

Prüfbericht P-BA 4/2025

# Bestimmung der akustischen Eigenschaften eines Abwassersystems im Prüfstand nach DIN EN 14366-1

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

Institutsleiter  
Prof. Dr. Philip Leistner

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

**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa.  
REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX".

<b>Inhaltsverzeichnis:</b>	Seite 1:	Prüfaufbau, Prüfstand und Prüfverfahren
	Ergebnisblatt 1:	Zusammenfassung der Ergebnisse (Teil 1)
	Ergebnisblatt 2:	Zusammenfassung der Ergebnisse (Teil 2)
	Ergebnisblatt 3:	Produktvergleich: Berechnete Einzahlkennwerte (SNQ)
	Tabelle 1:	Bausituation: Prognose basierend auf DIN EN 12354-5
	Bild 1:	Detailergebnisse
	Bilder 2+3:	Darstellung Versuchsaufbau
	Anhang A:	Messaufbau, Geräuschanregung und Beurteilungsgrößen
	Anhang F:	Auswertung
	Anhang P:	Beschreibung des Prüfaufbaus

**Prüfdatum:** Die Messung wurde am 19. Dezember 2024 im Technikum des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Stuttgart durchgeführt.

Stuttgart, 1. April 2025

Bearbeiter:



M.Sc. B. Kaltbeitzel

Stv. Prüfstellenleiter:



Dipl.-Ing. (FH) S. Müller

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-11140-11-00 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 Akustik**

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](http://www.pruefstellen.ibp.fraunhofer.de/de/akkreditierte-prueflabore.html)



**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

**Prüfaufbau:**

Montage des Abwassersystems nach Bild 2 und 3 sowie Anhang A.

- Das Abwassersystem "RAUPIANO PLUS" 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: 3,1 mm, Dichte: ca. 1,8 g/cm<sup>3</sup>, Gewicht 1,9 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: ca. 1,85 g/cm<sup>3</sup> (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).
- Systemschelle "RAUCLAMP FIX" (schwarze Gummieinlage) sowie eine einzelne "RAUCLAMP SLD" als Führungsschelle (Losschelle, schwarz-graue Gummieinlage) der Fa. REHAU, alle Schellen mit Schnellverschluss. Je Stockwerk (EG, UG) wurden zwei Rohrschellen angebracht. Im oberen Wandbereich eine "RAUCLAMP FIX" und im unteren Wandbereich eine Führungsschelle "RAUCLAMP SLD". Die Fest- und Führungsschellen wurden durch eine ein Punkt Befestigung an der Installationswand mittels Stocksrauben und Kunststoffdübel befestigt.

Der Aufbau des Abwassersystems (vgl. Bild 2 und 3 sowie Anhang A) erfolgte durch einen vom Fraunhofer IBP beauftragten Handwerksbetrieb / durch einen Mitarbeitenden des Fraunhofer IBP.



**Prüfstand:** Installationsprüfstand P12, flächenbezogene Masse der Installationswand: 220 kg/m<sup>2</sup>, Installationsräume: KG, UG vorne, EG vorne und DG, Messräume: UG vorne, UG hinten (genaue Beschreibung in Anhang P und DIN EN 14366-1:2023-09).

**Prüfverfahren:** Versuchsaufbau und Messung nach DIN EN 14366-1. Anregung durch stationären Wasserdurchfluss mit 0,5 l/s, 1,0 l/s, 2,0 l/s und 4,0 l/s. Gemessene und berechnete Werte: Luftschalleistungspegel und einzelner äquivalenter Kurzschlusskraftpegel (Ergebnisblatt 1), einzelner äquivalenter freie Schnellepegel und Betrag der einzelnen äquivalenten Quelladmittanz (Ergebnisblatt 2). Details siehe Anhang A und Anhang F.

**Produktvergleich: Berechnete Einzahlwerte (SNQ):** Bitte nutzen Sie die berechneten Werte nach DIN EN 12354-5:2023-08, Anhang G.4 auf Ergebnisblatt 3 zu Marketingzwecken, mit Angabe des Volumenstroms, der Montagebedingungen und verwendeten Rohrschellen. Auf Tabellenblatt 1 sind zusätzlich die Prognoseergebnisse für den Installationsprüfstand P12 am Fraunhofer IBP in Stuttgart dargestellt.

**Bemerkungen:** -

**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

Prüfaufbau, Prüfstand und Prüfverfahren siehe Seite 1.

**Ergebnisse:** Der Luftschalleistungspegel und einzelne äquivalente Kurzschlusskraftpegel werden genutzt um Prognosen nach DIN EN 12354-5 in Gebäuden in Massivbauweise durchzuführen (siehe Beispiel auf Ergebnisblatt 3). Einzelner äquivalenter freie Schnellepegel und Betrag der einzelnen äquivalenten Quelladmittanz für den allgemeinen Fall siehe Ergebnisblatt 2.

Fall " $\leq$ " in der Tabelle siehe Anhang F.

f [Hz]	Luftschalleistungspegel			
	L <sub>Wa</sub> [dB rel. 10 <sup>-12</sup> W]			
	0,5 l/s	1,0 l/s	2,0 l/s	4,0 l/s
50	20,2	27,4	30,8	35,6
63	26,6	31,6	32,7	40,0
80	37,5	42,4	42,8	45,2
100	33,8	38,5	39,2	43,4
125	30,2	34,5	35,9	41,7
160	29,0	33,3	34,9	39,7
200	28,6	32,9	34,0	38,2
250	29,7	33,1	33,6	37,9
315	33,9	36,2	36,1	39,1
400	35,5	37,2	37,0	38,7
500	36,6	38,4	38,2	40,9
630	35,9	38,5	39,3	42,8
800	37,0	39,5	40,9	44,9
1000	34,9	37,7	39,9	44,1
1250	32,3	36,3	40,1	44,0
1600	33,4	37,7	41,7	44,5
2000	37,1	40,5	43,3	45,4
2500	39,2	42,6	44,7	46,5
3150	40,5	43,2	45,2	47,2
4000	41,9	44,3	46,2	48,0
5000	42,3	44,9	45,2	46,8

f [Hz]	einzelner äquivalenter Kurzschlusskraftpegel			
	L <sub>Fb,eq</sub> [dB rel. 10 <sup>-6</sup> N]			
	0,5 l/s	1,0 l/s	2,0 l/s	4,0 l/s
50	≤ 92,3	97,7	100,0	106,4
63	92,1	95,8	99,2	105,1
80	101,4	107,0	108,8	112,3
100	95,0	98,8	99,2	104,2
125	91,4	95,1	95,5	99,3
160	83,0	86,8	87,4	92,1
200	79,2	82,4	83,1	86,6
250	78,2	81,3	83,4	86,6
315	78,6	81,4	82,8	85,8
400	81,6	82,7	85,7	88,2
500	76,4	78,0	80,8	83,9
630	71,4	73,6	75,9	79,8
800	67,7	70,4	73,2	77,6
1000	67,1	71,0	73,5	77,5
1250	68,2	74,0	75,8	79,1
1600	68,4	73,3	74,6	77,8
2000	68,5	71,7	72,1	74,5
2500	≤ 64,4	66,3	66,7	69,0
3150	≤ 60,2	≤ 61,1	≤ 61,9	≤ 63,4
4000	≤ 59,2	≤ 59,7	≤ 60,5	≤ 61,8
5000	≤ 59,5	≤ 60,0	≤ 60,4	≤ 61,3

Bemerkungen: -



**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

Prüfaufbau, Prüfstand und Prüfverfahren siehe Seite 1.

**Ergebnisse:** Der einzelne äquivalente freie Schnellepegel und Betrag der einzelnen äquivalenten Quelladmittanz werden zusätzlich benötigt um Prognosen nach DIN EN 12354-5 im allgemeinen Fall durchzuführen (hauptsächlich Gebäude in Leichtbauweise, siehe Beispiel auf Ergebnisblatt 3). Luftschalleistungspegel und einzelner äquivalenter Kurzschlusskraftpegel siehe Ergebnisblatt 1.

Fall " $\leq$ " in der Tabelle siehe Anhang F.

f [Hz]	einzelner äquivalenter freier Schnellepegel $L_{v,f,eq}$ [dB rel. $10^{-9}$ m/s]			
	0,5 l/s	1,0 l/s	2,0 l/s	4,0 l/s
50	98,9	101,2	106,4	112,8
63	98,6	98,1	102,9	108,7
80	94,4	95,3	99,5	102,2
100	90,5	91,7	94,7	97,9
125	85,8	88,6	92,6	97,4
160	86,5	87,8	91,8	97,5
200	85,8	89,7	92,9	96,7
250	86,3	91,4	93,7	96,8
315	84,9	89,1	92,4	96,0
400	85,2	88,0	91,3	95,4
500	83,5	85,5	88,9	92,7
630	77,5	81,7	83,8	87,4
800	70,5	73,9	77,2	81,0
1000	67,1	70,5	73,7	77,9
1250	65,4	68,0	71,9	75,6
1600	67,2	70,0	74,1	77,0
2000	61,3	64,4	67,8	70,3
2500	57,8	59,7	62,2	64,6
3150	50,2	54,7	56,5	59,0
4000	45,8	52,2	53,3	56,0
5000	41,9	46,5	47,7	50,1

f [Hz]	Betrag der einzelnen äquivalenten Quelladmittanz $ Y_{s,eq} $ [ $10^{-4}$ m/sN]			
	0,5 l/s	1,0 l/s	2,0 l/s	4,0 l/s
50	21,4	14,8	20,8	20,7
63	21,1	13,0	15,3	15,2
80	4,5	2,6	3,4	3,1
100	6,0	4,4	5,9	4,8
125	5,3	4,7	7,1	8,0
160	15,0	11,3	16,6	18,6
200	21,3	23,2	30,9	32,1
250	25,2	31,8	32,7	32,3
315	20,8	24,3	30,3	32,2
400	15,2	18,3	19,0	22,8
500	22,5	23,7	25,4	27,5
630	20,0	25,4	24,7	24,0
800	13,7	15,0	15,7	14,8
1000	10,0	9,5	10,3	10,4
1250	7,2	5,0	6,4	6,7
1600	8,8	6,8	9,5	9,1
2000	4,4	4,4	6,1	6,1
2500	4,6	4,7	5,9	6,0
3150	3,2	4,8	5,3	6,0
4000	2,2	4,2	4,4	5,1
5000	1,3	2,1	2,3	2,7

Bemerkungen: -





**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

Montagebedingungen siehe Seite 1.

**Nach DIN EN 14366-1 werden zwei Größen für den Produktvergleich von Abwassersystemen**

- herangezogen:** - A-bewerteter Luftschalleistungspegel für den abgestrahlten Luftschall im Sende-/Installationsraum,  
 - A-bewerteter resultierender Luftschalldruckpegel in einem Empfangsraum im Gebäude.

In den beiden unten gegebenen Beispielgebäuden werden die Einzahlkennwerte (SNQ – Single Number Quantities) berechnet. Jeweils einer für Gebäude in Massivbauweise und einer für Gebäude in Leichtbauweise. Details zu den Beispielgebäuden sind in DIN EN 12354-5 (Anhang G.4) angegeben.

Die hier ermittelten SNQ dürfen jedoch nicht im Zusammenhang mit Anforderungen in anderen Gebäuden verwendet werden. Eine Prognose für beliebige bzw. reale Gebäude soll gemäß DIN EN 12354-5 durchgeführt werden.

**a) Gebäude in Massivbauweise (DIN EN 12354-5, Anhang G.4.2):**

Die Massivbaukonstruktion besteht aus 18 cm dicken Betondecken und Trennwänden mit einer Flächenbezogenen Masse von 220 kg/m<sup>2</sup>. Die Werte für L' <sub>n,wall</sub> sind in Tabelle G.12 in DIN EN 12354-5 (Anhang G) für die horizontale Körperschallübertragung, wie in Bild G.6 dargestellt, angegeben und werden für die Berechnung der SNQ in der Tabelle unten verwendet.

**b) Gebäude in Leichtbauweise (DIN EN 12354-5, Anhang G.4.3):**

Das Gebäude besteht aus einer Holzrahmenkonstruktion und die Trenn-/Installationswand ist vergleichbar mit der aus G.3.1, aber mit Holzständern, deren Admittanz, welche für die Berechnung der installierten Körperschalleistung benötigt wird, ist in Tabelle G.14 angegeben. Die Werte für L' <sub>ne,s,0,wall</sub> sind in Tabelle G.13 in DIN EN 12354-5 (Anhang G) für die horizontale Körperschallübertragung, wie in Bild G.6 dargestellt, angegeben und werden für die Berechnung der SNQ in der Tabelle unten verwendet.

Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

Berechnete Einzahlkennwerte (SNQ), Eingangsdaten siehe Ergebnisblatt 1 und 2.	Volumenstrom [l/s]			
	0,5	1,0	2,0	4,0
<b>A-bewerteter Luftschalleistungspegel</b> L <sub>Wa,A</sub> (50 Hz – 5 kHz) [dB] im Installationsraum (Senderraum)	49,5	52,4	54,2	56,5
<b>a) Bsp. SNQ für Gebäude in Massivbauweise nach DIN EN 12354-5, Anhang G.4.2:</b> Resultierender Luftschalldruckpegel (Empfangsraum) L' <sub>ne,s,A</sub> (50 Hz – 3150 Hz) [dB]	12,5	16,0	17,7	21,3
<b>b) Bsp. SNQ für Gebäude in Leichtbauweise nach DIN EN 12354-5, Annex G.4.3:</b> Resultierender Luftschalldruckpegel (Empfangsraum) L' <sub>ne,s,A</sub> (50 Hz – 2500 Hz) [dB]	20,0	23,8	25,9	29,4

**Bemerkungen:** - Die hier ermittelten Einzahlkennwerte dürfen nicht im Zusammenhang mit Anforderungen in anderen Gebäuden verwendet werden.

- L' <sub>ne,s,A</sub> entspricht einem L<sub>Aeq,n</sub>.
- Bitte nutzen Sie diese Werte zu Marketingzwecken, mit Angabe des Volumenstroms, der Montagebedingungen und verwendeten Rohrschellen.
- Schallpegel unter 10 dB(A) werden nicht angegeben, da sie eine erhöhte Messunsicherheit aufweisen und außerdem in normaler Wohnumgebung nicht wahrnehmbar sind.



**Prüfobjekt:** Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

Montagebedingungen siehe Seite 1.

**Prognosemethode:**

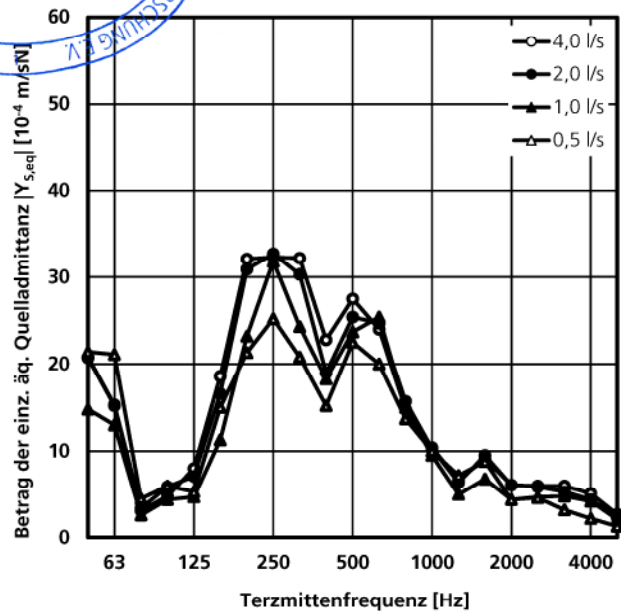
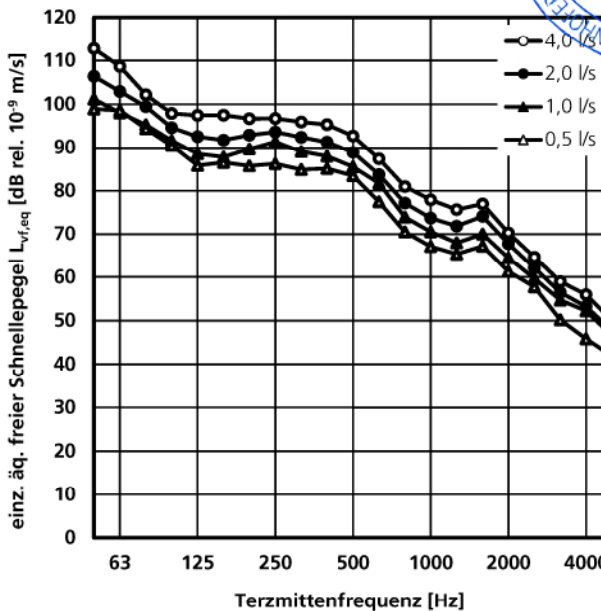
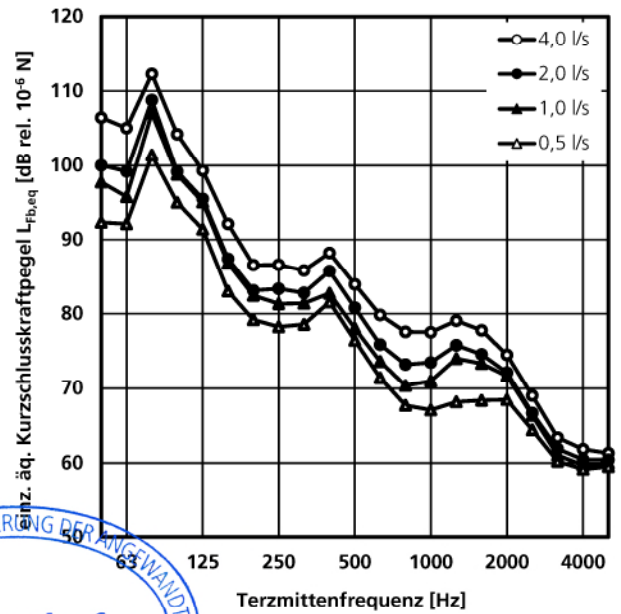
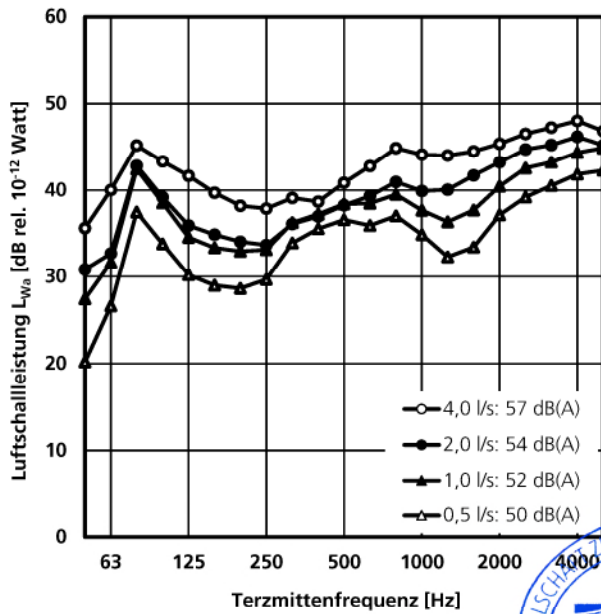
In diesem Fall werden die Prognosewerte mithilfe einer gemessenen Übertragungsfunktion gemäß DIN EN ISO 10848 für die Übertragung vom Senderraum zum Empfangsraum im Prüfstand P12 am Fraunhofer IBP in Stuttgart berechnet. Für die Prognose wird nur der durch Körperschall übertragene Schall berücksichtigt, da in diesem Fall die Luftschallübertragung für den SNQ vernachlässigbar ist.

**Zugrundeliegende Bausituation für diese Prognose:**

In diesem Fall basieren die Berechnungen auf der Gebäudesituation im Prüfstand P12 am Fraunhofer IBP in Stuttgart. Details siehe Anhang P. Der Senderraum ist der vordere Raum im Untergeschoss des Prüfstands ("UG vorne") und der Empfangsraum ist der horizontal dazu liegende Raum ("UG hinten"). Alle Böden/Decken und alle flankierenden Wände zur Installationswand bestehen aus 19 cm dickem Beton (flächenbezogene Masse ca. 440 kg/m<sup>2</sup>). Die Installationswand ist eine auf beiden Seiten verputzte Mauer aus 11,5 cm dicken Kalksandsteinen (flächenbezogene Masse ca. 220 kg/m<sup>2</sup>).

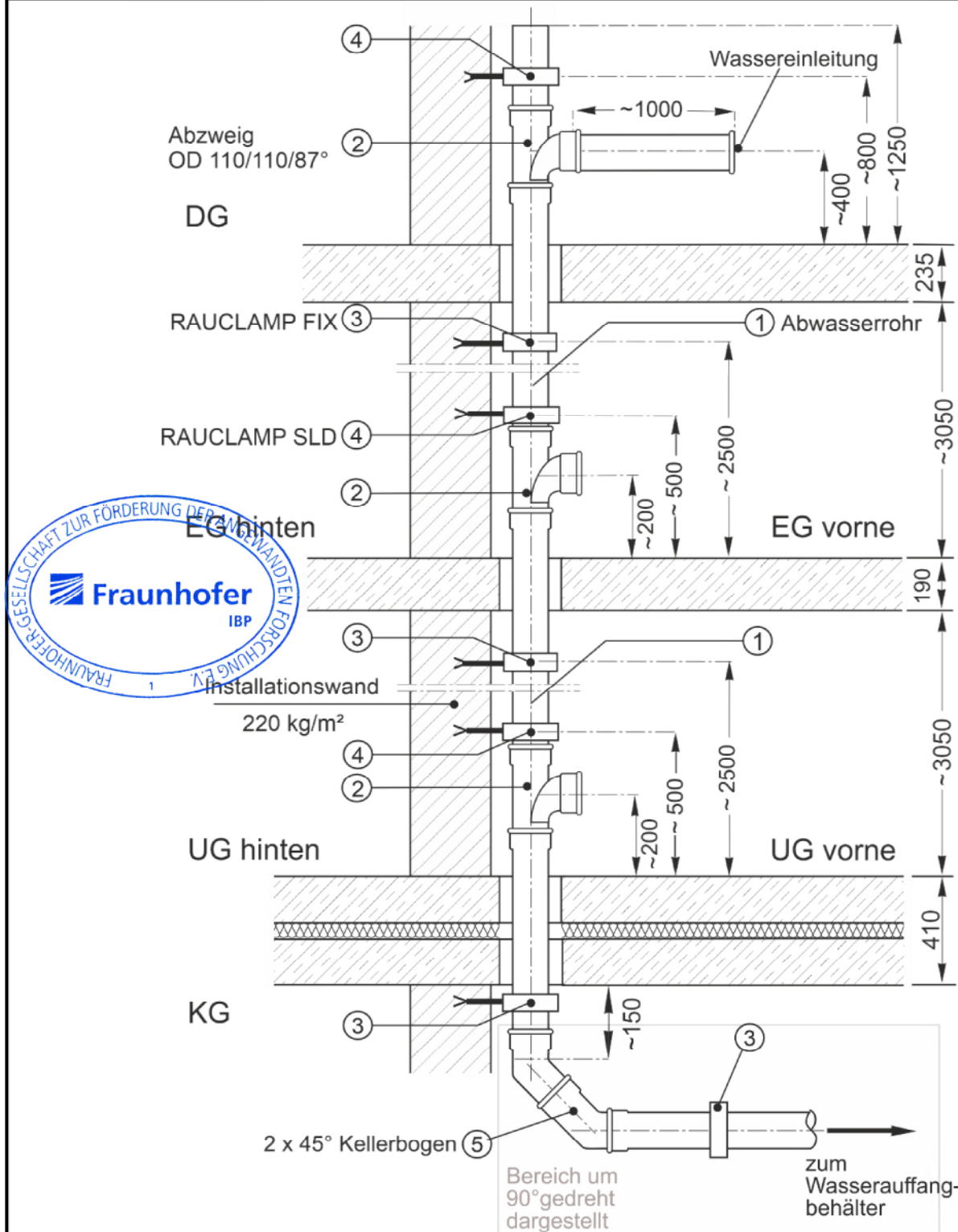
#	Eingangsdaten für die Prognose: - Quelldaten des Abwassersystems, siehe Ergebnisblatt 1 und 2, - Verwendete Bausituation, siehe oben.	Volumenstrom [l/s]				
		0,5	1,0	2,0	4,0	
Norm-Schalldruckpegel $L_{Aeq,n}$ [dB] – Installations-Schallpegel						
1	$L_{Aeq,n,50} - 5000$ Hz	Senderraum	45,5	48,4	50,2	52,5
		Empfangsraum	13,7	16,8	18,5	22,0
2	$L_{Aeq,n,100} - 5000$ Hz	Senderraum	45,5	48,4	50,2	52,5
		Empfangsraum	13,4	16,1	17,8	21,2
Standard-Schalldruckpegel $L_{Aeq,nT}$ [dB] – Installations-Schallpegel						
3	$L_{Aeq,nT,50} - 5000$ Hz	Senderraum	43,3	46,1	48,0	50,3
		Empfangsraum	10,2	13,2	14,9	18,4
4	$L_{Aeq,nT,100} - 5000$ Hz	Senderraum	43,3	46,1	48,0	50,3
		Empfangsraum	< 10	12,6	14,3	17,7

**Bemerkungen:** - Ergebnisse aus Zeile #2 entsprechen den DIN 4109-Werten und aus Zeile #4 den VDI 4100-Werten in alten Prüfberichten.  
 - Die hier ermittelten Einzahlwerte dürfen nicht im Zusammenhang mit Anforderungen für andere Gebäude wie der oben beschriebenen Gebäudesituation verwendet werden. Eine Prognose kann für beliebige Gebäudesituationen entsprechend durchgeführt werden.  
 - Schallpegel unter 10 dB(A) werden nicht angegeben, da sie eine erhöhte Messunsicherheit aufweisen und außerdem in normaler Wohnumgebung nicht wahrnehmbar sind.



Frequenzspektrum des Luftschalleistungspegels (oben links), des einzelnen äquivalenten Kurzschlusskraftpegels (oben rechts), des einzelnen äquivalenten freien Schnellepegels (unten links) und des Betrags der einzelnen äquivalenten Quelladmittanz (unten rechts) gemessen bei verschiedenen Volumenströmen **nach DIN EN 14366-1**.

Prüfobjekt: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)



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

Prüfobjekt: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)





Oben links: Abwassersystem im Raum UG vorne.

Oben rechts: Abzweig und Rohrschelle ("RAUCLAMP SLD") im unteren Wandbereich.

Unten links: Rohrschelle "RAUCLAMP FIX" im oberen Wandbereich.

Unten rechts: Zwei 45° Bögen und Festschellen im Kellergeschoss.

Prüfobjekt: Abwassersystem aus Kunststoff "RAUPIANO PLUS" (OD 110 x 2,7) der Fa. REHAU, mit der Systemschelle "RAUCLAMP FIX". Montage der Rohrschellen siehe Prüfaufbau und Bilder 2 und 3. (Prüfobjekt S 12365-4)

## **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  $Q_{\text{max}} = 4 \text{ l/s}$  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 Geräuschemessungen 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

$u_{\text{situ}}$  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

### Bestimmung der Luftschallgrößen

Der gemessene Schalldruckpegel liegt als zeitlich und räumlich gemitteltetes Terzspektrum im Frequenzbereich von 50 Hz bis 5 kHz vor. Es wird zunächst eine Fremdgeräuschkorrektur durchgeführt. Anschließend wird das Messsignal auf eine äquivalente Bezugs-Schallabsorptionsfläche von  $A_0 = 10 \text{ m}^2$  normiert (Index n) und A-bewertet:

$$(1) \quad L_{i,\text{Aeq},n} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{i,\text{eq}}}{10}} - 10^{\frac{L_{i,\text{eq},\text{GG}}}{10}} \right) + 10 \lg \frac{A_i}{A_0} + k_{i,A} \quad [\text{dB}]$$

$L_{i,\text{Aeq},n}$	A-bewerteter Norm-Schalldruckpegel in der Terz i [dB]	
$L_{i,\text{eq}}$	räumlich gemittelter, energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel im Terzband i	[dB]
$L_{i,\text{eq},\text{GG}}$	räumlich gemittelter, energieäquivalenter Fremdgeräuschpegel im Terzband i	[dB]
$A_i = \frac{0,16 \cdot V_E}{T_i}$	äquivalente Schallabsorptionsfläche des Messraums im Terzband i	[m <sup>2</sup> ]
$V_E$	Volumen des Messraums	[m <sup>3</sup> ]
$T_i$	Nachhallzeit des Messraums im Terzband i	[s]
$k_{i,A}$	Korrektur der A-Bewertung im Terzband 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:

$$(2) \quad L_{\text{Aeq},n} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^{21} 10^{\frac{L_{i,\text{Aeq},n}}{10}} \right) \quad [\text{dB}]$$

$L_{\text{Aeq},n}$	A-bewerteter Norm-Schalldruckpegel	[dB]
--------------------	------------------------------------	------

wobei i die Nummer der Terzbänder von 50 Hz bis 5 kHz bezeichnet.

Der A-bewertete Standard-Schalldruckpegel  $L_{\text{Aeq},nT}$  im Empfangsraum ergibt sich analog nach Gleichung (1) mit

$$(3) \quad L_{\text{Aeq},nT} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_i}{10}} - 10^{\frac{L_{i,\text{GG}}}{10}} \right) + 10 \lg \frac{T_i}{T_0} + k(A)_i \quad [\text{dB}]$$

und kann aus dem Norm-Schalldruckpegel berechnet werden.

$$(4) \quad L_{\text{Aeq},nT} = L_{\text{Aeq},n} + 10 \lg \left( \frac{31,25}{V_E} \right) \quad [\text{dB}]$$

$L_{\text{Aeq},nT}$	der A-bewertete Standard-Schalldruckpegel	[dB]
$T_0$	die Bezugs-Nachhallzeit ( $T_0 = 0,5 \text{ s}$ )	[s]

Bestimmung der Luftschalleistung:

Die sich aus dem im Senderraum bestimmten Norm-Schalldruckpegel ergebende Schalleistung berechnet sich nach folgender Beziehung.

$$(5) \quad L_{W,a,total} = L_{Aeq,n} + 4 - k_A \quad [dB]$$

$L_{W,a,total}$  Gesamt-Schalleistungspegel [dB]

$L_{Aeq,n}$  A-bewerteter Norm-Schalldruckpegel im Senderraum [dB]

$k_{i,A}$  Korrektur der A-Bewertung im Terzband i [dB]

Die Schalleistung einer gebäudetechnischen Anlage (z. B. Abwasserinstallation) berechnet sich anschließend aus der sich aus dem im Senderraum bestimmten Norm-Schalldruckpegel ergebende gesamten Luftschalleitung abzüglich des Anteils der von der Gebäudestruktur abgestrahlten Leistung, ermittelt aus dem Norm-Schalldruckpegel im Empfangsraum, nach folgender Beziehung.

$$(6) \quad L_{W_a} = 10 \lg \left( 10^{\frac{L_{W_a,total}}{10}} - 10^{\frac{L_{W_a,struct}}{10}} \right) \quad [dB]$$

$L_{W_a}$  Luftschalleistungspegel der Quelle [dB]

$L_{W_a,total}$  Gesamt-Schalleistungspegel [dB]

$L_{W_a,struct}$  Pegel der Schalleistung ermittelt aus dem Norm-Schalldruckpegel im Empfangsraum [dB]

### Bestimmung der Körperschallgrößen

Bestimmung der Kurzschlusskraft:

Die einzelne äquivalente Kurzschlusskraft der Quelle (gebäudetechnische Anlage) wird indirekt, und zwar unter Anwendung des in DIN EN 15657 festgelegten Schalleistungersatz-Verfahrens bestimmt. Hierfür wird jeweils nach DIN EN ISO 10848-1 der Norm-Schalldruckpegel im Empfangsraum bei Anregung der gebäudetechnischen Anlage und bei Anregung durch die Referenzschallquelle mit bekannter Leistung gemessen.

$$(7) \quad L_{W_s} = 10 \lg \left( \sum_j 10^{\frac{L_{W_s,cal,j}}{10}} \right) + L_{\langle p \rangle} - 10 \lg \left( \sum_j 10^{\frac{L_{\langle p \rangle,cal,j}}{10}} \right) \quad [dB]$$

$L_{W_s}$  installierter Körperschalleistungspegel [dB]

$L_{W_s,cal,j}$  installierter Körperschalleistungspegel der Referenzschallquelle am Kontaktpunkt j [dB]

$L_{\langle p \rangle}$  räumlich gemittelter, energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel im Empfangsraum bei Betrieb der gebäudetechnischen Anlage [dB]

$L_{\langle p \rangle,cal,j}$  räumlich gemittelter, energieäquivalenter Dauerschalldruckpegel im Empfangsraum bei Betrieb der Referenzschallquelle am Kontaktpunkt j [dB]

Die einzelne äquivalente Kurzschlusskraft der Quelle wird anschließend aus der installierten Körperschalleistung und der arithmetisch gemittelten Eingangsadmittanz an den Kontaktpunkten des angeregten Bauteils berechnet.

$$(8) \quad L_{\text{Fb,eq}} \approx L_{\text{Ws}} - \left( 10 \lg \left( \text{Re}(Y_{\text{R,low,eq}}) / Y_0 \right) \right) \quad [\text{dB}]$$

$L_{\text{Fb,eq}}$	einzelner äquivalenter Kurzschlusskraftpegel der Quelle	[dB]
$L_{\text{Ws}}$	installierter Körperschalleistungspegel	[dB]
$Y_{\text{R,low,eq}}$	mittlere Eingangsadmittanz an den Kontaktpunkten des angeregten Bauteils	[ms/sN]
$Y_0$	Bezugswert der Admittanz ( $Y_0 = 1 \text{ ms/sN}$ )	[ms/sN]

Bestimmung der freien Schnelle:

Die einzelne äquivalente freie Schnelle wird nach DIN EN15657 direkt im Betrieb der Quelle aber bei freier Lagerung an den eigentlichen Kontaktstellen mit dem jeweiligen Bauteil gemessen.

$$(9) \quad L_{\text{vf,eq}} = 10 \lg \left( \sum_j 10^{\frac{L_{\text{vfj}}}{10}} \right) \quad [\text{dB}]$$

$L_{\text{vf,eq}}$	einzelner äquivalenter freier Schnellepegel der Quelle	[dB]
$L_{\text{vf,eq,j}}$	einzelner äquivalenter freier Schnellepegel der Quelle am Kontaktpunkt j	[dB]

Bestimmung der Quellenadmittanz:

Der Betrag der einzelnen äquivalenten Admittanz der Quelle wird nach DIN EN15657, anhand der einzelnen äquivalenten freien Schnelle der Quelle und der einzelnen äquivalenten Kurzschlusskraft der Quelle näherungsweise wie folgt bestimmt:

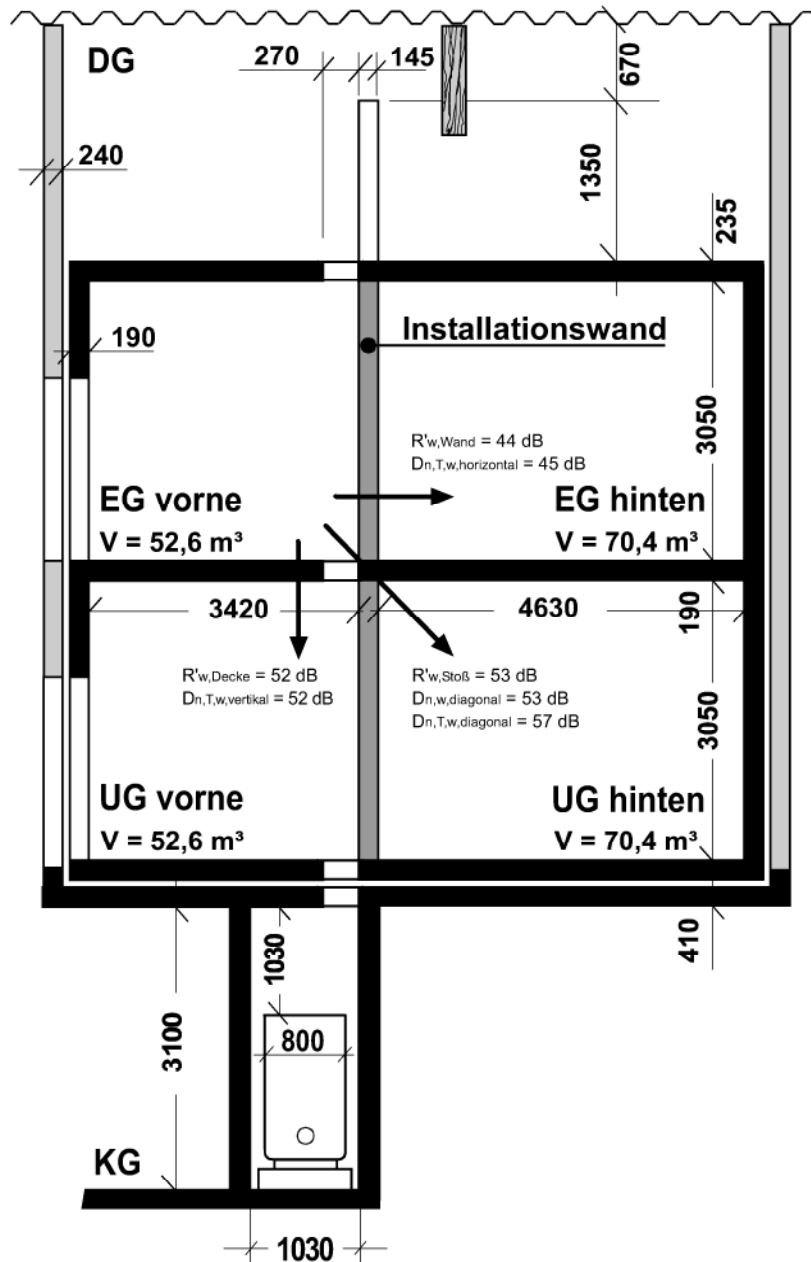
$$(10) \quad |Y_{\text{S,eq}}|^2 \approx 10 \lg \frac{(L_{\text{vf,eq}} - L_{\text{Fb,eq}})}{10} \cdot 10^{-6}$$

$Y_{\text{S,eq}}$	einzelne äquivalente Admittanz der Quelle	[ms/sN]
$L_{\text{vf,eq}}$	einzelner äquivalenter freier Schnellepegel der Quelle	[dB]
$L_{\text{Fb,eq}}$	einzelner äquivalenter Kurzschlusskraftpegel der Quelle	[dB]

### Erläuterung zur Angabe der Messergebnisse in den Ergebnisblättern

Ergebnisse, die in den Tabellen mit " $\leq$ " gekennzeichnet sind, weisen darauf hin, dass eine Fremdgeräuschkorrektur durchgeführt wurde. Dies bedeutet, dass das tatsächliche Ergebnis für den Prüfgegenstand kleiner als der gemessene Wert ist, jedoch mit der verwendeten Prüfeinrichtung nicht genauer ermittelt werden kann.

## 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  $220 \text{ kg/m}^2$  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  $440 \text{ kg/m}^2$ , 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	Beschreibung, Typ und Seriennummern	Hersteller
Analysator	Soundbook_MK2_8L, S.Nr. 07082 Software: Sinus Samurai Ver. 3.4.x	Sinus Messtechnik
½"-Mikrofon-Set	46 AF (Kapsel: Typ 40 AF-Free Field; Vorverstärker: Typ 26 TK) CH1: S.Nr. 97112 CH2: S.Nr. 58588 CH3: S.Nr. 58591 CH4: S.Nr. 58596	G.R.A.S
1"-Mikrofon-Set	40HF (Kapsel: Typ 40EH-LowNoise; Vorverstärker: Typ 26HF; Speisemodul: Typ 12HF) CH 1: S.Nr. 201166 und S.Nr. 207665 CH 2: S.Nr. 201167 und S.Nr. 207666 CH 3: S.Nr. 60860 und S.Nr. 43399 CH 4: S.Nr. 40943 und S.Nr. 77978	G.R.A.S
Mikrofon-Kalibrator	4231, S.Nr. 2594557	Bruel & Kjær
Beschleunigungsaufnehmer (IEPE)	352B, S.Nr. 215542, S.Nr. 215543, S.Nr. 215544, S.Nr. 231003	PCB Piezotronics, Inc.
Kraftaufnehmer (IEPE)	208C02, S. Nr. LW58707	PCB Piezotronics, Inc.
Körperschall-Kalibrator	VC11, S.Nr. 091458	MMF
Verstärker	LBB 1935/20, S.Nr. 405025800300113361	Bosch Plena
Lautsprecher	MLS 82	Lanny
Vergleichsschallquelle	4204, S.Nr. 317484	Bruel & Kjær
Norm-Trittschall-Hammerwerk	211, S.Nr. 12958	Norsonic
Durchflussmessgerät	PROMAG W 50W40, S.Nr. 6A07D519000	Endress+Hauser
Drucksensoren	SITRANS P200, S.Nr. LKKK205852010120	Siemens

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.

## Messbedingungen

Die Messungen werden unter folgenden klimatischen Bedingungen durchgeführt:

Lufttemperatur: 18 – 23°C

relative Luftfeuchtigkeit: 35 – 65%

statischer Luftdruck: 950 – 990 hPa