

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

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

## Prüfbericht P-BA 235/2010

### Geräuschverhalten eines Duschblocks zum bodenebenen Einbau im Prüfstand

**Auftraggeber:** HL HUTTERER + LECHNER GmbH  
Brauhausgasse 3-5  
2325 Himberg  
Österreich

**Prüfobjekt:** Duschblock "HL530", mit "Schallschutzelementen", der Firma Hutterer  
und Lechner GmbH zum bodenebenen Einbau mit angrenzender Estrich-  
fläche

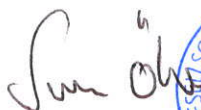
|                            |               |                                          |
|----------------------------|---------------|------------------------------------------|
| <b>Inhaltsverzeichnis:</b> | Tabelle 1:    | Zusammenfassung der Ergebnisse           |
|                            | Bild 1:       | Detailergebnis                           |
|                            | Bild 2 und 3: | Darstellung des Prüfobjektes, Messaufbau |
|                            | Anhang B:     | Messdurchführung und Beurteilungsgrößen  |
|                            | Anhang F:     | Auswertung                               |
|                            | 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.

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

Stuttgart, 10. Februar 2011

Bearbeiter

  
Dipl.-Ing.(FH) S. Ohler

Prüfstellenleiter:

  
Dr. rer. nat. L. Weber



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

P-BA 235/2010  
Tabelle 1

**Auftraggeber:** HL HUTTERER + LECHNER GmbH, Brauhausgasse 3-5, 2325 Himberg, Österreich

**Prüfobjekt:** Duschblock "HL530 (1200 x 256, Einbauhöhe: 115 mm)" bestehend aus einseitig (oben) Textilglas beschichtetem Hartschaumstoff (EPS)-Block mit Dämmunterlage "Schallschutzelement (einseitig profilierte Gummigranulatmatte 4/8 mm, dynamische Steifigkeit: ca. 30 MN/m<sup>3</sup>)" und verfliesbarem "Schallschutzelement (einseitig Textilvlies (Dicke: 2,5 mm) beschichtete Gummigranulatmatte (Dicke: 3 mm))". Duschblock mit integriertem "360° drehbarem Ablauf DN50 (Ablaufleistung: 0,80 l/sec), waagrecht", "7-17mm höhenverstellbarem Rahmen (150 x 150 mm)", "verfliesbares Sichtteil", "Geruchsverschlusseinsatz PRIMUS". Zur Wandmontage für barrierefreie Duschanlagen mit angrenzender, schwimmender Teilestrichfläche (verflies), der Firma Hutterer und Lechner GmbH. (Prüfobjektnr.: 10293-3, Bild 2, 3)

**Prüfaufbau:** Duschblock "HL530 (1200 x 256 x 115 mm)", montiert mit Dämmunterlage "Schallschutzelement (Gummigranulatmatte 4/8 mm, ca. 30 MN/m<sup>3</sup>)" und verfliesbarem "Schallschutzelement (Textilvlies (2,5 mm), Gummigranulatmatte (3 mm))", der Firma Hutterer und Lechner GmbH mit angrenzender Teilestrichfläche im Installationsprüfstand im Raum EG vorne, rechte Prüfstandsecke).  
- Dämmunterlage "Schallschutzelement (einseitig profilierte Gummigranulatmatte)" punktweise mit Silikon an der Unterseite des Duschblocks verklebt (mit Profilierung an Unterseite des Blocks).  
- verfliesbares "Schallschutzelement (einseitig Textilvlies beschichtete Gummigranulatmatte)" mit Textilvliesseite vollflächig mit Fliesenkleber auf dem Duschblock (Textilglas) verklebt.  
- Duschblock, mit seitlich umlaufendem Estrich-Randdämmstreifen, punktweise mit Montageschaum auf der Prüfstandsdecke verklebt.  
Duschblock mit angrenzender, schwimmend verlegter Teilestrichfläche (mit Randdämmstreifen zwischen Duschblock und Estrich) versehen und anschließend verflies.  
Alle Anschlussfugen wurden mit Silikonschnur und handelsüblichem Silikon ausgefügt.  
Der Aufbau erfolgte durch einen durch das IBP beauftragten Handwerksbetrieb. (vgl. Bild 2, 3).

**Prüfstand:** Installationsprüfstand P12, Flächenmasse der Installationswand: 220 kg/m<sup>2</sup> (115 mm Kalksandstein, verputzt), Flächenmasse der Decke: ca. 440 kg/m<sup>2</sup> (190 mm Stahlbeton), Installationsraum: EG vorne, Messräume EG hinten, UG vorne und UG hinten. (genaue Beschreibung im Anhang P)

**Prüfverfahren:** Messung in Anlehnung an DIN EN ISO 10052:2005-03, DIN 4109-11:2010-05 und DIN 4109:1989 bei Anregung durch ein Körperschallgeräuschnormal (KGN) (Anhänge B, F und G). Zusätzliche Auswertung der Messergebnisse zur Beurteilung nach ÖNORM B 8115-2.

**Ergebnis:**

| Duschblock "HL530", mit "2 Schallschutzelementen",<br>Firma Hutterer und Lechner GmbH | Messraum               |                         |                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                                                                                       | UG vorne<br>(vertikal) | UG hinten<br>(diagonal) | EG hinten<br>(horizontal) |
| Installations-Schallpegel $L_{in}$ in dB(A), DIN 4109                                 |                        |                         |                           |
| KGN auf Duschfläche                                                                   | 28 <sup>1)</sup>       | 25                      | 31 <sup>1)</sup>          |
| Anlagengeräuschpegel $L_{Aeq,NT}$ in dB(A), ÖNORM B 8115-2                            |                        |                         |                           |
| KGN auf Duschfläche                                                                   | 26                     | 21                      | 27                        |

<sup>1)</sup> Die Anforderungen der DIN 4109 gelten in der vorliegenden Grundrissituation nur für den Raum UG hinten.

**Prüfdatum:** 15. November 2010

**Bemerkungen:**

- Die KGN-Anregung liegt hinsichtlich des erzeugten Geräuschpegels an der Obergrenze handelsüblicher Brauseköpfe.
- Der untersuchte Prüfgegenstand erfüllt in Verbindung mit der im Prüfstand vorhandenen Bausituation die Anforderungen an den Installations-Schallpegel der DIN 4109 (Änderung DIN 4109/A1:2001) (Anhänge G und P).

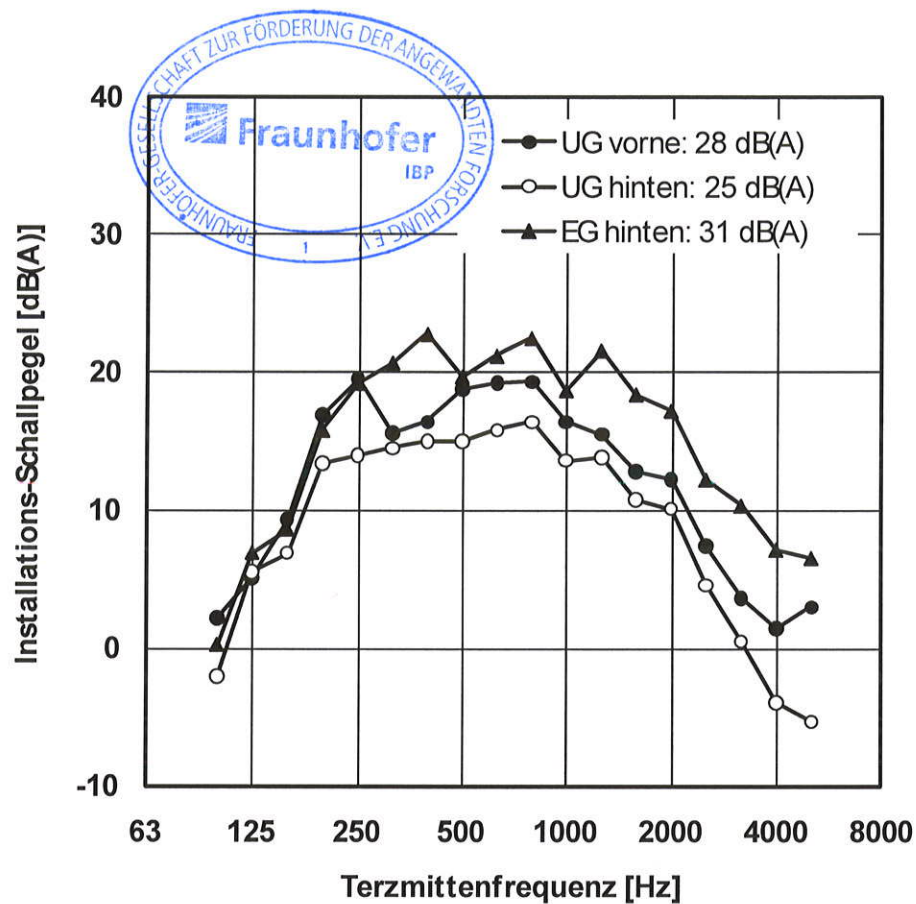
 **Fraunhofer**  
IBP

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.

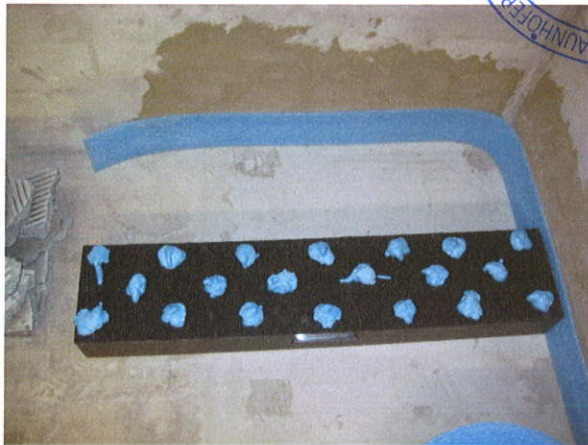
Stuttgart, den 10. Februar 2011

Prüfstellenleiter:





**Bild 1** Duschblock "HL530 (1200 x 256, Einbauhöhe: 115 mm)" mit Dämmunterlage "Schallschutzelement (einseitig profilierte Gummigranulatmatte 4/8 mm, dynamische Steifigkeit: ca. 30 MN/m<sup>3</sup>) und verfliesbarem "Schallschutzelement (einseitig Textilvlies (Dicke: 2,5 mm) beschichtete Gummigranulatmatte (Dicke: 3 mm))", der Firma Hutterer und Lechner GmbH mit angrenzender Teilestrichfläche. Frequenzverlauf des Schalldruckpegels bei Geräuschanregung mit dem Körperschall-Geräuschnormal (KGN; Betriebsdruck: 3 bar, Durchflussrate: 0,25 l/s), gemessen im Raum UG hinten (schutzbedürftiger Raum nach DIN 4109) sowie im Raum UG vorne und EG hinten. In der Legende sind die A-bewerteten Gesamtschallpegel für den abgebildeten Frequenzbereich von 100 bis 5000 Hz angegeben.

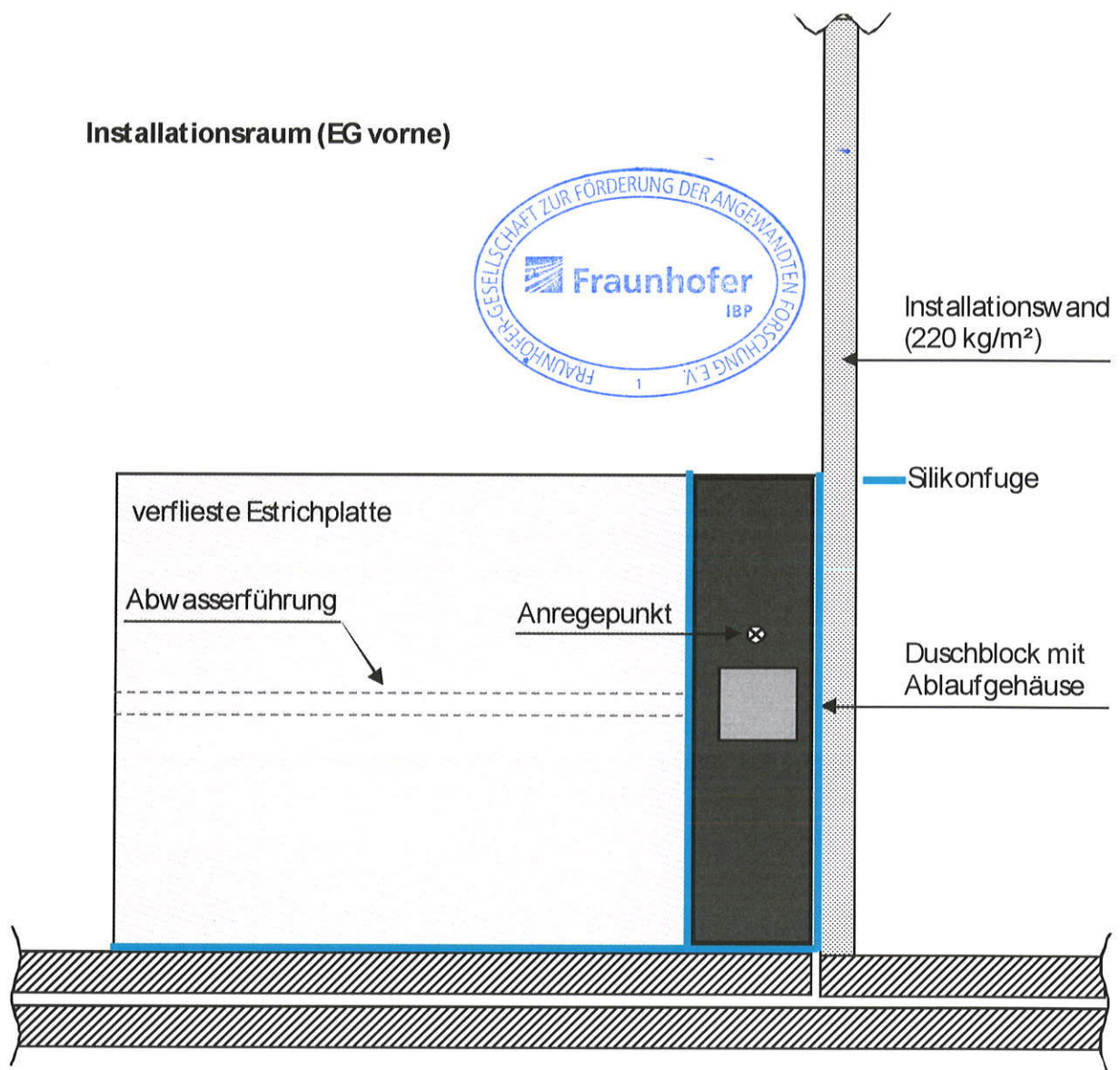


**Bild 2**    Oben links: -Duschblock mit punktwise verklebter (Silikon) Dämmunterlage "Schallschutzelement (einseitig profilierte Gummigranulatmatte 4/8 mm)" punktwise mit Montageschaum auf der Prüfstandsdecke verklebt.

Oben rechts: Duschblock mit verfliesbarem, vollflächig mit Fliesenkleber auf der Oberseite des Duschblocks (Textilglas) verklebtem "Schallschutzelement (einseitig Textilvlies beschichtete Gummigranulatmatte)", mit Randdämmstreifen.

Unten links: Duschblock mit umlaufenden Randdämmstreifen und eingelegter Mineralfaser-Trittschalldämmung des angrenzenden Estrichs.

Unten rechts: Prüfaufbau Duschelement "HL530", mit "2 Schallschutzelementen", Firma Hutterer und Lechner GmbH, montiert mit angrenzendem, schwimmendem Estrich.



**Bild 3** Lage des eingebauten Duschblocks "HL530", mit "2 Schallschutzelementen", Firma Hutterer und Lechner GmbH und angrenzendem Teilestrich im Installationsraum (EG vorne).

## 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 Objektoberfläche trifft.

### KGN als Wannenfüllarmatur (Wassereinfluss bei Badewannen)

Das KGN wird an der Stelle angebracht, an der sich der Auslauf einer handelsüblichen Wannenfüllarmatur befindet. Die Höhe des KGN über dem Wannenboden 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 Sanitärobjekt 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 Wassereinlauf) 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 ( $L_{A\text{Feq},10}$ ) wird als Installations-Schallpegel  $L_{\text{In}}$  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  $L_{\text{In}}$  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 ( $L_{A\text{Fmax},n}$ ) sondern der zeitlich und räumlich gemittelte Pegel ( $L_{A\text{Feq},10}$ ) 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  $L_{A\text{Fmax},n}$  und  $L_{A\text{Feq},10}$  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  $L_{\text{In}}$ ) ist gleichbedeutend mit dem Maximalpegel  $L_{A\text{Fmax},n}$  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 Terzspektralen (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  $L_{in}$ ) 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.

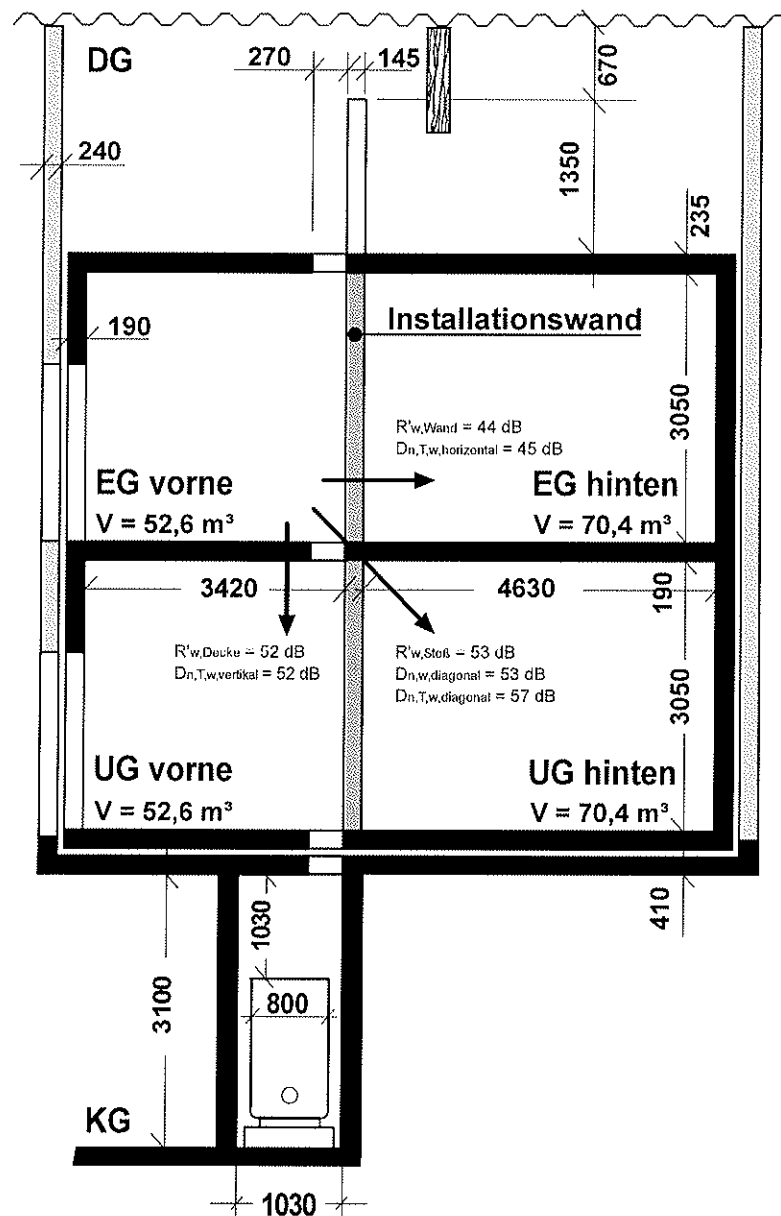
### Nachweis von Schallschutzanforderungen

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  $L_{A,max,n}$ ) 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.



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 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 ( $R'_w \geq 53 \text{ dB}$ ) 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 flankierenden Bauteile mit einer mittleren flächenbezogenen Masse von etwa 440 kg/m² bestehen aus Beton.