

Bauaufsichtlich anerkannte Stelle  
für Prüfung, Überwachung und  
Zertifizierung  
Zulassung neuer Baustoffe, Bauteile  
und Bauarten  
Forschung, Entwicklung,  
Demonstration und Beratung auf  
den Gebieten der Bauphysik

Institutsleitung  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerd Hauser  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus Sedlbauer

## Prüfbericht P-BA 117-1/2007

# Geräuschverhalten eines bodenebenen Duschsystems im Prüfstand (nach DIN 4109 und ÖNORM B 8115-2)

**Antragsteller:** poresta systems GmbH  
Illbruckstr. 1  
34537 Bad Wildungen

**Prüfobjekt:** Duschsystem "poresta BF KMK 1200 x 1200 x 50" der  
Firma poresta systems GmbH

Tabelle 1: Zusammenfassung der Ergebnisse  
Tabelle 2: Detailergebnisse (bew. Trittschallminderung)  
Bild 1: Messaufbau  
Anhang B1: Messdurchführung und Beurteilungsgrößen  
Anhang F: Auswertung der Messung  
Anhang G: Aussagefähigkeit der Messergebnisse  
Anhang P: Beschreibung des Prüfstands

Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch das DAP mit der Nr. DAP-PL-3743.26 akkreditiert ist. Prüfobjekt und Messergebnisse sind identisch mit denjenigen von Prüfbericht P-BA 117/2007. Neuausstellung des Prüfberichts aufgrund Änderung des Firmennamens des Auftraggebers.

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

Stuttgart, 2. Juli 2012

Bearbeiter

Prüfstellenleiter:

Dipl.-Ing. (FH) J. Mohr

Dr. rer. nat. L. Weber



# Bestimmung des Installations-Schallpegels $L_{in}$ im Prüfstand

P-BA 117-1/2007  
Tabelle 1

- Auftraggeber:** poresta systems GmbH, Illbruckstr. 1, 34537 Bad Wildungen
- Prüfobjekt:** Duschsystem "poresta BF KMK 1200 x 1200 x 50 mm" montiert auf Rohboden mit dem "Poresta Schallschutzset BEDS Grundset 1" der Firma poresta systems GmbH.
- Prüfaufbau:** Bodenebenes Duschsystem "poresta BF KMK 1200 X 1200 X 50mm" mit poresta BF Unterbauelement und "poresta Schallentkopplungsmatte".  
Poresta Schallentkopplungsmatte (Dicke 5mm) mit Fliesenkleber (poresta Profi-Flex Schnellkleber) vollflächig mit dem Rohboden verklebt. Das poresta BF Unterbauelement (80mm Höhe) ist punktuell (4 Verklebungsflächen an den Eckpunkten, Abmessung ca. 10 X 10 cm) auf die poresta Schallentkopplungsmatte geklebt (poresta Profi-Flex Schnellkleber). Das Duschsystem wurde vollflächig (mit poresta Profi-Flex Schnellkleber) auf das Unterbauelement geklebt. Genaue Darstellung des Aufbaus s. Bild 1.  
Aufbau eines schwimmenden Teilestrichs um das Duschsystem herum, bestehend aus Isover-Dämmplatte Akustic EP 1, 40 mm; Isover-Exporit Bodendämmplatte 040, 50 mm; Schnellestrich PCI Novoment M1 plus, 40 mm. Der Bereich zwischen Duschsystem und der Wand, sowie dem schwimmenden Estrich war mit einem Randdämmstreifen (Dicke 8 mm) versehen und der Anschluss des Duschsystems mit dem poresta BF KMK Abdichtsystem zu den Wänden bzw. am Estrich eingedichtet und danach verflies. Das Duschsystem war umlaufend mit handelsüblichem Silikon (Aushärtezeit: 3 Tage) versiegelt. Die Ableitung des Abwassers erfolgte geräuscharm.  
Die Montage des Duschsystems erfolgte durch den Auftraggeber entsprechend der Einbauanleitung der Fa. poresta systems GmbH. Der Aufbau des schwimmenden Teilestrichs erfolgte durch einen Handwerksbetrieb.
- Prüfstand:** Installationsprüfstand P12, Flächenmasse der Installationswand: 220 kg/m<sup>2</sup>, Installationsraum: EG vorne. Messräume: UG vorne, UG hinten (schutzbedürftiger Raum nach DIN 4109), EG hinten, (genaue Beschreibung im Anhang P).
- Prüfverfahren:** Messung in Anlehnung an DIN 52 219 mit Anregung durch ein Körperschallgeräuschnormal (KGN) sowie durch verschiedene Brauseköpfe (genaue Beschreibung in den Anhängen B, F u. G). Die Trittschallminderung des Duschsystems wurde in Anlehnung an DIN EN ISO 140-8 bestimmt. Zusätzliche Auswertung der Messergebnisse zur Beurteilung nach ÖNORM B 8115-2: 2006.

## Ergebnis:

Installations-Schallpegel $L_{in}$ in dB(A) nach DIN 4109/A1:2001			
Anregung	Messraum		
	UG vorne (darunter)	UG hinten (diagonal)	EG hinten (angrenzend)
Anregung: KGN auf Duschsystem (15,8 l/min)	31 <sup>1)</sup>	26	30 <sup>1)</sup>
Duschkopf "DuoJet-S" der Fa. Hansa in Einstellung "Soft" (15,6 l/min) <sup>2)</sup>	27 <sup>1)</sup>	23	27 <sup>1)</sup>
Duschkopf "DuoJet-S" der Fa. Hansa in Einstellung "Nadel" (12 l/min)	22 <sup>1)</sup>	18	22 <sup>1)</sup>
Anlagengeräuschpegel $L_{Aeq,NT}$ in dB(A) nach ÖNORM B 8115-2			
Anregung: KGN auf Duschsystem (15,8 l/min)	29	23	27
Duschkopf "DuoJet-S" der Fa. Hansa in Einstellung "Soft" (15,6 l/min) <sup>2)</sup>	25	20	23
Duschkopf "DuoJet-S" der Fa. Hansa in Einstellung "Nadel" (12 l/min)	20	14	19

<sup>1)</sup> EG hinten und UG vorne sind keine schutzbedürftigen Räume. Die Anforderungen der DIN 4109 gelten in der vorliegenden Grundrissituation nur für den Raum UG hinten.

<sup>2)</sup> diese Einstellung wurde in Vorversuchen als der lauteste Betriebszustand ermittelt.

**Prüfdatum:** 8. und 9. Februar 2007

**Bemerkung:** - Die KGN-Anregung liegt hinsichtlich des erzeugten Geräuschpegels an der Obergrenze handelsüblicher Brauseköpfe.



Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch das DAP mit der Nr. DAP<sub>2</sub>PL-3743.26 akkreditiert ist.  
Stuttgart, den 2. Juli 2012  
Prüfstellenleiter: *J. V. Schwan*



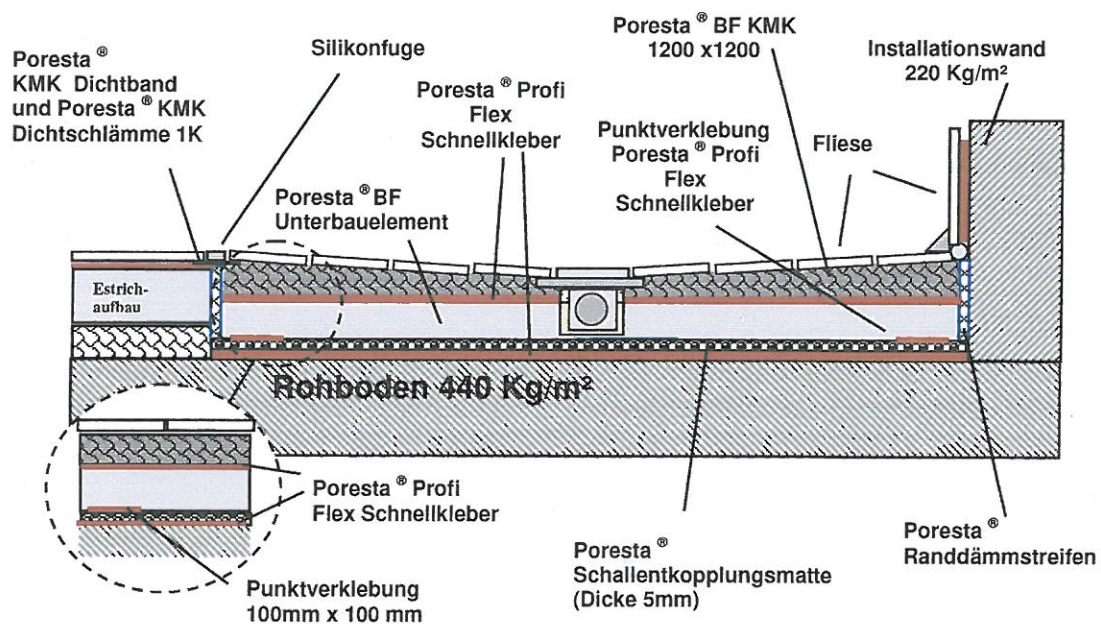
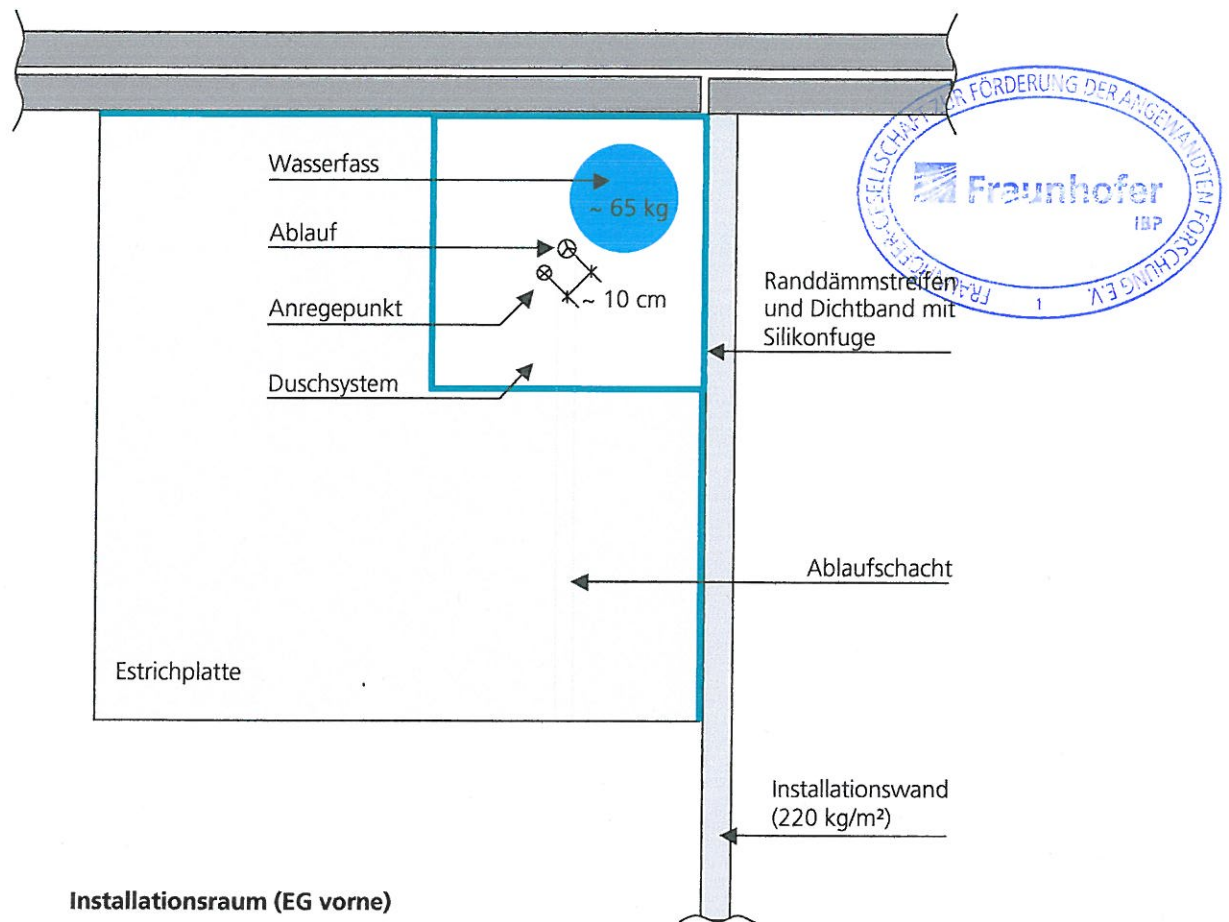
**Tabelle 2**

Bewertete Trittschallminderung des Duschsystems in Anlehnung an DIN EN ISO 140-8 bei Anregung mit einem Norm-Trittschallhammerwerk im Raum EG vorne. Beschreibung des Versuchsaufbaus siehe Tabelle 1 und Bild 1.

Messraum	bewertete Trittschallminderung und Spektrum-Anpassungswert nach DIN EN ISO 717, Teil 2, $\Delta L_w (C_{1, \Delta 100-2500})$ [dB]
UG hinten (diagonal)	17 (-12)
EG hinten (horizontal)	15 (-9)
UG vorne (vertikal)	18 (-12)



Die Prüfung wurde in einem Prüflaboratorium des IBP durchgeführt, das nach DIN EN ISO/IEC 17025 durch das DAP mit der Nr. DAP-PL-3743.26 akkreditiert ist.



**Bild 1** Lage des Duschsystems im Installationsraum (oben) und Schnittzeichnung des Duschsystems ohne Estrichanschluss (unten, Zeichnung des Antragstellers).

## Messdurchführung und Beurteilungsgrößen

Die Messungen werden in Anlehnung an DIN EN ISO 10052, DIN 4109-11 und DIN 4109 durchgeführt, in denen die Messung von Geräuschen der Wasserinstallation in Gebäuden beschrieben wird. Die Geräuschanregung erfolgt mit einem im Fraunhofer-Institut für Bauphysik entwickelten und erprobten Körperschallgeräuschnormal (KGN), das ein genormtes Installationsgeräuschnormal nach DIN EN ISO 3822-1 zur Strahlbildung verwendet. Das KGN erzeugt einen konstanten Wasserstrahl, der unter genau definierten geometrischen Bedingungen auf das Prüfobjekt trifft und so eine praxisgerechte und reproduzierbare Geräuschanregung ermöglicht. Durch die Verwendung des KGN als einheitliche Anregungsquelle lässt sich das Geräuschverhalten unterschiedlicher Sanitärobjekte direkt miteinander vergleichen. Das KGN wird mit einem Fließdruck von 0,3 MPa betrieben, wobei sich ein Wasserdurchfluss von 0,26 l/s ergibt.

Die mit dem KGN gemessenen Werte liegen bei allen Anregungsarten an der oberen Grenze der bei der Verwendung handelsüblicher Brauseköpfe und Auslaufarmaturen auftretenden Schalldruckpegel. Durch Variation des Anregungsortes und der Füllhöhe kann sowohl das beim Duschen entstehende Aufprallgeräusch des Wasserstrahls auf die Objekt- bzw. Wasseroberfläche, als auch das beim Befüllen einer Wanne entstehende Geräusch nachgebildet werden. Hierbei kann auf folgende Arten angeregt werden:

### KGN auf Sanitärobjekt (Wasserstrahl-Prallgeräusche)

Das KGN wird in einer Höhe von 50 cm über dem Prüfkörper angebracht und so justiert, dass der Wasserstrahl senkrecht von oben in 10 cm Abstand vom Ablauf auftrifft. Die Messung erfolgt bei geöffnetem Ablauf, so dass der Wasserstrahl auf die Objekt-oberfläche trifft.

### KGN als Wannenfüllarmatur (Wassereinlauf bei Badewannen)

Das KGN wird an der Stelle angebracht, an der sich der Auslauf einer handelsüblichen Wannenfüllarmatur befindet. Die Höhe des KGN über dem Wannenhoden beträgt 50 cm und der Strahl zeigt senkrecht nach unten. Das KGN wird bei geschlossenem Ablauf solange betrieben, bis die Wanne gefüllt ist. Sollen die Abflussgeräusche gesondert betrachtet werden, kann eine zusätzliche Messung beim Entleeren der Wanne durchgeführt werden. Die Messung der Füllgeräusche mit dem KGN kann ergänzend zu den oben beschriebenen Wasserstrahl-Prallgeräuschen durchgeführt werden.

### Handelsübliche Brauseköpfe oder Auslaufarmaturen

Alternativ können an Stelle des KGN auch handelsübliche Brauseköpfe oder Auslaufarmaturen zur Anregung des Prüfobjektes verwendet werden. Der Brausekopf wird in einer Höhe von 100 cm über dem Sanitär-objekt angebracht und so justiert, dass der Wasserstrahl senkrecht von oben in 10 cm Abstand vom Ablauf auftrifft. Auf Grund der Vielzahl der im Handel erhältlichen Brauseköpfe und Armaturen und ihrer unterschiedlichen Einstellungsmöglichkeiten ist hierbei allerdings keine allgemein gültige Aussage über den Installations-Schallpegel möglich.

Anregung durch Aggregate (nur bei Whirlwannen)

Das Prüfobjekt wird durch die eingebauten Aggregate (Pumpen, etc.) angeregt, wobei in der Regel verschiedene Betriebszustände möglich sind. Es wird der "lauteste Betriebszustand" bestimmt. Die Whirlwanne ist dabei bis ca. 5 cm unterhalb des Überlaufs mit Wasser gefüllt.

Allgemeine Angaben zur Messung

Um den Einfluss der Belastung des Sanitärobjektes durch eine Person zu berücksichtigen, werden alle Messungen (außer bei Whirlwannen und beim Wassereinfluss) mit einer statischen Vorlast durchgeführt. Dazu wird ein mit 60 l Wasser gefülltes Kunststofffass auf zwei mit Gummi unterlegten Mauersteinen auf die Objektoberfläche gestellt. Das Gewicht der Last beträgt ca. 65 kg, die Aufstandsfläche ca.  $2 \times 200 \text{ cm}^2$ .

Die Ableitung des Abwassers erfolgt geräuscharm über körperschallisolierte Rohre. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Abwassergeräusche keinen Einfluss auf die gemessenen Schalldruckpegel haben.

Bei stationären Geräuschen wird der Schalldruckpegel abweichend von DIN EN ISO 10052 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. Der auf diese Weise ermittelte Wert ( $L_{A\text{F}eq,10}$ ) wird als Installations-Schallpegel  $L_{In}$  im Prüfstand herangezogen.

Bei zeitlich veränderlichen Geräuschen (z.B. WC-Spülung, KGN als Wannenfüllarmatur) wird nur an einer Mikrofonposition gemessen und der Zeitverlauf des Schalldruckpegels während des Vorgangs aufgezeichnet.

Der im Prüfbericht angegebene Installations-Schallpegel  $L_{In}$  wird nach Anhang F ermittelt. Bei stationäre Signalen (z.B. Wasserstrahl-Prallgeräusche), wird abweichend von DIN 4109-11 und DIN EN ISO 10052 nicht der Maximalwert ( $L_{A\text{F}max,n}$ ) sondern der zeitlich und räumlich gemittelte Pegel ( $L_{A\text{F}eq,10}$ ) gemessen. Entsprechend wird bei Messungen nach ÖNORM B 8115-2: 2006 nicht der Maximalwert ( $L_{A\text{F}max,nT}$ ) sondern der zeitlich und räumlich gemittelte Pegel ( $L_{A\text{F}eq,nT}$ ) 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  $L_{A\text{F}max,n}$  und  $L_{A\text{F}eq,10}$  bzw. zwischen  $L_{A\text{F}max,nT}$  und  $L_{A\text{F}eq,nT}$  im Normalfall maximal 2-3 dB beträgt.

Bei zeitlich veränderlichen Geräuschen (z. B. WC-Spülung) wird auch im Prüfstand der Maximalpegel gemessen. Die hierfür im Prüfbericht angegebene Messgröße  $L_{A\text{F},10}$  (entspricht dem Installations-Schallpegel  $L_{In}$ ) ist gleichbedeutend mit dem Maximalpegel  $L_{A\text{F}max,n}$  nach DIN 4109-11 und DIN EN ISO 10052 .

## Auswertung der Messungen

### Stationäre Geräusche

Der gemessene Schalldruckpegel liegt als zeitlich und räumlich gemitteltes Terzspektrum im Frequenzbereich von 100 Hz bis 5 kHz vor. Es wird zunächst eine Fremdgeräuschkorrektur durchgeführt. Anschließend wird das Messsignal auf eine äquivalente Schallabsorptionsfläche von  $A_0 = 10 \text{ m}^2$  bezogen und A-bewertet:

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

$L_{i,F}$	räumlich und zeitlich gemittelter Schalldruckpegel in der Terz i (Zeitkonstante: Fast)	[dB]
$L_{i,S}$	Fremdgeräuschpegel in der Terz i	[dB]
$A_i = \frac{0,16 \cdot V}{T_i}$	Schallabsorptionsfläche des Messraums für die Terz i	[m <sup>2</sup> ]
$V$	Volumen des Messraums	[m <sup>3</sup> ]
$T_i$	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:

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

wobei i die Nummer der Terzbänder von 100 Hz bis 5 kHz bezeichnet. Der berechnete Pegel  $L_{AF,10}$  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 Terzspektren (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 ( $L_{AF,10,max}$ ) ermittelt. Die hierfür im Prüfbericht angegebene Messgröße  $L_{AF,10,max}$  ist gleichbedeutend mit dem Maximalpegel  $L_{AFmax,n}$  (entspricht dem Installations-Schallpegel  $L_n$ ) nach DIN 4109-11 und DIN EN ISO 10052.



## Aussagefähigkeit der Messergebnisse

### Übertragbarkeit der Messergebnisse auf andere Bausituationen

Die ermittelten Installations-Schallpegel hängen außer von den Eigenschaften der geprüften Installation noch von weiteren Einflussgrößen, wie z.B. den Montagebedingungen, der Bauausführung und der Anordnung von Sende- und Empfangsraum ab. Die im Prüfbericht angegebenen Werte gelten daher nur in Verbindung mit den baulichen Verhältnissen im Installationsprüfstand. Eine Übertragung der Werte auf andere Bauten ist nur dann möglich, wenn gleichartige bauliche Verhältnisse vorliegen und die Montagebedingungen übereinstimmen. Hierbei ist zu beachten, dass schon geringe Änderungen der Montagebedingungen, wie z.B. die Verwendung unterschiedlicher Befestigungselemente oder Dämmstoffe, unter Umständen große akustische Veränderungen bewirken können. Gleiches gilt auch für Ausführungsmängel, die Körperschallbrücken verursachen.

### Nachweis von Schallschutzanforderungen

Die in DIN 4109 festgelegten Schallschutzanforderungen beziehen sich auf die Geräuschsituation in ausgeführten Bauten. Für die von Wasserinstallationen und anderen haustechnischen Anlagen hervorgerufenen Geräusche ist der Installations-Schallpegel  $L_{in}$  (bzw. der maximale Schalldruckpegel  $L_{A,Fmax,n}$ ) die maßgebende Beurteilungsgröße. Der Installations-Schallpegel ist nach DIN 4109-11 und DIN EN ISO 10052 zu messen, wobei Geräuschspitzen, die bei manueller Betätigung entstehen, derzeit nicht berücksichtigt werden. Nach der aktuellen Fassung der DIN 4109 (DIN 4109/A1 vom Januar 2001) gelten für den Installations-Schallpegel folgende Anforderungen:

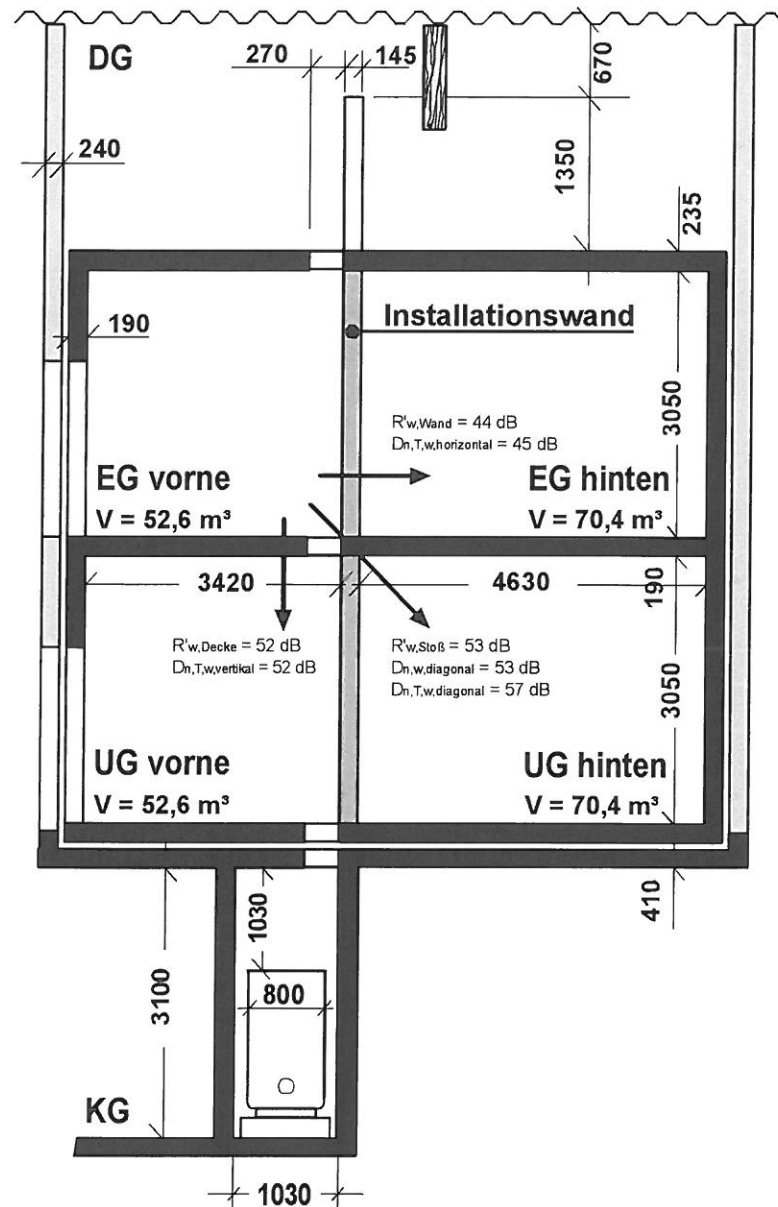
Wohn- und Schlafräume:	$L_{in} \leq 30 \text{ dB(A)}$
Unterrichts- und Arbeitsräume:	$L_{in} \leq 35 \text{ dB(A)}$

Die einzige Möglichkeit, um die Einhaltung der Schallschutzanforderungen bereits in der Planungsphase nachzuweisen, besteht - von Sonderfällen abgesehen - in der Durchführung einer Eignungsprüfung in einem Musterbau. Hierbei wird vorausgesetzt, dass der Musterbau und das geplante Gebäude gleichartig aufgebaut sind. Ist dies nicht der Fall, so muss zumindest gewährleistet sein, dass das geplante Gebäude - bezogen auf die Übertragung von Installationsgeräuschen - keine geringere Schalldämmung als der Musterbau aufweist.

Als Musterbau dient im vorliegenden Fall der Installationsprüfstand im Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Der Installationsprüfstand entspricht hinsichtlich seiner schalltechnischen Eigenschaften einem üblichen Wohngebäude in Massivbauweise. Die in diesem Prüfstand ermittelten Installations-Schallpegel können daher direkt zum Nachweis der in DIN 4109 festgelegten Schallschutzanforderungen herangezogen werden, sofern die Übertragbarkeit der Messergebnisse gewährleistet ist (siehe oben). Da die Installation meist im Raum EG vorne angebracht wird, ist der Raum UG hinten bei üblicher Grundrissgestaltung als nächstgelegener schutzbedürftiger Raum anzusehen. Für die Einhaltung der Schallschutzanforderungen ist deshalb der in diesem Raum gemessene Installations-Schallpegel maßgebend.



## 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 ( $R'_{w} \geq 53 \text{ dB}$ ) 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:

Analysator:	Norsonic RTA 830 (Messkette: 830-Mo & 830-SvO)
1 "-Mikrofone:	B&K 4179
½ "-Mikrofone:	B&K 4165
1 "-Vorverstärker:	B&K 2660
½ "-Vorverstärker:	B&K 2639
Mikrofon-Kalibrator:	B&K 4231
Beschleunigungsaufnehmer:	B&K 4371 und 4370
Ladungsverstärker:	B&K Nexus 2692-A-014
Körperschall-Kalibrator:	MMF VC11
Verstärker:	Bosch Plena LBB 1935/20
Lautsprecher:	Lanny MLS 82
Vergleichsschallquelle:	Rox 382
Norm-Trittschall-Hammerwerk:	Norsonic 211

Alle Messgeräte unterliegen regelmäßig durchgeführten internen und externen Funktionskontrollen, sind kalibriert und (soweit erforderlich und möglich) geeicht.