkendecke 40, Fenster 21
8	03504 - Tre - XXXN - 07 W	Wohn-gebäude	5.433 €	Schalldämmlüfter, Schalldämmfenster > 3 m²	nein	Bestand mit niedriger Schalldämmung, Aufwand für Maßnahmen gering	NS 32	Außenwand 57, Rolladenkasten 25, Kehlbalkendecke 45, Fenster 23

1) erforderliche Schallpegeldifferenz zwischen Außen- und Innenbereich des Gebäudes in dB (ohne Berücksichtigung der Raumkorrektur)
TS = Allgemeiner Lärmschutz tagsüber (06:00 - 22:00 Uhr), NS = Nachtschutz (22:00 - 06:00 Uhr)

2) Bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w der vorhandenen Außenbauteile in dB

Anlage 17 Übersicht über die zwölf für die Untersuchungen ausgewählten Bauten (Fortsetzung)

lfd. Nr.	Aktenzeichen FBB	Art des Gebäudes	Kosten (brutto)	Art der Maßnahmen	Lüftungs-konzept	Bauphysikalische Be-wertung / Bemerkungen	Schallschutz-anforderung [1)]	Schallschutz im Bestand [2)]
9	07946 - Szd - XETN - 09 W	MFH, 2 Wohnungen	26.310 €	Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter, Rolladenkasten, Kehlbalkendecke, Kniestock	ja	hohe Anforderungen an Lüftungskonzept und Innendämmung	TS 47, NS 37	Außenwand 53, Decke 43, Kniestock 44, Fenster 31-35, Rolladenkasten 30, Abseitenwand 44
10	16595 - Eic - XXTN - 11 W	MFH, 3 Wohnungen	31.289 €	Rolladenkasten, Schalldämmlüfter, Kniestock, Dachgaube, Schallschutzfenster, Schallschutzfenster > 3 m², Dachdämmung, Abseitenwand	ja	besonders umfangreiches Maßnahmenpaket	TS 42, NS 32	Außenwand 52+57, Decke 40, Fenster 25-36, Rolladenkasten 30-34, Abseitenwand 35, Gaubendämmung 35
11	04781 - Tre - XXXN - 08 W	EFH, 2 Wohnungen	888 €	Schalldämmlüfter	nein	Bestand mit niedriger Schalldämmung, Aufwand für Maßnahmen sehr gering	NS 32	Außenwand 42, Kniestock 35, Fenster 32, Rolladenkasten 25, Dachfläche 35-45
12	14148 - Bla - XATN - 10 W	EFH/Arztpraxis 2 Wohnungen, Fotos	51.000 €	Wand- und Dachdämmung, Schallschutzfenster, Schalldämmlüfter, Rolladenkasten, Kehlbalkendecke, Kniestock, Abseitenwand, Gaubendämmung, Flachdach	ja	besonders anspruchsvolles und umfangreiches Maßnahmenpaket (Lüftungskonzept, Innendämmung)	TS 47, NS 37	Außenwand 50, Abseitenwand 32, Schrägdach 40, Kehlbalkendecke 45, Fenster 38, Rolladenkasten 42, Gaube 40, Flachdach 45

1) erforderliche Schallpegeldifferenz zwischen Außen- und Innenbereich des Gebäudes in dB (ohne Berücksichtigung der Raumkorrektur)
TS = Allgemeiner Lärmschutz tagsüber (06:00 - 22:00 Uhr), NS = Nachtschutz (22:00 - 06:00 Uhr)

2) Bewertetes Bauschalldämm-Maß R'_w der vorhandenen Außenbauteile in dB

Anlage 4	Messbericht für das Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W
Anlage 5	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 13442 - Bla - XETN - 10 W
Anlage 6	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 02879 - Szd - XXTN - 07 W
Anlage 7	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 07539 - Tre - XXTN - 08 W
Anlage 8	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 07540 - Tre - XXTN - 08 W
Anlage 9	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 09361 - Bla - XETN - 09 W
Anlage 10	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 02712 - Szd - XETN - 07 W
Anlage 11	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 02981 - Szd - XETN - 07 W
Anlage 12	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 03504 - Tre - XXXN - 07 W
Anlage 13	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 07946 - Szd - XETN - 09 W
Anlage 14	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 16595 - Eic - XXTN - 11 W
Anlage 15	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 04781 - Tre - XXXN - 08 W
Anlage 16	Überprüfung der Schallschutzplanung für das Gebäude mit Aktenzeichen 14148 - Bla - XATN - 10 W
Anlage 17:	Übersicht über die zwölf für die Untersuchungen ausgewählten Bauten