Fraunhofer
IBP

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

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

Prüfbericht P-BA 186/2019

Geräuschverhalten einer Rohrummantelung für Abwassersysteme im Prüfstand

Auftraggeber: Vibraplast AG
Wittenwilerstr. 25
8355 Aadorf
Schweiz

Prüfobjekt: Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG für Abwasser Rohrsysteme, in Verbindung mit einem Abwassersystem "GEBERIT Silent-db20" der Fa. Geberit Vertriebs AG (Vertrieb von Teroform 3814 in der Schweiz durch ISO-Center AG).

Inhaltsverzeichnis:

Ergebnisblatt 1:	Zusammenfassung der Ergebnisse
Tabelle 1:	Detailergebnisse
Bild 1 bis 3:	Detailergebnisse
Bild 4 und 5:	Darstellung des Prüfobjektes, Messaufbau
Anhang H2:	Messdurchführung, Auswertung und Beurteilungsgrößen, Aussagefähigkeit der Messergebnisse
Anhang P:	Beschreibung des Prüfstands
Anhang V:	Beurteilung nach VDI 4100

Prüfdatum: Die Messungen wurden am 3. und 4. Juli 2019 im Technikum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Stuttgart durchgeführt.

Stuttgart, 5. August 2019

Bearbeiter: Prüfstellenleiter:

Dipl.-Ing.(FH) J. M[illegible] M.BP. Dipl.-Ing.(FH) S. Öhler

Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-11-01 akkreditiert ist.

Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nur mit Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik gestattet.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik - Prüflabor Bauakustik und Schallimmissionsschutz
Nobelstraße 12, D-70569 Stuttgart
Telefon +49(0) 711/970-3314; Fax -3406
akustik@ibp.fraunhofer.de
www.pruefstellen.ibp.fraunhofer.de/de/akkreditierte-prueflabore.html

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

Bestimmung des Installations-Schallpegels und der A-Schallpegelminderung $\Delta L_{A,F}$ im Prüfstand

P-BA 186/2019

Ergebnisblatt 1

Auftraggeber: Vibraplast AG, Wittenwilerstr. 25, 8355 Aadorf, Schweiz

Prüfgegenstand: Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG (Vertrieb von Teroform 3814 in der Schweiz durch ISO-Center AG) für Abwasser Rohrsysteme, in Verbindung mit einem Abwassersystem "GEBERIT Silent-db20" mit Spannverbindern und den dazugehörigen Systemrohrschellen der Fa. Geberit Vertriebs AG (Rohrummantelung über den Rohrschellen angebracht). Prüfobjektnummer: 11305-01 (Bild 4 und 5).

Prüfaufbau:

- Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG für Abwasser Rohrsysteme: Rohrummantelung mit mehrschaligem Materialaufbau bestehend aus (von innen nach außen): PU- Schaum, offenzellig, Stärke 14,7 mm, Anthrazitgrau, Raumgewicht 34,5 kg/m³, Schwerfolie, Stärke 1.25 mm, Schwarz, Flächengewicht 3 kg/m² (Herstellerangaben).
- Rohrummantelung aus Plattenware zur Ummantelung von Rohren und Formteilen, angebracht am gesamten Abwassersystem über den Rohrschellen entsprechend der Montageanleitung (ohne Verklebung, überlappend, befestigt mit Klebeband und Bindedraht). Details in Bild 4 und 5 und Anhang H2.
- Abwassersystem aus Kunststoff "GEBERIT Silent-db20 DN 110 x 6.0, PE-S2, 14/09/18" der Fa. Geberit, bestehend aus geraden Rohrstücken, drei Geschoßabzweigen, einem 2 x 45°-Kellerbogen und einer waagerechten Auslaufstrecke. Gerade Rohre mit einschichtigem Wandaufbau. Material PE-S2. Wanddicke: 6,7 mm, Gewicht: 3,5 kg/m Dichte: 1,7 g/cm³, (gemessen durch das IBP). Formstücken mit einschichtigem Wandaufbau. Material: PP-S2, Wanddicke: 6,5 mm, Dichte: 1,6 g/cm³ (gemessen durch das IBP). Die Verbindung der Rohre und Formteile erfolgte mit den zugehörigen Spannverbindern bzw. mit Stütz- und Dehnmuffen. Die Geschoßabzweige im Erd- u. Untergeschoß wurden mit Deckeln verschlossen.
- System-Stahlrohrschellen mit Elastomereinlage "GEBERIT Silent-db20 Systemrohrschellen" der Fa. Geberit, befestigt an der Installationswand mit Stockschrauben und Kunststoffdübeln. Je Stockwerk (EG, UG) wurden zwei Systemrohrschellen angebracht. Im unteren Bereich der Installationswand eine Systemrohrschelle als Fixschelle in Verbindung mit einer Stütz- und Dehnmuffe. Im oberen Bereich der Installationswand eine Systemrohrschelle als Gleitschelle auf dem geraden Rohr. Die Rohrschellen wurden vollständig geschlossen. Die Rohrschellen waren unter der Rohrummantelung direkt am Abwassersystem angebracht.
- Das Abwassersystem wurde jeweils in den Deckendurchbrüchen zwischen EG und UG sowie zwischen UG und KG vollständig mit Mörtel vergossen.
  - o Prüfaufbau: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG.
    Abwassersystem mit Ummantelung im Deckendurchbruch mit Mörtel vergossen.
  - o Referenzaufbau: Starre Montage des Abwassersystems.
    Abwassersystem ohne Ummantelung im Deckendurchbruch mit Mörtel vergossen.

Die Montage wurde durch eine vom IBP beauftragte Handwerksfirma ausgeführt.

Prüfstand: Installationsprüfstand P12, Flächenmasse der Installationswand: 220 kg/m², Flächenmasse der Decke: ca. 440 kg/m², Installationsraum: (DG), EG vorne, UG vorne und (KG). Messräume: UG vorne und UG hinten. (genaue Beschreibung im Anhang P)

Prüfverfahren: Messung in Anlehnung an DIN EN 14366:2005-2 und DIN 4109: 2018-01 bei Anregung durch stationären Wasserdurchfluss mit 0,5 l/s, 1,0 l/s, 2,0 l/s und 4,0 l/s (siehe Anhänge H2 und P). Zusätzliche Auswertung der Messergebnisse nach VDI 4100:2012 und Schweizer Norm SIA 181:2006 (siehe Detailergebnisse).

Ergebnis:

Installations-Schallpegel $L_{AFeq,n}$ [dB(A)], in Anlehnung an DIN 4109					
Volumenstrom [l/s]		0,5	1,0	2,0	4,0
Referenzaufbau: Abwassersystem ohne Rohrummantelung in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.	UG vorne	42	47	49	52
	UG hinten	22	28	33	37
Prüfaufbau: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.	UG vorne	24	29	32	37
	UG hinten	<10	<10	12	18
A-Schallpegelminderung $\Delta L_{A,F}$ in dB	UG vorne	18	18	17	15
	UG hinten	*17*	*20*	21	19

Prüfdatum: 3. und 4. Juli 2019

Bemerkungen:

- Die Anforderungen nach DIN 4109 gelten in der vorliegenden Grundrisssituation „Bad (EG vorne) über Bad (UG vorne)" nur für den Raum UG hinten.
- Schallpegel unter 10 dB(A) werden im Prüfbericht nicht angegeben, da sie eine erhöhte Messunsicherheit aufweisen und außerdem in normaler Wohnumgebung nicht wahrnehmbar sind.
- Werte in kursiv weisen eine erhöhte Messunsicherheit auf.
- Die A-Schallpegelminderung stellt ein Maß für die vom menschlichen Gehör empfundene Lärmminderung durch den Einbau der Rohrummantelung dar. Sie bezieht sich ausschließlich auf das für die Messungen verwendete Geräuschspektrum, und lässt sich nicht ohne weiteres auf andere Anregungsarten übertragen. Das frequenzabhängige Einfügungsdämm-Maß D_e ist in Bild 3 dargestellt.

Fraunhofer IBP

Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-1-01 akkreditiert ist.

Stuttgart, den 5. August 2019
Prüfstellenleiter:

Fraunhofer IBP

Auswertung nach DIN 4109 und VDI 4100, SIA 181 und DIN EN 14366:

- Messergebnisse in Anlehnung an DIN 4109, VDI 4100, Schweizer Norm SIA 181, und DIN EN 14366 bei verschiedenen Volumenströmen gemessen in den Messräumen UG vorne und UG hinten.
- **Prüfaufbau: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.** Nähere Angaben zum Prüfaufbau können dem Ergebnisblatt 1 sowie Bild 4 und 5 entnommen werden.

Prüfgegenstand: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen EG/UG und UG/KG mit Mörtel vergossen. Abwassersystem aus Kunststoff "Geberit Silent-db20" der Fa. Geberit mit Spannverbindern und den dazugehörigen Systemrohrschellen (Rohrummantelung am gesamten Abwassersystem über den Rohrschellen angebracht).		Volumenstrom [l/s]			
		0,5	1,0	2,0	4,0
Installations-Schallpegel $L_{AFeq,n}$ [dB(A)] in Anlehnung an **DIN 4109** gemessen im Raum	UG vorne	24	29	32	37
	UG hinten	<10	<10	12	18
Installations-Schallpegel $\overline{L_{AFeq,nT}}$ [dB(A)] in Anlehnung an **VDI 4100** gemessen im Raum	UG vorne	22	26	30	35
	UG hinten	<10	<10	<10	14
Gesamtwert $L_{H,tot}$ [dB(A)] in Anlehnung an **SIA 181** gemessen im Raum	UG vorne	22	26	30	35
	UG hinten	<10	<10	11	16
Luftschalldruckpegel $L_{a,A}$ [dB(A)] in Anlehnung an **DIN EN 14366** im Raum	UG vorne	24	29	32	37
Charakteristischer Körperschallpegel $L_{sc,A}$ [dB(A)] in Anlehnung an **DIN EN 14366** im Raum	UG hinten	<10	<10	<10	13

Bemerkungen:

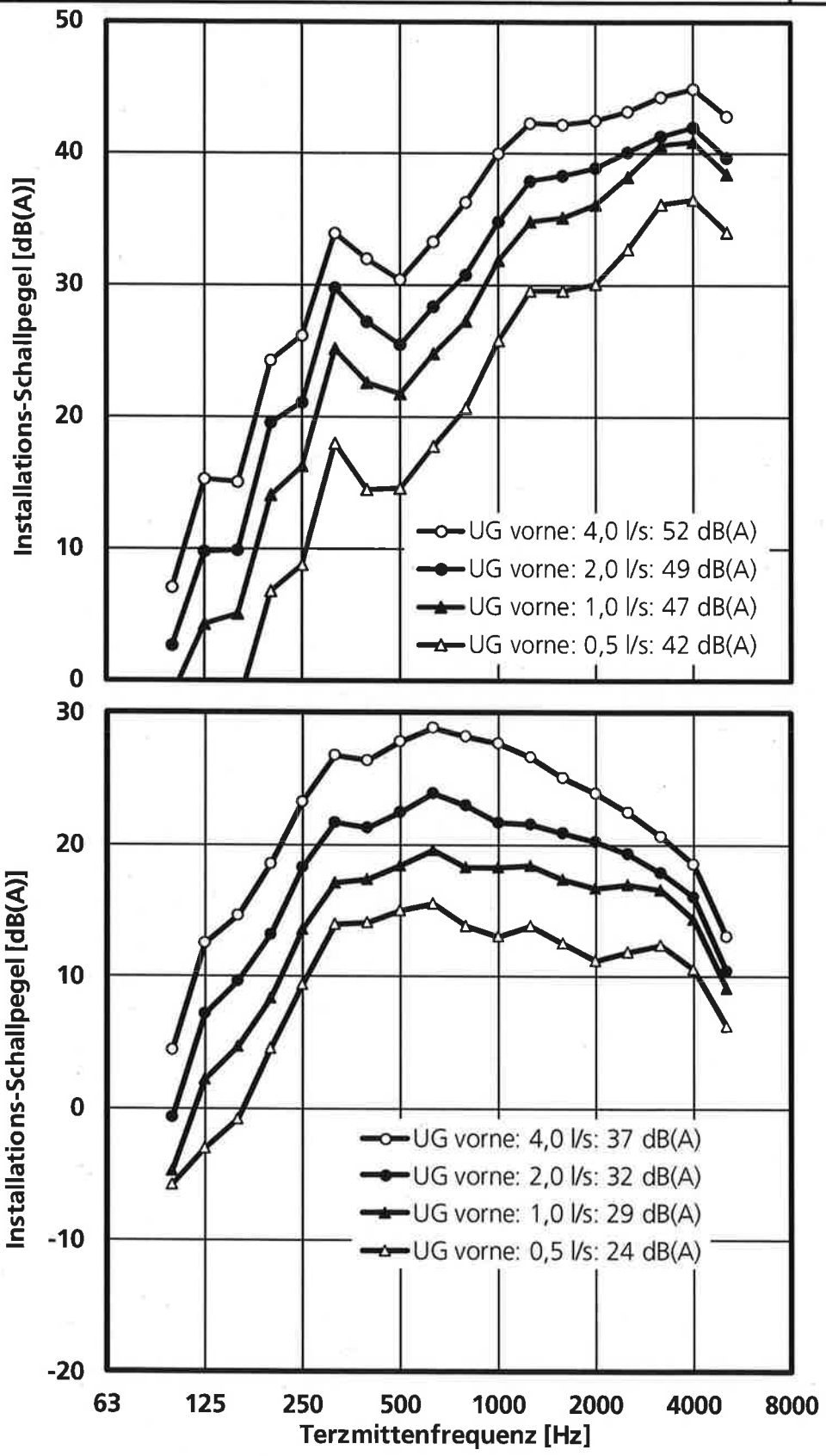
- Schallpegel unter 10 dB(A) werden im Prüfbericht nicht angegeben, da sie eine erhöhte Messunsicherheit aufweisen und außerdem in normaler Wohnumgebung nicht wahrnehmbar sind.
- Die Anforderungen nach DIN 4109 gelten in der vorliegenden Grundrisssituation „Bad (EG vorne) über Bad (UG vorne)" nur für den Raum UG hinten.
- Alle zur Berechnung der Ergebnisse nach DIN EN 14366 erforderlichen Messungen erfolgten am Prüfaufbau (Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.).

Detailergebnis: Frequenzverlauf des Installations-Schallpegels im Raum UG vorne in Anlehnung an DIN 4109

Auftraggeber: Vibraplast AG, Wittenwilerstr. 25, 8355 Aadorf, Schweiz

P-BA 186/2019

Bild 1



Frequenzverlauf des Installations-Schallpegels bei unterschiedlichen Volumenströmen im Installationsraum **UG vorne**. In der Legende sind die Installations-Schallpegel $L_{AFeq,n}$ in dB(A) in Anlehnung an DIN 4109 für den Frequenzbereich von 100 bis 5000 Hz angegeben.

Referenzaufbau (Bild oben): Abwassersystem ohne Rohrummantelung in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Prüfaufbau (Bild unten): Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Fraunhofer IBP

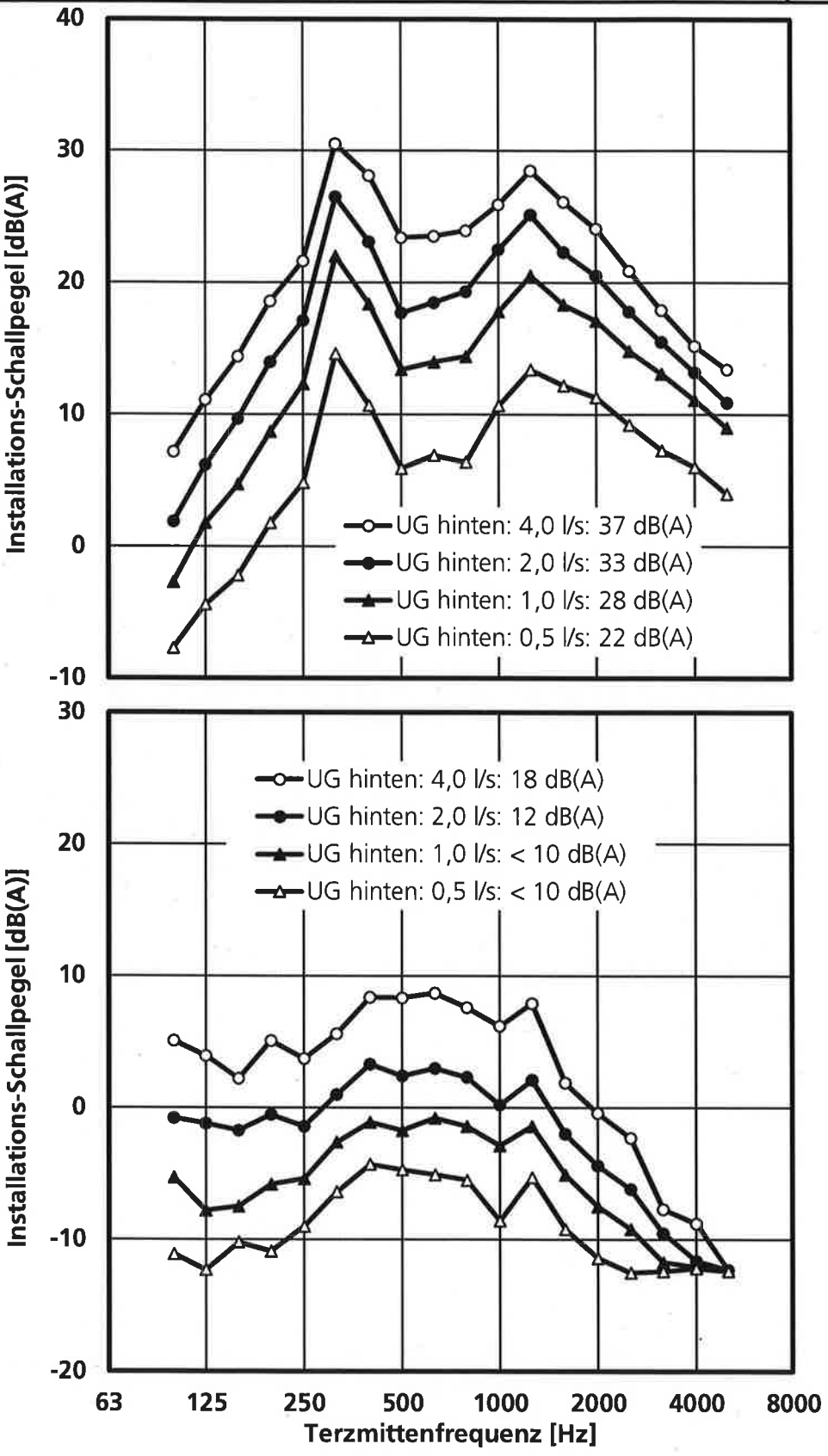
Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-11-01 akkreditiert ist.

Detailergebnis: Frequenzverlauf des Installations-Schallpegels im Raum UG hinten in Anlehnung an DIN 4109

Auftraggeber: Vibraplast AG, Wittenwilerstr. 25, 8355 Aadorf, Schweiz

P-BA 186/2019

Bild 2



Frequenzverlauf des Installations-Schallpegels bei unterschiedlichen Volumenströmen im Installationsraum **UG hinten**. In der Legende sind die Installations-Schallpegel $L_{AFeq,n}$ in dB(A) in Anlehnung an DIN 4109 für den Frequenzbereich von 100 bis 5000 Hz angegeben.

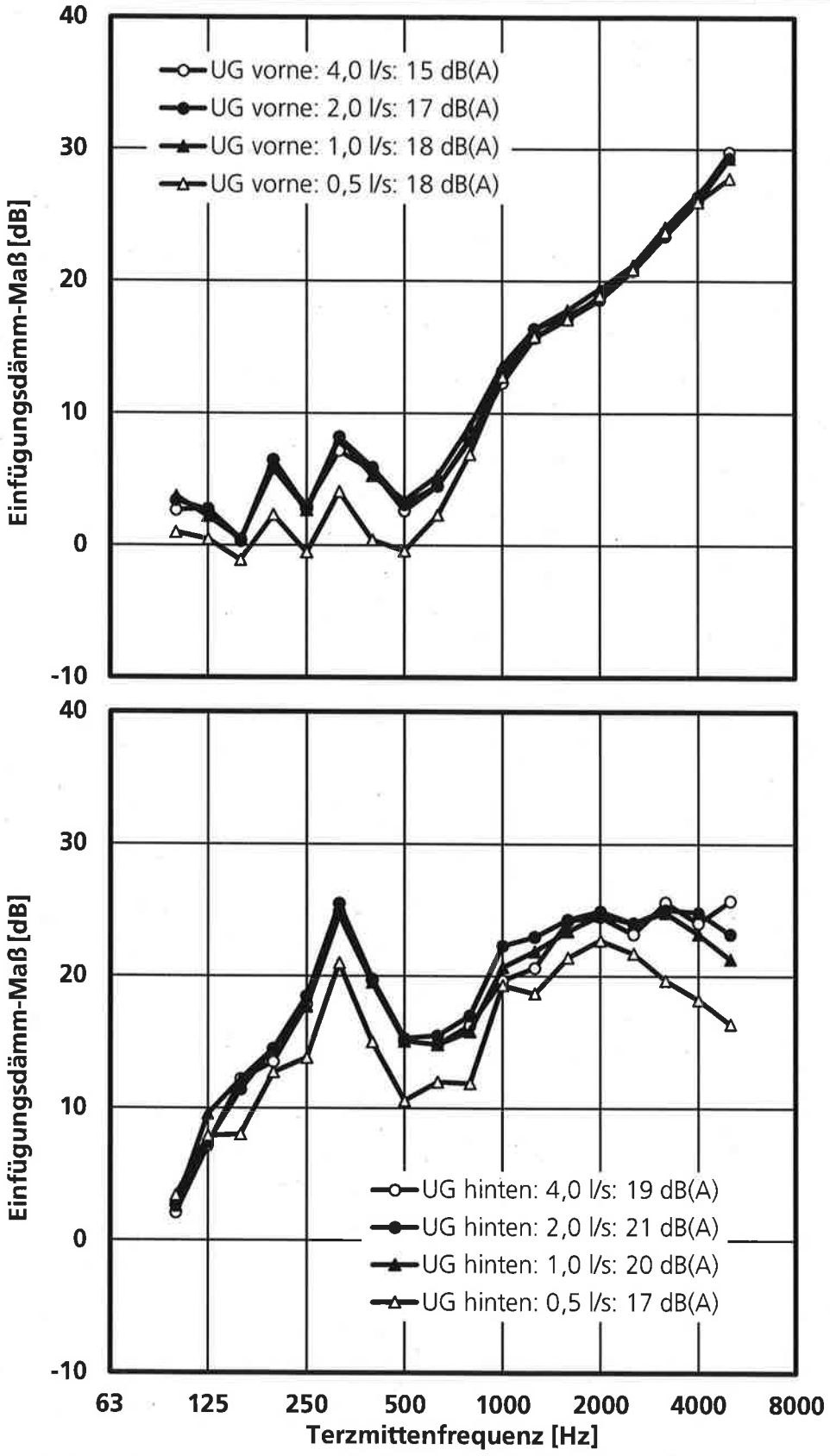
Referenzaufbau (Bild oben): Abwassersystem ohne Rohrummantelung in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Prüfaufbau (Bild unten): Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Fraunhofer IBP

Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-11-01 akkreditiert ist.

Detailergebnis: Frequenzverlauf des Einfügungsdämm-Maßes D_e	P-BA 186/2019
Auftraggeber: Vibraplast AG, Wittenwilerstr. 25, 8355 Aadorf, Schweiz	Bild 3



Frequenzverlauf des Einfügungsdämm-Maßes D_e bei Geräuschanregung mit unterschiedlichen Volumenströmen 0,5 l/s, 1,0 l/s, 2,0 l/s und 4,0 l/s, gemessen im Messraum **UG vorne (Bild oben) und UG hinten (Bild unten)**. In der Legende sind die A-Schallpegelminderungen $\Delta L_{A,F}$ für den abgebildeten Frequenzbereich von 100 bis 5000 Hz angegeben.

Referenzaufbau: Abwassersystem ohne Rohrummantelung in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

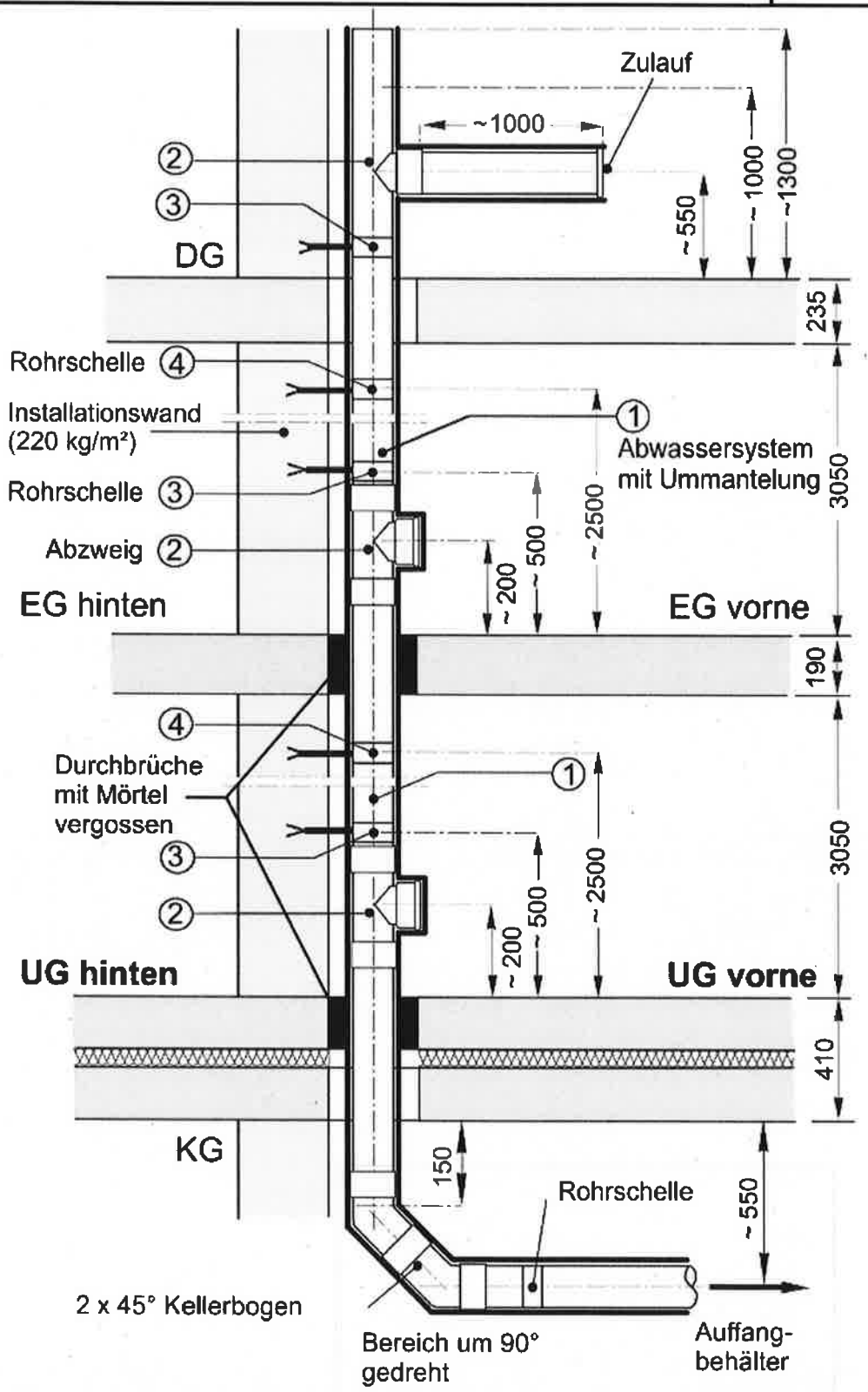
Prüfaufbau: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Darstellung des Prüfobjektes, Messaufbau

Auftraggeber: Vibraplast AG, Wittenwilerstr. 25, 8355 Aadorf, Schweiz

P-BA 186/2019

Bild 4



Prüfgegenstand: Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG für Abwasser Rohrsysteme, in Verbindung mit einem Abwassersystem "GEBERIT Silent-db20" mit Spannverbindern und den dazugehörigen Systemrohrschellen der Fa. Geberit Vertriebs AG (Rohrummantelung über den Rohrschellen angebracht). Je Stockwerk (EG, UG) wurden zwei Systemrohrschellen angebracht. Im unteren Bereich der Installationswand eine Systemrohrschelle als Fixschelle in Verbindung mit einer Stütz- und Dehnmuffe. Im oberen Bereich der Installationswand eine Systemrohrschelle als Gleitschelle auf dem geraden Rohr. Die Rohrschellen wurden vollständig geschlossen.

Nähere Angaben zum Prüfaufbau können dem Ergebnisblatt 1 sowie Bild 5 entnommen werden.

Bild oben links: Referenzaufbau ohne Rohrummantelung, Rohrschelle als Gleitschelle im oberen Wandbereich.
Bild Mitte oben links: Referenzaufbau ohne Rohrummantelung, Rohrschelle als Fixschelle im unteren Wandbereich.
Bild Mitte unten links: Prüfaufbau mit Rohrummantelung, Gleitschelle im oberen Wandbereich.
Bild unten links: Prüfaufbau mit Rohrummantelung, Fixschelle im unteren Wandbereich.
Bild rechts: Prüfaufbau: Abwassersystem mit Rohrummantelung "Schalldämmmatte Teroform 3814" der Fa. Vibraplast AG ummantelt und in den Deckendurchbrüchen mit Mörtel vergossen.

Messdurchführung

Das Einfügungsdämm-Maß D_e kennzeichnet die Verminderung des Installations-Schallpegels von Abwasserleitungen durch körperschallisolierende Rohrummantelungen gegenüber dem ohne Rohrummantelung vorhandenen Pegel. Die Messungen werden in Anlehnung an DIN EN 14366 durchgeführt, in der die Messung der Geräusche von Abwasserinstallation beschrieben wird. Hierbei sind zwei Schritte erforderlich:

1. Messung des Installations-Schallpegels an einem Referenzaufbau ohne Rohrummantelung.
2. Messung des Installations-Schallpegels an derselben Abwasserleitung mit zu prüfender Rohrummantelung.

Geräuschanregung

Die Geräuschanregung der Abwasserleitung erfolgt durch einen stationären Wasserstrom, wobei normalerweise Durchflussraten von 0,5, 1,0, 2,0 und 4,0 l/s eingestellt werden. Dabei entsprechen 2 l/s in etwa der mittleren Durchflussrate einer WC-Spülung.

Referenzaufbau

Im Installationsprüfstand (genaue Beschreibung im Anhang P) wird ein vom Dachgeschoss (DG) zum Kellergeschoss (KG) führender Fallstrang verlegt, der im Dachgeschoss eine Anschlussleitung (DN 100) für die Wasserzufuhr besitzt. Die Wassereinleitung erfolgt über einen S-förmigen Rohrbogen gemäß DIN EN 14366. Im Kellergeschoss geht der Fallstrang über einen Bogen (in der Regel 2 x 45°) in eine waagerecht geführte Auslaufstrecke über, die in einen Wasserauffangbehälter mündet. Die Abwasserleitung wird im Erdgeschoss (EG) und im Untergeschoss (UG) mit bauüblichen Abzweigungen für Sammelanschlussleitungen (in der Regel DN 100) versehen. Die Rohre und Formstücke werden gemäß den Verlegevorschriften des Herstellers miteinander verbunden. Die Befestigung der Abwasserleitung an der Installationswand (flächenbezogene Masse $m'' = 220$ kg/m²) erfolgt starr über handelsübliche Rohrschellen mit Profilgummieinlagen, die auf den Außendurchmesser der Rohre abgestimmt sind. Abschließend wird die Rohrleitung in den Deckendurchbrüchen zwischen EG und UG sowie zwischen UG und KG mit Mörtel vergossen. Somit wird eine definierte und reproduzierbare Körperschallbrücke zwischen Bauwerk und der Rohrleitung hergestellt. Die Lage der Befestigungspunkte sowie weitere Abmessungen sind dem beigefügten Installationsplan zu entnehmen.

Durch den Wasserstrom wird die Abwasserleitung zu Schwingungen angeregt, die zum einen direkt in den Installationsraum (UG vorne) abgestrahlt werden und zum anderen über die Rohrschellen an der Installationswand und über die Körperschallbrücke in den Deckendurchbrüchen in den Baukörper übertragen und als Luftschall in den hinter der Installationswand liegenden Raum (UG hinten) abgestrahlt werden.
In den Messräumen UG vorne und UG hinten wird der Schalldruckpegel an sechs im Messraum verteilten Punkten erfasst und räumlich und zeitlich gemittelt. Hierdurch wird die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit der Messergebnisse verbessert, um den erhöhten Anforderungen an Prüfstandsmessungen Rechnung zu tragen.

Messaufbau mit Prüfobjekten

Der Messaufbau mit Prüfobjekten entspricht in allen Einzelheiten dem Referenzaufbau. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Abwasserleitung über ihre gesamte Länge mit der Rohrummantelung umhüllt wird. In der Regel wird die Rohrummantelung über den Rohrschellen angebracht.

Auswertung der Messung und Beurteilungsgrößen

Der gemessene Schalldruckpegel liegt als zeitlich und räumlich gemitteltes Terzspektrum im Frequenzbereich von 100 Hz bis 5 kHz vor (Zeitkonstante: Fast *)). Es wird zunächst eine Fremdgeräuschkorrektur durchgeführt. Anschließend wird das Messsignal auf eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von A_0 = 10 m² normiert (Index n) und A-bewertet:

(1) $$L_{i,AFeq,n} = 10 \cdot \lg\left(10^{\frac{L_{i,F}}{10}} - 10^{\frac{L_{i,F,GG}}{10}}\right) + 10 \cdot \lg\frac{A_i}{A_0} + k(A)_i \quad [\text{dB(A)}]$$

$L_{i,F}$	räumlich und zeitlich gemittelter Schalldruckpegel in der Terz i	[dB]
$L_{i,F,GG}$	Fremdgeräuschpegel in der Terz i	[dB]
$A_i = \frac{0{,}16 \cdot V}{T_i}$	Schallabsorptionsfläche des Messraums für die Terz i	[m²]
V	Volumen des Messraums	[m³]
T_i	Nachhallzeit des Messraums in der Terz i	[s]
$k(A)_i$	A-Bewertung für die Terz i	[dB]

Wenn der Abstand zwischen dem gemessenen Terzpegel und dem Fremdgeräuschpegel weniger als 3 dB beträgt, wird auf eine Fremdgeräuschkorrektur verzichtet. Stattdessen wird im Sinne einer Maximalabschätzung der gemessene Fremdgeräuschpegel verwendet. Der Gesamtschallpegel ergibt sich durch energetische Addition der Terzwerte:

(2) $$L_{AFeq,n} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{n=1}^{18} 10^{\frac{L_{i,AFeq,n}}{10}}\right) \quad [\text{dB(A)}]$$

wobei i die Nummer der Terzbänder von 100 Hz bis 5 kHz bezeichnet. Der berechnete Pegel $L_{AFeq,n}$ entspricht dem Schallpegel, der in einem mäßig möblierten Empfangsraum unter sonst gleichen Bedingungen auftritt.

Der Einfluss der Rohrummantelung wird durch das frequenzabhängige Einfügungsdämm-Maß D_e beschrieben. Die Terzwerte des Einfügungsdämm-Maßes $D_{i,e}$ ergeben sich aus der Differenz der ohne Rohrummantelung gemessenen Terzpegel $L_{i,AFeq,n,0}$ und der mit Rohrummantelung ermittelten Terzpegel $L_{i,AFeq,n,1}$:

(3) $$D_{i,e} = L_{i,AFeq,n,0} - L_{i,AFeq,n,1} \quad [\text{dB}]$$

Zusätzlich wird die A-Schallpegelminderung $\Delta L_{AFeq,n}$ durch die Rohrummantelung oder Rohrbefestigung bestimmt. Die A-Schallpegelminderung wird ermittelt, indem statt der Terzpegel die entsprechenden A-bewerteten Gesamtschallpegel voneinander abgezogen werden.

(4) $$\Delta L_{AFeq,n} = L_{AFeq,n,0} - L_{AFeq,n,1} \quad [\text{dB}]$$

Die A-Schallpegelminderung stellt ein Maß für die vom menschlichen Gehör empfundene Lärmminderung durch den Einbau der Rohrummantelung oder Rohrbefestigung dar. Sie bezieht sich ausschließlich auf das für die Messungen verwendete Geräuschspektrum, das durch einen stationären Wasserstrom in der Abwasserleitung erzeugt wurde und lässt sich nicht ohne weiteres auf andere Anregungsarten übertragen.

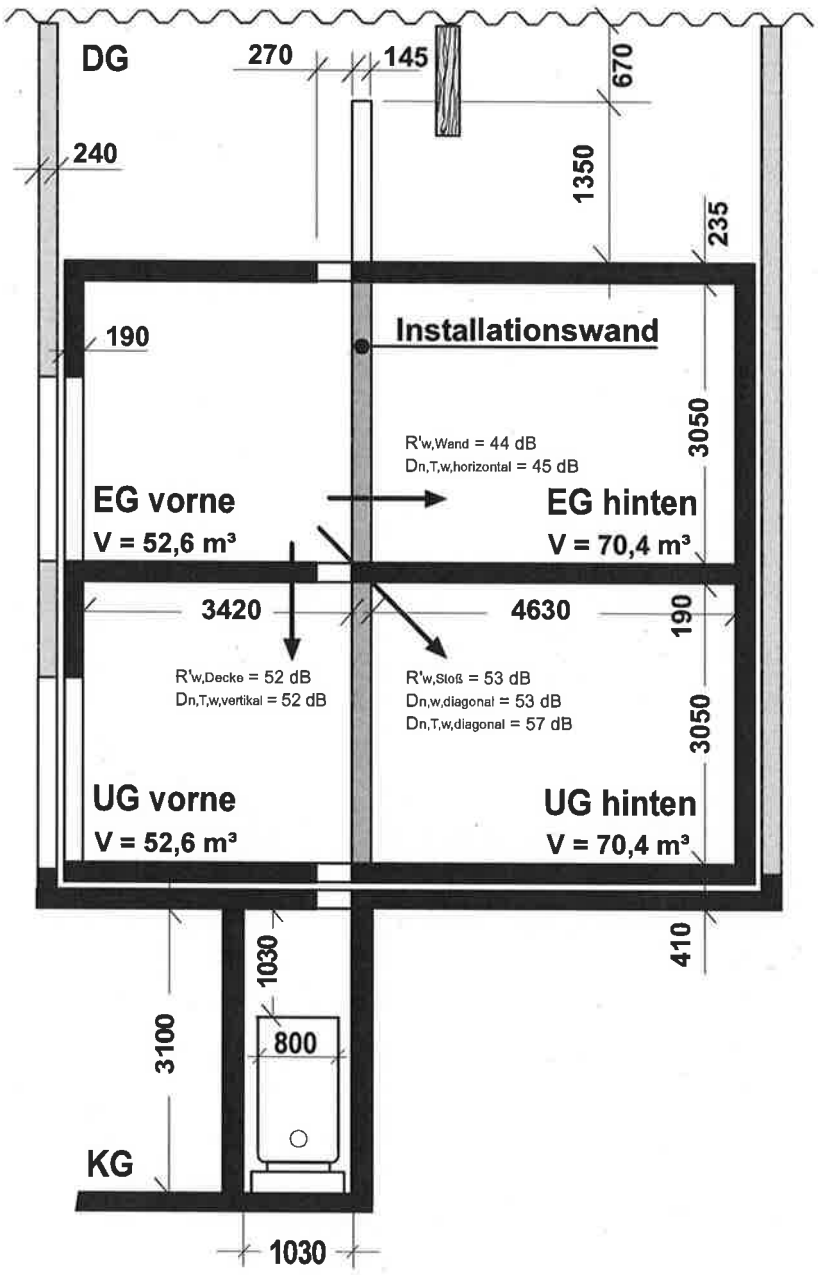
Aussagefähigkeit der Messergebnisse

Übertragbarkeit der Messergebnisse auf andere Bausituationen

Im Hinblick auf die praktische Anwendung muss darauf hingewiesen werden, dass die am Bau erreichbare A-Schallpegelminderung von dem im Prüfbericht angegebenen Wert abweichen kann, wenn die Abwasserleitung eine andere Geometrie als die hier untersuchte aufweist oder andere Materialien (z.B. Guss- oder Kunststoffrohre) zur Anwendung kommen. Unterschiedliche Installationsvarianten wie zum Beispiel die Montage unter Putz, die Montage mit anderen Rohrbefestigungen, etc. haben ebenfalls Einfluss auf die Einfügungsdämmung. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die erreichbare Geräuschminderung in bauüblichen Installationen durch Ausführungsmängel, die Körperschallbrücken verursachen, verringert werden kann. Bei den hier angegebenen Werten sind diese Nebenwege nicht berücksichtigt.

*) Bei der Pegelbezeichnung von stationären Geräuschen ($L_{AFeq,n}$) wird auf den für die Fastbewertung stehenden Index F häufig verzichtet. Um den Bezug zum Anforderungswert ($L_{AFmax,n}$) in DIN 4109 aufrechtzuerhalten wird hier jedoch die vollständige Bezeichnung fortgeführt und der Index F mit angegeben.

Prüfstand



Schnittzeichnung des Installationsprüfstands im Fraunhofer-Institut für Bauphysik (Maßangaben in mm). Der Prüfstand besteht aus je zwei übereinanderliegenden Räumen im Erd- und Untergeschoss (EG und UG), so dass in Verbindung mit Dach- und Kellergeschoss (DG und KG) auch über mehrere Stockwerke reichende Installationen, wie z. B. Abwassersysteme, geprüft werden können. Die beiden Installationswände (11,5 cm Kalksandstein-Vollsteine (KSV), beidseitig verputzt) können nach Bedarf ausgetauscht werden. Im Normalfall werden einschalige Massivwände mit einer Flächenmasse von 220 kg/m2 nach DIN 4109 verwendet. Da die Schalldämmung dieser Wände nicht den Anforderungen an eine Wohnungstrennwand ($R'_w \leq 53$ dB) genügt, befinden sich die nächstgelegenen schutzbedürftigen Räume bei üblicher Grundrissgestaltung diagonal über oder unter dem Installationsraum. Durch seine zweischalige, körperschallisolierte Bauweise ist der Installationsprüfstand speziell für die Messung niedriger Schalldruckpegel geeignet. Die Messräume sind so gestaltet, dass die Nachhallzeiten im untersuchten Frequenzbereich zwischen 1 und 2 s liegen. Die Decke sowie die seitlich flankierenden Bauteile, mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa 440 kg/m2, bestehen aus 19 cm Stahlbeton.

Prüfausrüstung und Geräte

Bei den Messungen im Installationsprüfstand P12 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik kommen folgende Messgeräte zum Einsatz:

Art	Typ	Hersteller
Analysator	Soundbook_MK2_8L	Sinus Messtechnik
½"-Mikrofon-Set	46 AF (Kapsel: Typ 40 AF-Free Field; Vorverstärker: Typ 26 TK)	G.R.A.S
½"-Mikrofon-Set (IEPE)	46 AE (Kapsel: Typ 40 AE-Free Field; Vorverstärker: Typ 26 CA)	G.R.A.S
1"-Mikrofon-Set	40HF (Kapsel: Typ 40EH-LowNoise; Vorverstärker: Typ 26HF; Speisemodul: Typ 12HF)	G.R.A.S
1"-Mikrofon	4179	Bruel & Kjær
1"-Vorverstärker	2660	Bruel & Kjær
Mikrofon-Kalibrator	4231	Bruel & Kjær
Beschleunigungsaufnehmer	4371 und 4370	Bruel & Kjær
Ladungsverstärker	Nexus 2692-A-0I4	Bruel & Kjær
Beschleunigungsaufnehmer (IEPE)	352B	PCB Piezotronics, Inc.
Körperschall-Kalibrator	VC11	MMF
Verstärker	LBB 1935/20	Bosch Plena
Lautsprecher	MLS 82	Lanny
Vergleichsschallquelle	382	Rox
Norm-Trittschall-Hammerwerk	211	Norsonic

Bei dem verwendeten Analysator handelt es sich um ein Gerät der Genauigkeitsklasse 1. Alle Messgeräte unterliegen regelmäßig durchgeführten internen und externen Funktionskontrollen, sind kalibriert und falls erforderlich geeicht.

Beurteilung für erhöhten Schallschutz nach VDI 4100 vom Oktober 2012

Die Richtlinie VDI 4100 enthält Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz in Wohnungen. Diese Vorschläge reichen über die in DIN 4109 enthaltenen Mindestanforderungen hinaus und können zwischen Auftraggeber und ausführendem Unternehmen zusätzlich vereinbart werden.

Die Messung von Installationsgeräuschen erfolgt nach VDI 4100 und DIN 4109 in gleicher Weise. Die Einzelheiten des Verfahrens und die Auswertung der Ergebnisse sind in Anhang F beschrieben. Der einzige Unterschied zwischen den beiden Normen besteht darin, dass die gemessenen Pegel in DIN 4109 auf eine äquivalente Schall-Absorptionsfläche von $A_0 = 10\ m^2$ bezogen werden, während in VDI 4100 eine Nachhallzeit von $T_0 = 0{,}5$ s als Bezugswert verwendet wird. Zwischen den beiden Pegeln besteht folgender Zusammenhang:

$$L_{AF,nT} = L_{AF,n} - 10\ \lg(V) + 15$$

mit $L_{AF,nT}$ = Standard-Schallpegel der Installationsgeräusche nach VDI 4100 [dB(A)]
$L_{AF,n}$ = Norm-Schallpegel der Installationsgeräusche nach DIN 4109 [dB(A)]
V = Volumen des Empfangsraums [m^3]

Der Indizes A und F bezeichnen hierbei die Frequenzbewertung A und die Zeitbewertung "Fast" (Hinweis: Bei der Pegelbezeichnung von stationären Geräuschen ($L_{AFeq,n}$) wird auf den für die Fastbewertung stehenden Index F häufig verzichtet. Um den Bezug zum Anforderungswert ($L_{AFmax,n}$) in DIN 4109 aufrechtzuerhalten wird hier jedoch die vollständige Bezeichnung fortgeführt und der Index F mit angegeben.). Je nachdem, ob ein zeitlicher gemittelter Wert oder ein Maximalpegel gemessen wird, wir an diese Indizes noch der Index "eq" oder "max" angehängt. Dies gilt für den Standard- und den Norm-Schallpegel in gleicher Weise, also z. B. $L_{AFeq,nT}$ oder $L_{AFmax,n}$.

Die Standard-Schallpegel nach VDI 4100 und der Norm-Schallpegel nach DIN 4109 unterscheiden sich um einen konstanten Wert, der lediglich vom Volumen des Empfangsraums abhängt. Während der Norm-Schallpegel vom Raumvolumen unabhängig ist, nimmt der Standard-Schallpegel mit wachsendem Raumvolumen ab. Da sich die Schallschutzanforderungen der VDI 4100 auf den Standard-Schallpegel beziehen, müssen die im Installations-Prüfstand des IBP gemessenen Werte zum Nachweis der Anforderungen auf das Volumen der vor Ort vorhandenen schutzbedürftigen Räume umgerechnet werden. Die Umrechnung erfolgt nach folgender Beziehung:

$$L_{AF,nT,Bau} = L_{AF,nT,Lab} + 10\ \lg(V_{Lab}/V_{Bau})$$

mit $L_{AF,nT,Bau}$ = Standard-Schallpegel der geprüften Installation am Bau
$L_{AF,nT,Lab}$ = Standard-Schallpegel der geprüften Installation im Prüfstand
V_{Lab} = Volumen des Empfangsraums im Prüfstand
V_{Bau} = Volumen des schutzbedürftigen Raumes am Bau

Die Volumina der drei Empfangsräume im Installationsprüfstand des IBP und grafische Darstellungen der obigen Berechnungsformel zur direkten Ablesung der Ergebniswerte sind nachfolgend dargestellt:

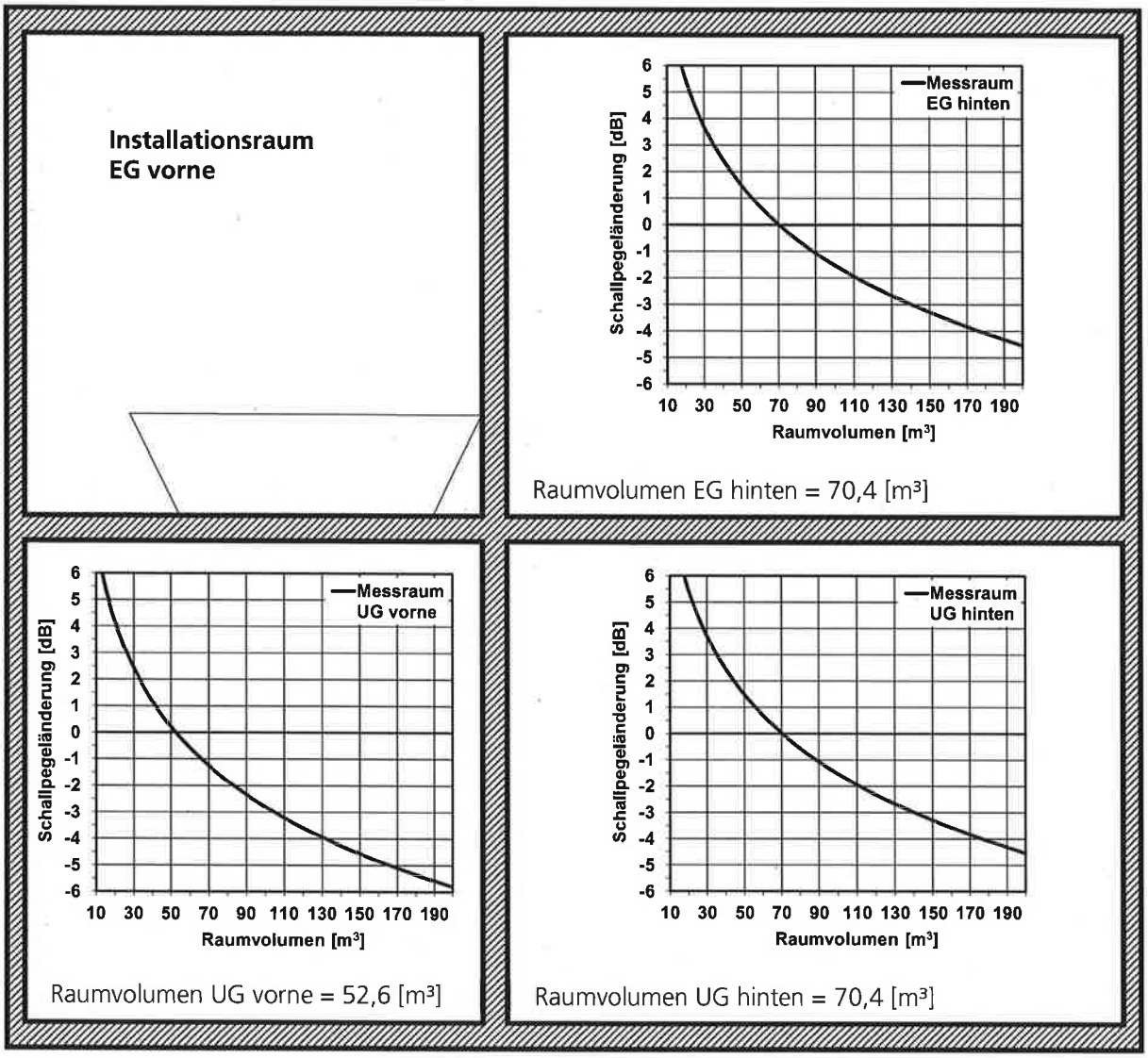


Bild 1: Änderung des im Installationsprüfstand P12 gemessenen Standard-Schallpegels für Räume mit abweichendem Volumen. Für die drei Messräume UG vorne, UG hinten und EG hinten ist in den Diagrammen jeweils die resultierende Pegeländerung gegenüber dem im Prüfbericht angegebenen Messwert in Abhängigkeit vom neuen Raumvolumen angegeben. Stimmen die Volumina des neuen Raum und des jeweiligen Messraums überein, so bleibt der Pegel unverändert (Pegeländerung $\Delta L = 0$ dB). Ist der neue Raum größer als der jeweilige Messraum, so nimmt der Schallpegel ab ($\Delta L < 0$), ist er kleiner, so steigt der Pegel an ($\Delta L > 0$).

Anforderungen

Nach VDI 4100 gelten in Wohnungen alle Räume mit einer Grundfläche ≥ 8 m² als schutzbedürftige Räume. Für die Geräusche haustechnischer Anlagen und für Trittschall sind Küchen, Bäder, WCs, Flure und Nebenräume hiervon allerdings ausdrücklich ausgenommen. Bei üblicher Grundrissanordnung (Bad über Bad) ist deshalb für die im Prüfstand ermittelten Werte im Normalfall der Raum UG hinten als nächstgelegener schutzbedürftiger Raum anzusehen.

Die Anforderungswerte sind in der VDI 4100 nach Schallschutzstufen (SSt) eingeteilt, die unterschiedlichen Komfort-Niveaus entsprechen:

Tabelle 1: Komfortniveau und akustische Situation für die drei Schallschutzstufen SSt I bis SSt III nach VDI 4100.

SSt I	„gegenüber einfachster Ausführung und Ausstattung angehoben"
	„unzumutbare Belästigungen werden im Allgemeinen vermieden"
SSt II	„durchschnittliche Komfortansprüche"
	„im Allgemeinen nicht störend"
SSt III	„besondere Komfortansprüche"
	„nicht oder nur selten störend"

Für die drei Schallschutzstufen sind in VDI 4100 jeweils unterschiedliche Anforderungen angegeben. Da SSt III das höchste Komfortniveau repräsentiert, gelten hier der die strengsten Anforderungen, d. h. die für Installationsgeräusche zulässigen Pegel sind hier am niedrigsten. Die Anforderungswerte für Mehrfamilienhäuser bzw. Einfamilien-Doppel- und Einfamilien-Reihenhäuser sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 2: Schallschutz-Anforderungen für gebäudetechnische Anlagen in Mehrfamilienhäuser bzw. Einfamilien-Doppel- und Einfamilien-Reihenhäuser nach VDI 4100 für die Schallschutzstufe SSt I bis III. Die Anforderungen gelten für die Schallübertragung zwischen fremden Wohnungen. Die Geräusche von Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen werden hierbei gemeinsam betrachtet.

Bausituation	**akustische Größe [dB(A)]**	**SSt I**	**SSt II**	**SSt III**
Mehrfamilienhaus	$\overline{L_{AFmax,nT}}$ **bzw.** $\overline{L_{AFeq,nT}}$ a) b)	**≤ 30**	**≤ 27**	**≤ 24**
Einfamilien-Doppel- und Einfamilien-Reihenhäuser	$\overline{L_{AFmax,nT}}$ **bzw.** $\overline{L_{AFeq,nT}}$ a) b)	**≤ 30**	**≤ 25**	**≤ 22**

a) Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen (Öffnen; Schließen, Umstellen, Unterbrechen u. Ä.) der Armaturen und Geräte der Wasserinstallation entstehen, sollen die Kennwerte der SSt II und SSt III um nicht mehr als 10 dB übersteigen. Dabei wird eine bestimmungsgemäße Benutzung vorausgesetzt.

b) Da es sich bei Installationsgeräuschen vielfach um zeitliche veränderliche Signale handelt, sieht VDI 4100 hierfür die Messung des Maximalpegels $\overline{L_{AFmax,nT}}$ vor. Bei stationären Signalen, wie z. B. Wasserstrahl-Prallgeräuschen, ist es jedoch günstiger, statt dessen den Mittelungspegel $\overline{L_{AFeq,nT}}$ zu bestimmen, da nur auf diese Weise die für Prüfstandsmessungen obligatorischen Reproduzierbarkeits- und Genauigkeitsanforderungen eingehalten werden. Der gemessene Mittelungspegel ist im Allgemeinen etwas geringer als der Maximalpegel; umfangreichen Erfahrungen zufolge beträgt der Unterschied jedoch nicht mehr als maximal 2-3 dB.

Neben den oben genannten Anforderungen für die Schallübertragung zwischen fremden Wohnungen enthält VDI 4100 auch Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohnbereich. Die hierfür geltenden Anforderungswerte und die Bedeutung der zugehörigen Schallschutzstufen können VDI 4100 entnommen werden.

Anmerkung zur Behandlung von Nutzergeräuschen in VDI 4100:

Für die häufig zu Beschwerden führenden Nutzergeräusche (z. B. Abstellen eines Zahnputzbechers auf eine Abstellplatte, Öffnen und Schließen des WC-Deckels, Spureinlauf, Rutschen in der Badewanne, Zuschlagen der Türen (auch von Wand- und Einbauschränken usw.) wurden auch für die Schallschutzstufen SSt II und SSt III keine Kennwerte festgelegt, da diese Geräusche nur sehr schlecht reproduzierbar sind und von der jeweiligen Bausituation abhängen. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass diese Geräusche – bei bestimmungsgemäßer Nutzung – durch Verwendung üblicher Maßnahmen zur Körperschalldämmung bei der Montage von Sanitärausstattungsgegenständen und Schränken so weit wie möglich gemindert werden.