

Prüfbericht P-BA 265/2021

Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand nach DIN EN 14366

Auftraggeber: REHAU Industries SE & Co. KG
Otto-Hahn-Str. 2
95111 Rehau

Prüfobjekt: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU.

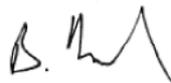
Inhaltsverzeichnis:

Ergebnisblatt 1:	Zusammenfassung der Ergebnisse
Bilder 1 bis 3:	Detailergebnisse
Bilder 4 und 5:	Darstellung Versuchsaufbau
Anhang A:	Messaufbau, Geräuschanregung und Beurteilungsgrößen, Vergleich mit den Anforderungen
Anhang F:	Auswertung
Anhang P:	Beschreibung des Prüfstands
Anhang V:	Beurteilung nach VDI 4100

Prüfdatum: Die Messung wurde am 25. Oktober 2021 im Technikum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Stuttgart durchgeführt.

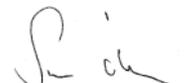
Stuttgart, 12. Januar 2022

Bearbeiter:



M.Sc. B. Kaltbeitzel

Prüfstellenleiter:



M.BP. Dipl.-Ing.(FH) S. Öhler

Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-11-01 akkreditiert ist.

Die genannten Messergebnisse beziehen sich nur auf das untersuchte Prüfobjekt. 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



Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand nach DIN EN 14366

P-BA 265/2021

Ergebnisblatt 1

Auftraggeber: REHAU Industries SE & Co. KG, Otto-Hahn-Str. 2, 95111 Rehau

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3)

Prüfaufbau: Montage des Abwassersystems nach Bild 4 und 5 sowie Anhang A.

- Das Abwassersystem "RAUSILENTO" der Fa. REHAU bestand aus geraden Abwasserrohren (2 m) der Nennweite OD 110 x 2,7 mit dreischichtigem Wandaufbau aus PP-MD (Außen- und Innenschicht) und PP mineralverstärkt (mittlere Schicht), Wanddicke: 3,0 mm, Dichte: ca. 1,25 g/cm³, Gewicht 1,26 kg/m (gemessen durch das IBP), Formstücken der Nennweite OD 110 (drei Geschossabzweige Ø110, 87°, 2 x 45°-Kellerbogen), mit einschichtigem Wandaufbau aus PP mineralverstärkt, Wanddicke: 3,0 mm, Dichte: 1,25 g/cm³ (gemessen durch das IBP). Die Geschossabzweige in den Räumen EG vorne und UG vorne waren mit Deckeln verschlossen. Die Verbindungen der Rohre (maximal 2 m lange Rohrabschnitte) und der Formteile erfolgte mittels Steckverbindung (angeformte Muffen).
- Rohrschellen "Festschelle" und "Führungsschelle" (alle mit Schnellverschluss) der Fa. REHAU. Je Stockwerk (EG, UG) wurden zwei Rohrschellen angebracht. Im oberen Wandbereich jeweils eine Festschelle und im unteren Wandbereich jeweils eine Führungsschelle (ohne Kontakt zum Abwasserrohr). Die Rohrschellen wurden durch eine ein Punkt Befestigung an der Installationswand mittels Stockschrauben und Kunststoffdübel befestigt.

Der Aufbau des Abwassersystems (vgl. Bild 4 und 5 sowie Anhang A) erfolgte durch einen vom Fraunhofer IBP beauftragten Handwerksbetrieb.

Prüfstand: Installationsprüfstand P12, Flächenmasse der Installationswand: 220 kg/m², Installationsräume: KG, UG vorne, EG vorne und DG, Messräume: UG vorne, UG hinten (genaue Beschreibung in Anhang P und DIN EN 14366).

Prüfverfahren: Versuchsaufbau und Messung nach DIN EN 14366:2020-02. Anregung durch stationären Wasserdurchfluss mit 0,5 l/s, 1,0 l/s, 2,0 l/s und 4,0 l/s (siehe Anhänge A und F). Zusätzliche Auswertung der Messergebnisse zum Vergleich mit Anforderungen in DIN 4109-1:2018-01, VDI 4100:2012-10 und ÖNorm B 8115-5:2021 siehe Anhang A.

Ergebnis:

Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3)	Volumenstrom [l/s]				
	0,5	1,0	2,0	4,0	
Luftschalldruckpegel $L_{a,A}$ [dB(A)] nach DIN EN 14366 im Raum	UG vorne	45	50	52	55
Charakteristischer Körperschallpegel $L_{sc,A}$ [dB(A)] nach DIN EN 14366 im Raum	UG hinten	12	14	18	21
Installations-Schallpegel $L_{AFeq,n}$ [dB(A)] in Anlehnung an DIN 4109 im Raum	UG vorne	45	50	52	55
	UG hinten	15	17	21	24
Installations-Schallpegel $\overline{L}_{AFeq,nT}$ in dB(A) in Anlehnung an VDI 4100 im Raum	UG vorne	43	47	50	52
	UG hinten	11	14	17	20
Installations-Schallpegel $L_{AFeq,nT}$ in dB(A) in Anlehnung an ÖNorm B 8115 im Raum	UG vorne	43	47	50	52
	UG hinten	11	14	17	20

Prüfdatum: 25. Oktober 2021

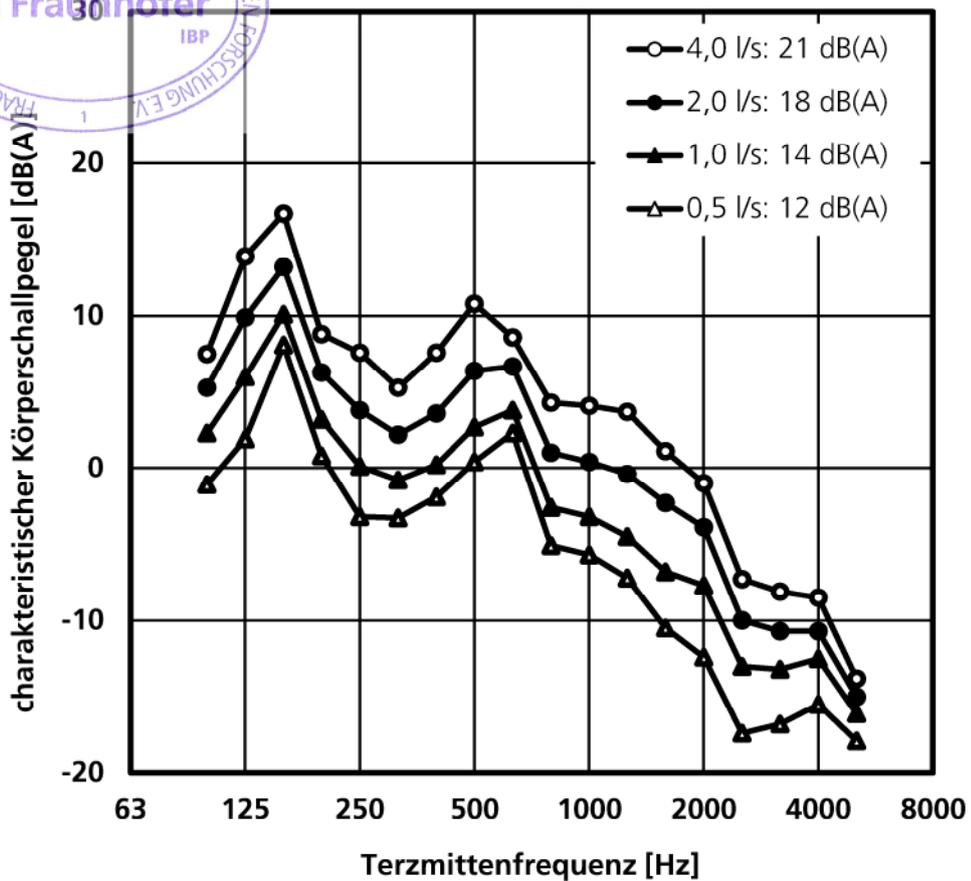
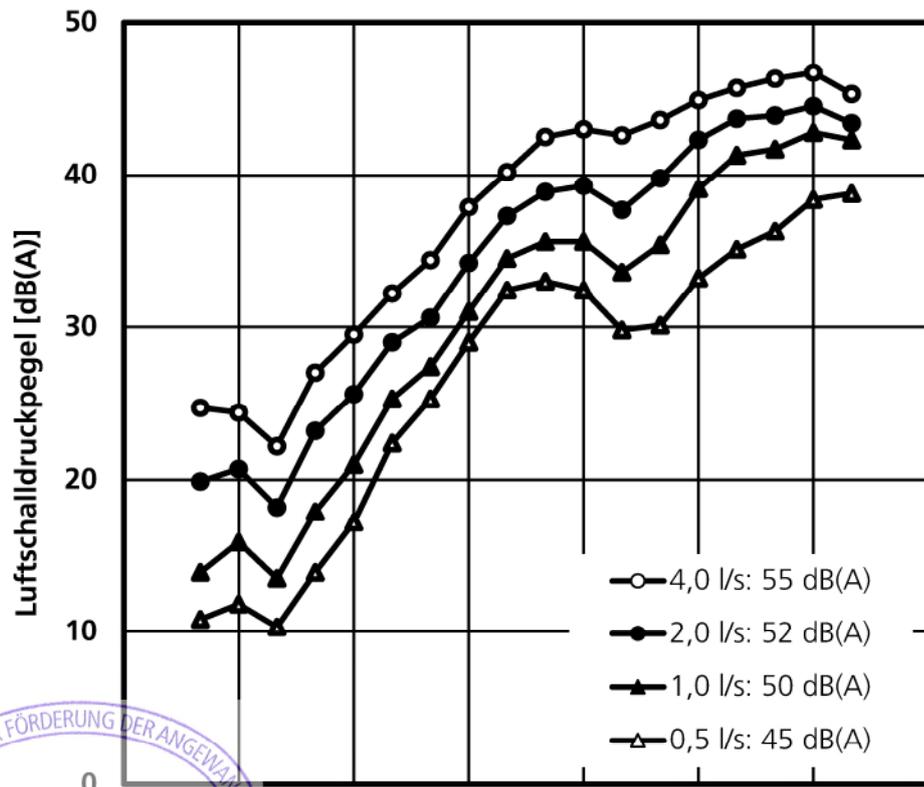
Bemerkungen: - Vergleich der Ergebnisse mit den Anforderungen von DIN 4109 und VDI 4100, siehe Anhang A.



Fraunhofer
IBP

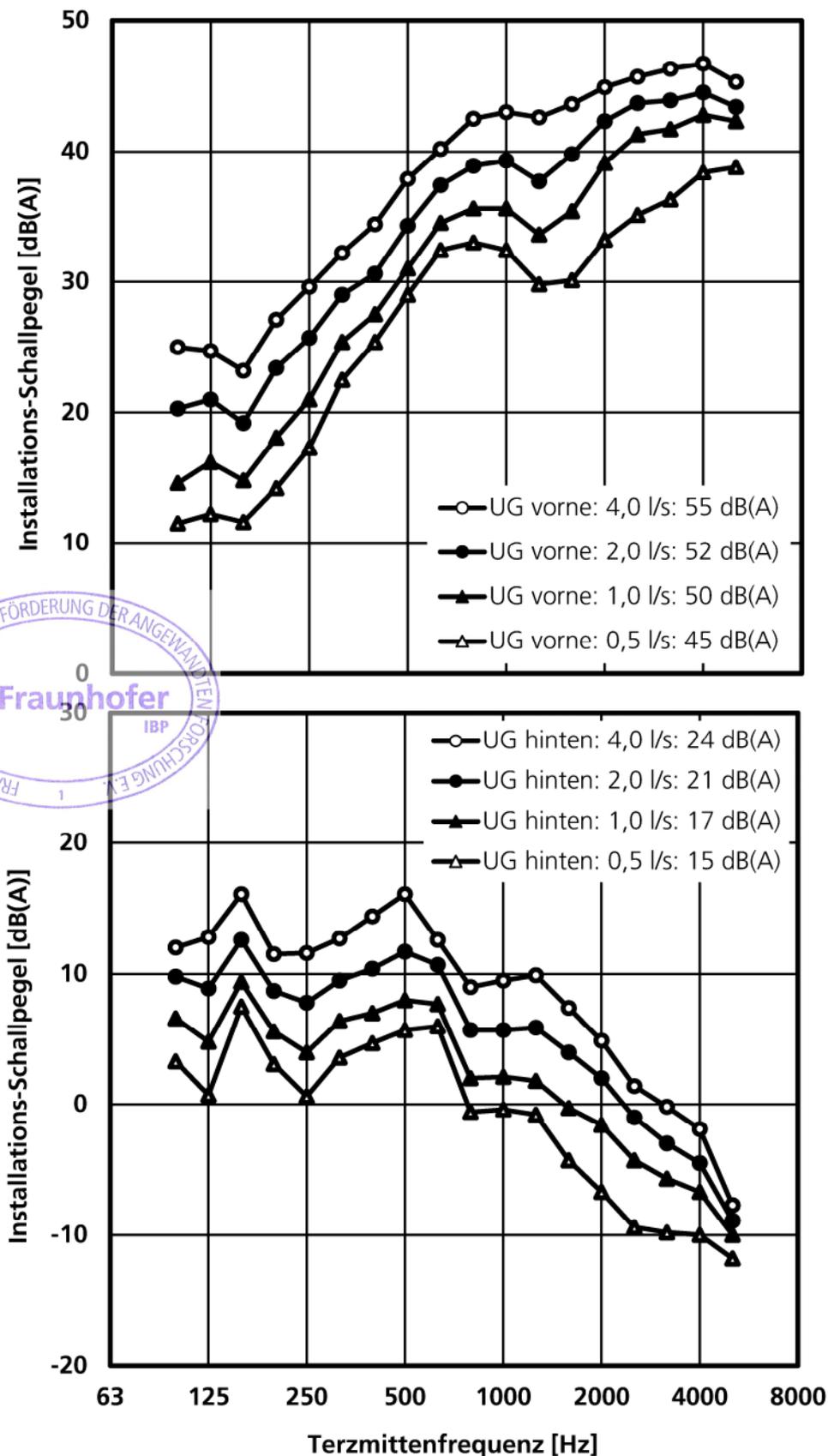
Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 durch die DAkkS mit der Nr. D-PL-11140-11-01 akkreditiert ist.

Stuttgart, den 12. Januar 2022
Prüfstellenleiter:



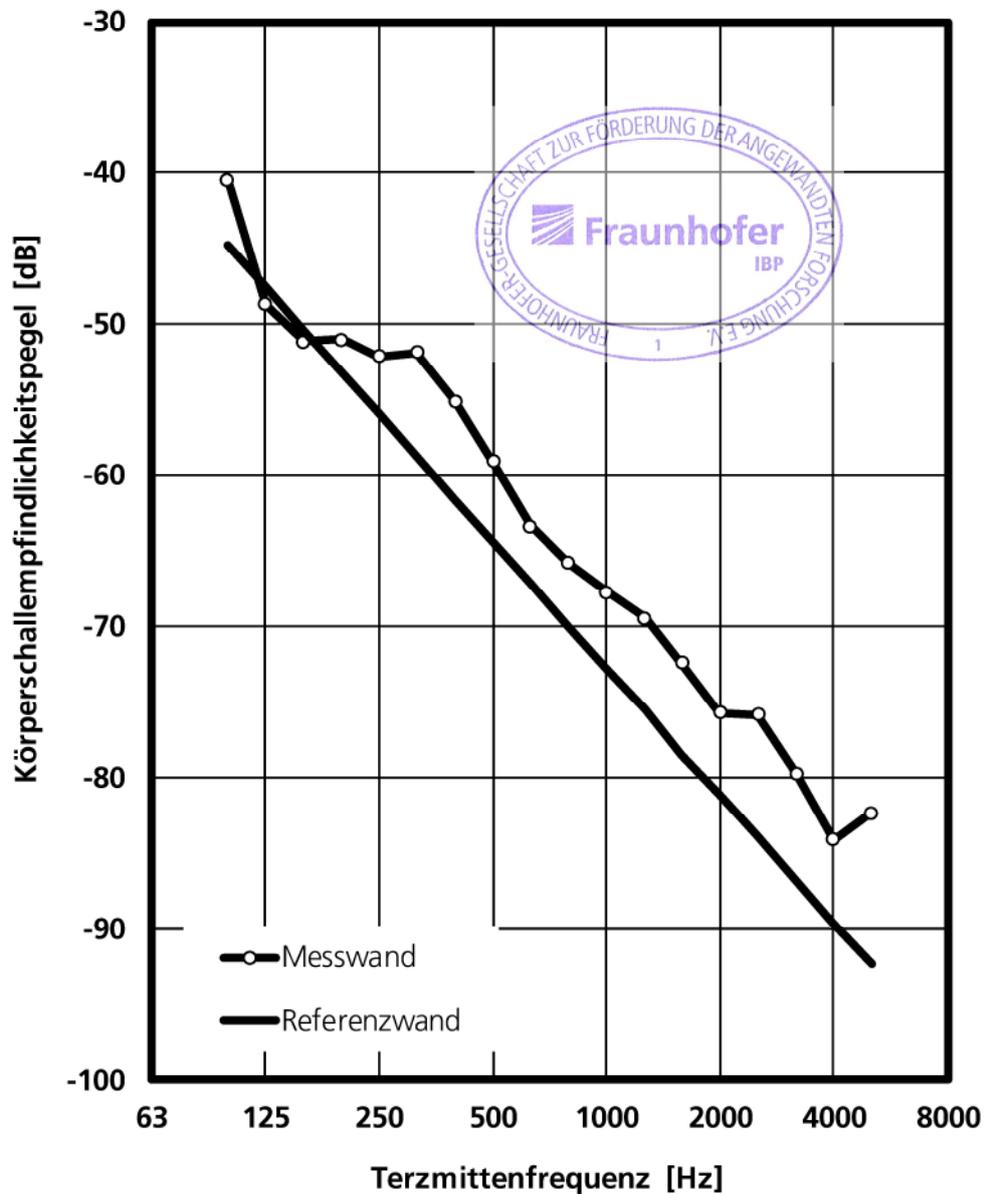
Frequenzspektrum des Luftschalldruckpegels $L_{p,A}$ (oben) und des charakteristischen Körperschallpegels $L_{sc,A}$ (unten) nach DIN EN 14366 bei verschiedenen Volumenströmen.

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3) Nähere Angaben zum Prüfaufbau können dem Ergebnisblatt 1 sowie Bild 4 und 5 entnommen werden.



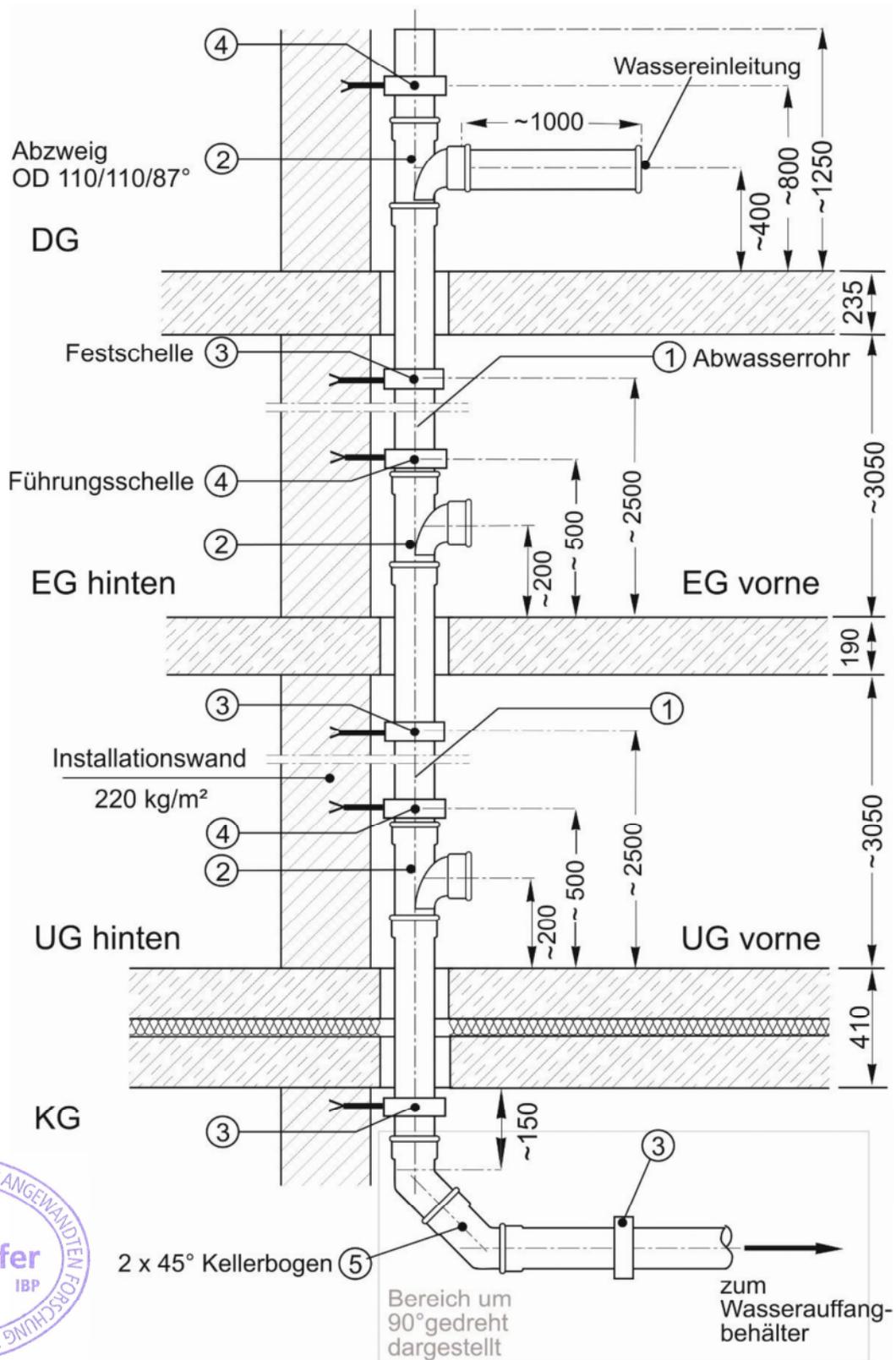
Frequenzspektrum des Installations-Schallpegels $L_{A,Freq,n}$ in Anlehnung an DIN 4109 bei verschiedenen Volumenströmen, gemessen im Raum UG vorne (oben) bzw. UG hinten (unten).

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3) Nähere Angaben zum Prüfaufbau können dem Ergebnisblatt 1 sowie Bild 4 und 5 entnommen werden.



Körperschallempfindlichkeitspegel L_{55} der Installationswand zwischen den Räumen UG vorne und UG hinten im Installationsprüfstand P 12 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Abhängigkeit von der Frequenz. Die Wand besteht aus 115 mm dicken beidseitig verputzten Kalksandsteinen und hat eine flächenbezogene Masse von etwa 220 kg/m². Der angegebene Körperschallempfindlichkeitspegel bezieht sich auf die Befestigungsstellen des Abwassersystems nach Bild 4. Zum Vergleich ist der Körperschallempfindlichkeitspegel L_{55R} der Referenzwand mit angegeben (Auswertung entsprechend DIN EN 14366).

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3) Nähere Angaben zum Prüfaufbau können dem Ergebnisblatt 1 sowie Bild 4 und 5 entnommen werden.



Darstellung des Prüfaufbaus (Zeichnung nicht maßstäblich, ungefähre Maßangaben in mm).

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3)

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





- Oben links: Abwassersystem im Raum UG vorne.
- Oben rechts: Abzweig und Rohrschelle im unteren Wandbereich.
- Unten links: Rohrschelle "Führungsschelle" im unteren Wandbereich.
- Unten rechts: Zwei 45° Bögen und Festschelle im Kellergeschoss.

Prüfgegenstand: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUSILENTO" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit einer "Festschelle" (oben) und einer "Führungsschelle" (unten) je Stockwerk der Fa. REHAU. Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau. (Prüfobjekt S 11826-3)

Messaufbau, Geräuschanregung und Beurteilungsgrößen, Vergleich von Messergebnissen mit Anforderungen, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit von Messergebnissen und Angaben zur Messunsicherheit

Messaufbau (Standardaufbau)

Im Installationsprüfstand des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik (genaue Beschreibung in Anhang P) wird ein vom Dachgeschoss (DG) bis ins Kellergeschoss (KG) reichender Fallstrang verlegt, der im Dachgeschoss eine Anschlussleitung (OD 110) 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 $2 \times 45^\circ$) in eine waagrecht geführte Auslaufstrecke über, die in einen Wasserauffangbehälter mündet. Die Abwasserleitung wird im Erdgeschoss (EG) und im Untergeschoss (UG) mit bauüblichen Abzweigungen für Sammelausschlussleitungen (in der Regel OD 110) versehen. Die Rohre und Formstücke werden gemäß den Verlegevorschriften des Herstellers miteinander verbunden. Die Deckendurchbrüche werden mit porösem, absorbierendem Material gefüllt, so dass keine Körperschallbrücken zum Bauwerk bestehen. Die Befestigung der Abwasserleitung an der Installationswand (flächenbezogene Masse $m'' = 220 \text{ kg/m}^2$) erfolgt mit den vom Auftraggeber mitgelieferten Rohrschellen, die auf den Außendurchmesser der Rohre abgestimmt sind. Die Lage der Befestigungspunkte sowie weitere Abmessungen sind dem im Prüfbericht enthaltenen Installationsplan zu entnehmen.

Geräuschanregung und Beurteilungsgrößen

Eine definierte und messtechnisch reproduzierbare Geräuschanregung lässt sich lediglich bei stationärem Durchfluss der Abwasserleitung realisieren. Da die Geräuscherzeugung in Abwassersystemen von der Durchflussmenge abhängt, werden die Geräuschemessungen bei folgenden in der Praxis typischerweise auftretenden Volumenströmen Q durchgeführt:

1. $Q = 0,5 \text{ l/s}$ entsprechend $Q = 30 \text{ l/min}$,
2. $Q = 1,0 \text{ l/s}$ entsprechend $Q = 60 \text{ l/min}$,
3. $Q = 2,0 \text{ l/s}$ entsprechend $Q = 120 \text{ l/min}$,
4. $Q = 4,0 \text{ l/s}$ entsprechend $Q = 240 \text{ l/min}$.

Dabei entspricht ein Volumenstrom von $Q = 2,0 \text{ l/s}$ in etwa der mittleren Durchflussmenge einer WC-Spülung. Der größte verwendete Volumenstrom ergibt sich nach Prandtl-Colebrook aus der zulässigen hydraulischen Belastbarkeit der horizontalen Leitungsabschnitte, die für Rohre OD 110 bei $Q_{\max} = 4 \text{ l/s}$ liegt.

Die Messungen erfolgen im Installationsraum (UG vorne) und im Raum hinter der Installationswand (UG hinten). Durch den Wasserstrom wird die Abwasserleitung zu Schwingungen angeregt, die über die Rohrschellen und gegebenenfalls auch über andere zusätzliche Körperschallbrücken (zum Beispiel Brandschutzmanschetten) auf die Installationswand übertragen und von dieser, sowie in geringerem Maße auch von den angrenzenden Bauteilen, als Luftschall in den Messraum hinter der Installationswand abgestrahlt werden. Im Raum UG vorne wird zusätzlich der direkt vom Abwassersystem abgestrahlte Luftschall erfasst. Der Schalldruckpegel wird in Anlehnung an DIN EN ISO 10 140-4 an sechs im Messraum verteilten Punkten erfasst, räumlich und zeitlich gemittelt sowie fremdgeräuschkorrigiert.

Aus den Messergebnissen wird nach DIN EN 14366 der Luftschalldruckpegel $L_{a,A}$ und der charakteristische Körperschallpegel $L_{sc,A}$ berechnet. Der Installations-Schallpegel in Anlehnung an DIN 4109 wird nach Anhang F ermittelt bzw. in Anlehnung an VDI 4100 nach Anhang V. Bei stationären Signalen (z.B. Abwassergeräusche bei konstantem Durchfluß), wird dabei abweichend von DIN 4109-4 und DIN EN ISO 10052 bzw. VDI 4100 nicht der Maximalwert

($L_{AFmax,n}$, bzw. $\overline{L_{AFmax,nT}}$) sondern der zeitlich und räumlich gemittelte Pegel ($L_{AFeq,n}$, bzw. $\overline{L_{AFeq,nT}}$) gemessen. Dies gewährleistet die Einhaltung der für Prüfstandsmessungen obligatorischen Reproduzierbarkeits- und Genauigkeitsanforderungen (u. a. durch die Möglichkeit zur Störgeräuschkorrektur), was bei Verwendung des Maximalpegels, der gemäß den oben genannten Normen für Messungen am Bau bestimmt ist, nicht realisierbar wäre. Aufgrund umfangreicher Erfahrungen ist davon auszugehen, dass die Differenz zwischen $L_{AFmax,n}$ und $L_{AFeq,n}$ bzw. zwischen $\overline{L_{AFmax,nT}}$ und $\overline{L_{AFeq,nT}}$ im Normalfall maximal 2-3 dB beträgt.

Vergleich von Messergebnissen mit den Anforderungen

Die Messergebnisse dienen dem Vergleich von Produkten, Werkstoffen und Systemkomponenten von Abwasserinstallationen hinsichtlich ihrer schallschutztechnischen Eigenschaften (Bauteilprüfung). Darüber hinaus können die bei der Prüfung ermittelten Schalldruckpegel (Installations-Schallpegel) mit den Anforderungen in DIN 4109 und VDI 4100 verglichen werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die baulichen Bedingungen in der realen Bausituation vergleichbar bzw. schalltechnisch günstiger sind als im Prüfstand des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik. Weiter ist beim Vergleich mit Anforderungen darauf zu achten, dass gleichzeitiger Betrieb von Sanitärinstallationen und mögliche Wechselwirkung unter den Sanitärkomponenten andere Ergebnisse zur Folge haben können. Als Vergleichswert mit den Anforderungen sollte der Messwert bei einem Volumenstrom von 2 l/s verwendet werden, da dieser ungefähr dem bei einer WC Spülung auftretenden mittleren Volumenstrom entspricht.

Mit der Norm DIN EN 12354-5 kann ferner der Schalldruckpegel in fremden schutzbedürftigen Räumen, auch für abweichende Gebäudesituationen und unter Berücksichtigung zusätzlicher Werte für die Installationsgeräusche von weiteren haustechnischen Anlagen, wie WC-Anlagen, Duschplätze, Badewannen usw., prognostiziert werden. Alternativ besteht die Möglichkeit von sogenannten Musterbauprüfungen, bei denen Abwassersysteme in unseren Prüfständen in Verbindung mit weiteren, praxisgetreu angeschlossenen Sanitärinstallationen geprüft werden können (Systemmessung). Die Messwerte können anschließend direkt mit Schallschutzanforderungen verglichen werden.

Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit von Messergebnissen

Bei Geräuschmessungen von Abwassersystemen hängen die Ergebnisse neben den verwendeten Rohrschellen im starken Maße von den Einbaubedingungen, wie z.B. der Montage der Rohrschellen, der genauen vertikalen Ausrichtung der Rohre, dem Entgraten der Rohrenden und der Einstecktiefe der Rohre in die Muffen, ab. Durch Optimierung dieser Einflüsse lässt sich der Schallpegel erfahrungsgemäß um mehrere dB absenken.

Ein Vergleich verschiedener Abwassersysteme setzt deshalb voraus, dass alle Systeme mit gleicher Sorgfalt montiert werden.

Angaben zur Messunsicherheit

Die Unsicherheit bei Messungen an gebäudetechnischen Anlagen können für die vorliegenden Ergebnisse aus Musterbauprüfungen den Angaben in DIN 4109-4 für ausgeführte Bauten angelehnt werden.

Die Unsicherheit beträgt demnach

$$u_{\text{situ}} = \begin{cases} 5,0 \text{ dB} - 0,1 \times L_{AF,\dots} & \text{für } L_{AF,\dots} < 35 \text{ dB} \\ 1,5 \text{ dB} & \text{für } L_{AF,\dots} \geq 35 \text{ dB} \end{cases}$$

mit

u_{situ} Unsicherheit bei Messungen an gebäudetechnischen Anlagen in ausgeführte Bauten (situ),
 $L_{AF,\dots}$ Messgröße $L_{AF,max,n}$ oder $L_{AF,max,nT}$ bzw. $L_{AFeq,n}$ oder $L_{AFeq,nT}$.

Bei einem gemessenen Wert von 30 dB würde die Unsicherheit damit 2,0 dB betragen. Bei niedrigeren Installationsgeräuschpegeln ist die Unsicherheit größer und beträgt z. B. 3,0 dB bei einem Installationsgeräuschpegel von 20 dB.

Konformitätsaussagen z. B. für den Nachweis bauaufsichtlicher Schallschutzanforderungen können im Rahmen der gegebenen Messunsicherheit erfolgen. Die metrologische Rückführbarkeit auf Bezugsnormale ist bei allen kalibrierten Messgeräten gegeben. Bei Konformitätsaussagen werden Messunsicherheiten stets nach dem Verfahren entsprechend dem im Prüfbericht angegebenen Regelwerk (z. B. Norm, Richtlinie) berücksichtigt.

Auswertung der Messungen

Stationäre Geräusche

Der gemessene Schalldruckpegel liegt als zeitlich und räumlich gemitteltetes 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 $A_0 = 10 \text{ m}^2$ normiert (Index n) und A-bewertet:

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

$L_{i,F}$	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	[m ²]
V	Volumen des Messraums	[m ³]
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:

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

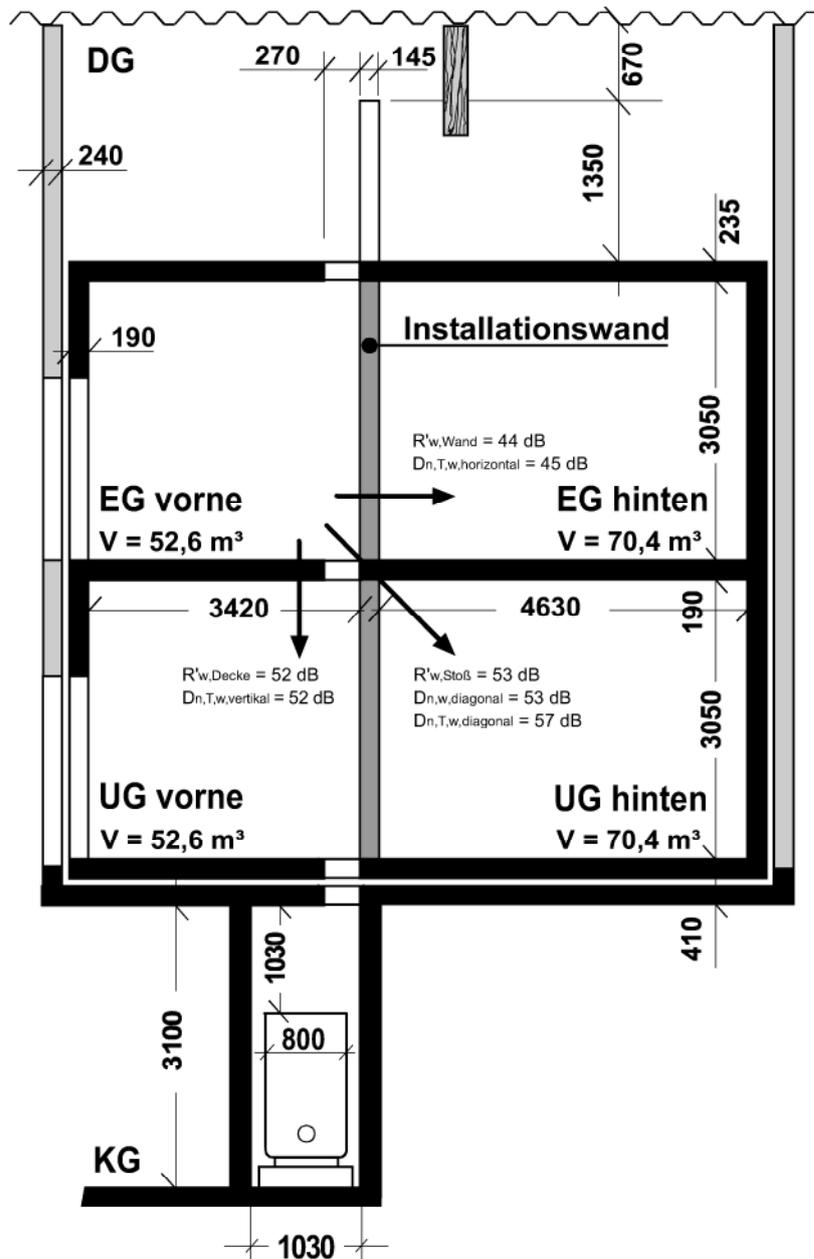
wobei i die Nummer der Terzbänder von 100 Hz bis 5 kHz bezeichnet. Der berechnete Pegel $L_{AFeq,n}$ entspricht dem Schallpegel, der in einem mäßig möblierten Empfangsraum unter sonst gleichen Bedingungen auftritt.

Zeitlich veränderliche Geräusche

Das Messsignal besteht hier aus einer Folge von Terzspektrern (Frequenzbereich 100 Hz bis 5 kHz) die mit einem Zeitabstand von 0,125 s nacheinander am selben Ort gemessen werden. Abgesehen davon, dass auf eine Fremdgeräuschkorrektur verzichtet wird, erfolgt die Auswertung in gleicher Weise wie bei stationären Geräuschen. Aus dem Zeitverlauf wird anschließend der Maximalwert ($L_{AFmax,n}$) nach DIN 4109 und DIN EN ISO 10052 ermittelt.

*) 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 angeben.

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/m^2 nach DIN 4109 verwendet. Da die Schalldämmung dieser Wände nicht den Anforderungen an eine Wohnungstrennwand ($R'_{w} \leq 53 \text{ dB}$) 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/m^2 , 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; Speise- modul: 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-014	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 $A_0 = 10 \text{ m}^2$ bezogen werden, während in VDI 4100 eine Nachhallzeit von $T_0 = 0,5 \text{ s}$ 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, wird 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 Ablese der Ergebniswerte sind nachfolgend dargestellt:

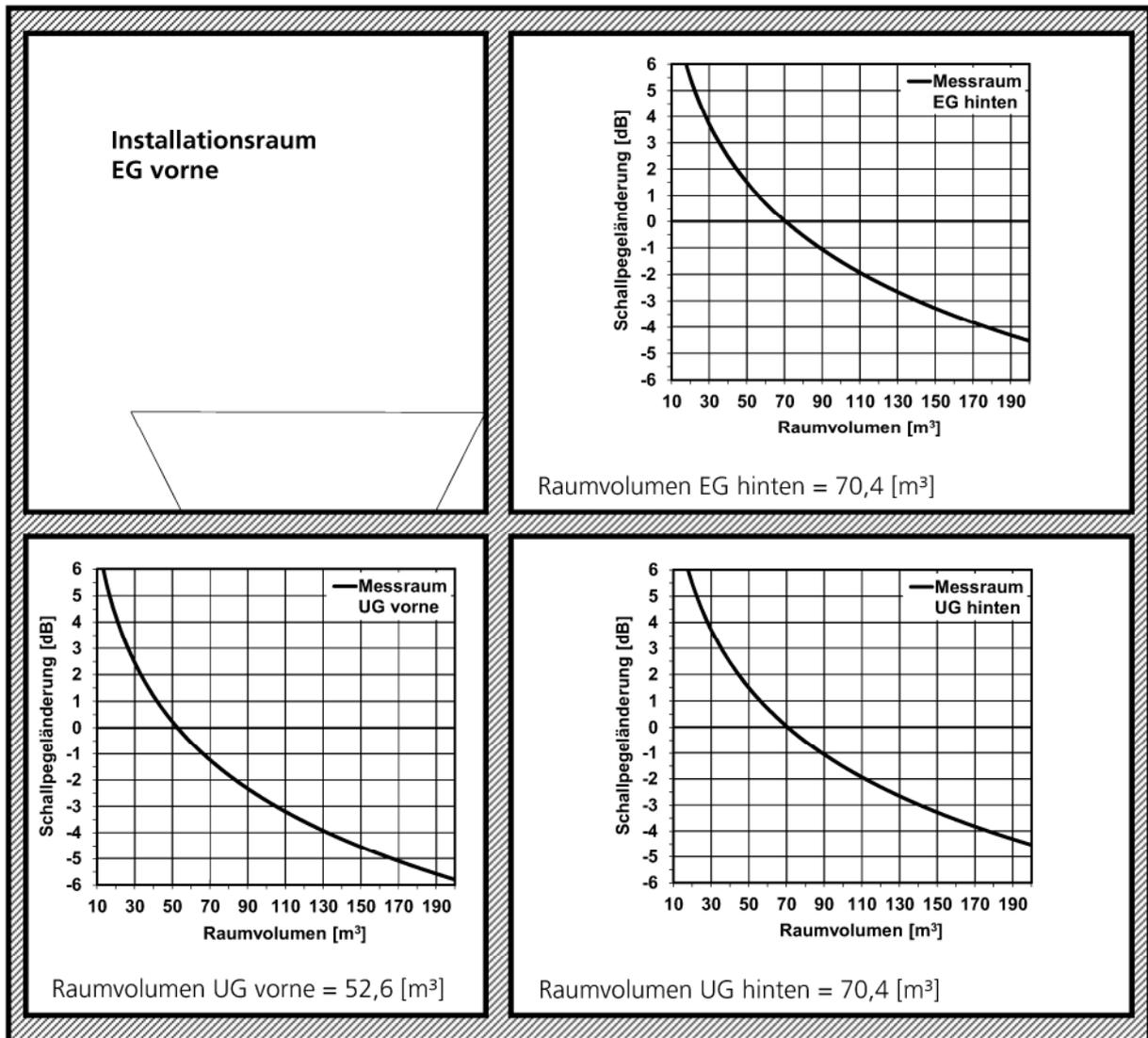


Bild 1: Änderung des im Installationsprüfstand P12 gemessenen Standard-Schallpegels für Räume mit abweichendem Volumen. Für die drei Messräume UG vorne, UG hinten und EG hinten ist in den Diagrammen jeweils die resultierende Pegeländerung gegenüber dem im Prüfbericht angegebenen Messwert in Abhängigkeit 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 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.

Konformitätsaussagen z. B. für den Nachweis bauaufsichtlicher Schallschutzanforderungen können im Rahmen der gegebenen Messunsicherheit (in Anlehnung an DIN 4109-4) erfolgen. Die metrologische Rückführbarkeit auf Bezugsnormale ist bei allen kalibrierten Messgeräten gegeben. Bei Konformitätsaussagen werden Messunsicherheiten stets nach dem Verfahren entsprechend dem im Prüfbericht angegebenen Regelwerk (z. B. Norm, Richtlinie) berücksichtigt.

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.