

# Unsicherheitsbudget für Installationsgeräusche nach DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ – Zusammenfassung –

Volker Wittstock, Heinrich Bietz

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, 38116 Braunschweig,  
volker.wittstock@ptb.de

gefördert vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt)

## 1. Einleitung

Die DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ wird derzeit grundlegend überarbeitet. Einen Schwerpunkt stellt hierbei die adäquate Berücksichtigung der Unsicherheiten dar, die bei Labor-Messergebnissen, Prognosewerten und Nachmessungen am ausgeführten Gebäude von zentraler Bedeutung sind, z.B. für die Einhaltung bzw. Überprüfung gesetzlicher oder anderweitiger Anforderungen. Ein entsprechendes Konzept für die Behandlung von Unsicherheiten bei der Luft- und Trittschalldämmung wurde von der PTB bereits erarbeitet und in den Normungsprozess eingebracht. Mit dem nun abgeschlossenen Projekt wird diese Betrachtungsweise erstmals auf Installationsgeräusche erweitert.

Der grundlegende Ansatz besteht darin, die Unsicherheiten, die bei den einzelnen physikalischen Prozessen auftreten, zu separieren. Die wichtigsten Prozesse sind die Anregung des Gebäudes durch die Quelle, die Ausbreitung des Schalls im Gebäude, die Schallabstrahlung in den schutzbedürftigen Raum sowie die Nachmessung vor Ort. Durch diese Aufteilung der Unsicherheitsanteile lassen sich letztlich auch Zuständigkeiten zuweisen.

Ausgangspunkt einer solchen Betrachtungsweise für Installationsgeräusche ist die Beschreibung der Quelle, möglichst durch eine Labormessung. Für die Unsicherheit der Labormessung ist das Prüflabor zuständig während der Hersteller der Schallquelle für die Streuung verschiedener Exemplare seines Produktes zuständig ist. Die Anregung des Gebäudes durch die Quelle, die Weiterleitung des Schalls im Baukörper wie auch die Schallabstrahlung werden durch eine bauakustische Prognose erfasst. In die Unsicherheit des Prognoseergebnisses fließt die Unsicherheit der Quellbeschreibung (Summe aus Labormessung und Produktstreuung) sowie die Unsicherheit der Prognose ein.

Der tatsächlich erreichte Schallschutz wird häufig durch Nachmessungen im ausgeführten Gebäude überprüft. Die bei dieser Messung auftretenden Unsicherheiten sind durch das verwendete genormte Messverfahren maßgeblich bestimmt und werden im Folgenden ausführlich untersucht.

Installationsgeräusche lassen sich in Geräusche unterteilen, die von den Quellen als Luft- oder als Körperschall in die Gebäudestruktur eingeleitet werden oder die durch Kanäle oder Schächte übertragen werden. Der über den Luftschall angeregte Geräuschanteil kann mit bekannten Methoden behandelt werden. Ausgehend von der Luftschalleistung der Quelle kann über die Luftschalldämmung der an der Schallausbreitung beteiligten Bauteile der Schalldruckpegel im Empfangsraum prognostiziert werden. Eine analoge Betrachtung ist für den Körperschallanteil derzeit kaum möglich. Der entscheidende Unterschied liegt in der Anregung einer Gebäudestruktur durch eine Körperschallquelle. Während bei einer Luftschallquelle die emittierte Schalleistung als praktisch konstant angesehen werden kann, hängt sie bei einer Körperschallquelle stark von der Empfangsstruktur ab. In verschiedene Empfänger werden von derselben Schallquelle verschiedene Schalleistungen injiziert. Im Projekt wurden daher überwiegend Installationsgeräusche betrachtet, die von Körperschallquellen verursacht werden.

## **2. Labormessungen zur Quellcharakterisierung**

Es existieren sehr unterschiedliche Ansätze zur Charakterisierung von Körperschallquellen, der häufigsten und wichtigsten Ursache von Installationsgeräuschen. Für eine allgemeine Beschreibung bedarf es wegen der nicht vernachlässigbaren Wechselwirkung zwischen Quelle und Empfangsstruktur einer aktiven und einer passiven Quellgröße. Für translatorische Anregungen sind die Kurzschlusskraft bzw. die freie Schnelle als Quellaktivität gebräuchlich. Die Kurzschlusskraft ist dabei diejenige Kraft, die bei vollständig behinderter Bewegung der Quelle auftritt. Die freie Schnelle wiederum ist die Schnelle bei unbehinderter Bewegung der Quelle. Als passive Quellgröße dient die Mobilität, das Verhältnis aus freier Schnelle und Kurzschlusskraft oder auch ihr Kehrwert, die Quellimpedanz. Solche Kennwerte existieren im Allgemeinen für jeden Kontaktpunkt der Quelle mit der Empfangsstruktur für alle translatorischen und rotatorischen Freiheitsgrade. Zudem sind Körperschallquellen meist über mehr als einen Kontaktpunkt an die Empfangsstruktur angekoppelt. In diesen Fällen spielen auch die Wechselwirkungen zwischen den Einleitungspunkten für die insgesamt eingespeiste Schalleistung eine wichtige Rolle, was üblicherweise durch Transfermobilitäten erfasst wird. Bei Translationen beschreiben sie die Schnelle an einem Punkt bezogen auf eine Kraftanregung an einem anderen Punkt.

Angesichts dieser Fülle von Kenngrößen für eine exakte Beschreibung einer Körperschallquelle erscheint es unumgänglich, Vereinfachungen vorzunehmen. Dazu gehört die Vernachlässigung einzelner Freiheitsgrade oder die Vernachlässigung von Wechselwirkungen. Genormte Labormessverfahren existieren für die Charakterisierung von Abwassersystemen [DIN EN 14366], von Umwälzpumpen für Heizungsanlagen [DIN EN 1151-2], von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation [DIN EN ISO 3822] sowie von Whirlwannen [DIN EN 15657-1]. Im Folgenden wird nur auf diejenigen genormten Verfahren ausführlicher eingegangen, zu denen Informationen über die Unsicherheiten vorliegen. Dies sind die Verfahren nach [DIN EN ISO 3822] und [DIN EN 15657-1].

Das in [DIN EN 15657-1] beschriebene Verfahren ist prinzipiell für alle Sender-Empfänger-Anordnungen anwendbar, bei denen die Empfängermobilität 10 dB unter der Sendermobilität liegt. Für die Messung ist ein spezieller Prüfstand erforderlich, der aus drei voneinander getrennten Betonplatten (Raumecke) mit einer Fläche von je 5 – 7 m<sup>2</sup> und einer Dicke von ca. 10 cm besteht. Die Quelle wird auf einer

Betonplatte installiert und betrieben. Unter Annahme eines diffusen Schallfelds auf der Platte kann aus der gemessenen mittleren Plattenschnelle sowie dem Verlustfaktor die in die Platte eingespeiste Schalleistung berechnet werden. Zur Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Empfangsplatten erfolgt noch eine Korrektur mit der Plattenmobilität, die auf eine Referenzmobilität bezogen wird. Schließlich wird die Quelle fiktiv mit einer exakt festgelegten baulichen Situation verbunden, und es wird letztlich der A-bewertete Schalldruckpegel in einem diagonal unter dem Aufstellraum der Quelle gelegenen Raum berechnet.

2010 wurde ein Ringversuch durchgeführt, um die mit [DIN EN 15657-1] verbundenen Unsicherheiten zu ermitteln ([SCFG10], [WVS11]). Als Testquelle diente ein Inertialshaker, der über einen Kraftsensor mit einer Grundplatte fest verbunden war. Die Grundplatte stand auf drei Beinen auf der Empfangsplatte. Als Anregungssignal wurde breitbandiges Rauschen verwendet. Aus diesem Ringversuch ergab sich eine Wiederhol-Standardabweichung in Terzen von ca. 3 dB und eine Vergleichs-Standardabweichung von ca. 4 dB [WVS11]. Die Wiederhol-Standardabweichungen der A-Werte sind mit 0,4 bis 1,3 dB deutlich niedriger als die Wiederhol-Standardabweichungen der Terzwerte. Dies deutet darauf hin, dass bei den Wiederholungsmessungen nur geringe Korrelationen vorliegen, so dass die Summenbildung die Unsicherheit deutlich reduziert. Bei den Vergleichs-Standardabweichungen ist dieser Effekt wesentlich geringer. Hier reduziert sich der Terzwert von ca. 4 dB lediglich auf einen A-Wert von 2,8 dB. Die Vergleichs-Standardabweichung aus Ringversuchen wird in der gesamten angewandten Akustik und auch in der Bauakustik als Schätzwert für die Unsicherheit verwendet. Mit 2,8 dB für die Quellcharakterisierung ist dieser Wert erheblich größer als für das bewertete Schalldämm-Maß mit 1,2 dB und für den Normtrittschallpegel mit 1,5 dB. Zu bedenken ist auch, dass die hier verwendete Testquelle breitbandigen Schall abgestrahlt hat. Häufig enthalten Installationsgeräusche auch Töne, für die noch größere Unsicherheiten zu erwarten sind.

Geräusche, die beim Wasserdurchfluss durch Armaturen und Geräte der Wasserinstallation entstehen, können nach [DIN EN ISO 3822] im Labor geprüft werden. Die zu prüfende Armatur wird dazu an das Ende der Messleitung angeschlossen, die an der Wand eines Raumes befestigt ist. Das von der Armatur erzeugte Geräusch wird von der Messleitung auf die Messwand übertragen und von dort in den Messraum abgestrahlt. Gemessen wird der räumliche Mittelwert des Schalldruckpegels im Messraum. Da die so ermittelten Messwerte stark von Details des Laboraufbaus abhängen, wird das von der Armatur erzeugte Geräusch in Relation zu dem von einem Installationsgeräuschnormal (IGN) erzeugten Geräusch gesetzt. Kritisch anzumerken ist zu diesem Messverfahren, dass die ermittelten Kenngrößen nicht direkt als Eingangsgrößen für Prognoserechnungen im ausgeführten Gebäude verwendet werden können. Der Grund liegt darin, dass der Armaturengeräuschpegel lediglich beschreibt, um wieviel dB eine Armatur leiser oder lauter ist als das Installationsgeräuschnormal. Eine Klassifizierung in laute und leise Armaturen ist jedoch möglich.

Die Unsicherheiten des Messverfahrens nach [DIN EN ISO 3822] wurden in einem von der MPA Dortmund organisierten Ringversuch eingehend untersucht [KW04]. Für die Messungen wurden ein geräuscharmer Strömungswiderstand, ein Installationsgeräuschnormal sowie eine Mischbatterie verwendet. Letztere wurde in den Stellungen kalt, warm und mischend eingesetzt. Das Installationsgeräuschnormal

wurde bei Fließdrücken von 0,15 und 0,2 MPa betrieben. Insgesamt nahmen 18 europäische Laboratorien an dem Ringversuch teil.

Die Standardabweichung der Ergebnisse der Teilnehmer kann als Schätzwert für die Vergleichs-Standardabweichung des Verfahrens herangezogen werden. Sie liegen für die A-bewerteten Armaturengeräuschpegel zwischen 0,5 und 2,7 dB. Die Wiederhol-Standardabweichung dieser Messungen wurde an der MPA Dortmund in einem Vorversuch ermittelt. Sie liegt in Oktaven bei ca. 0,2 dB und ist damit deutlich kleiner als die Vergleichs-Standardabweichung. Für Luftschallmessungen in der Bauakustik sind die Unsicherheiten damit insgesamt recht groß, verglichen z.B. mit dem Wert für bewertete Schalldämm-Maße von 1,2 dB.

Zu Produktstreuungen der schalltechnischen Kennwerte von Körperschallquellen liegen aktuell keine Kenntnisse vor. Lediglich für eine künstliche Testschallquelle, das Normhammerwerk gibt es eine Abschätzung. Danach liegt die Standardabweichung für verschiedene Realisierungen der nominell identischen Quelle frequenzabhängig zwischen 0,2 und 1,0 dB [Wi12]. Hierzu ist anzumerken, dass es sich beim Hammerwerk um eine Quelle handelt, die speziell für eine hohe Stabilität konstruiert wurde. Die genannten Standardabweichungen können daher als Untergrenze für real auftretende Produktstreuungen angesehen werden.

### **3. Prognosen bei Installationsgeräuschen**

Das einzige genormte Verfahren für die Prognose von Installationsgeräuschen ist die [DIN EN 12354-5]. Der insgesamt in einem schutzbedürftigen Raum durch eine haustechnische Anlage erzeugte Schalldruckpegel wird auf drei Ursachen zurückgeführt. Dies sind die Luftschallübertragung durch Kanäle und Rohre, die Luftschallübertragung durch die Baukonstruktion und die Körperschallübertragung durch die Baukonstruktion. Im Empfangsraum werden die Einzelbeiträge dieser verschiedenen Übertragungswege energetisch überlagert. Alle Berechnungen werden in Oktavbändern zwischen 63 Hz und 4 kHz ausgeführt.

Zur Berechnung der Körperschallübertragung durch das Gebäude nach [DIN EN 12354-5] ist als wesentliche Eingangsgröße die charakteristische Körperschallleistung der Quelle erforderlich. Unter Berücksichtigung je eines speziellen Kopplungs- und Anpassungsterms wird ermittelt, wie viel Schallleistung in das angeregte Bauteil übertragen wird. Die Berechnung des Schalldruckpegels im Empfangsraum erfolgt über das Flankenschalldämmmaß unter Bezug auf eine Absorption von 10 m<sup>2</sup>.

Zur Unsicherheit der A-bewerteten Prognoseergebnisse lässt sich eine nur sehr grobe Schätzung vornehmen (Tabelle 1). Ausgehend von einer Unsicherheit der Quellbeschreibung von 2,8 dB und einer geschätzten realistischen Produktstreuung von 1,0 dB ergibt sich eine Unsicherheit als Eingang in die Prognoserechnung von

$$u_{\text{input}} = \sqrt{2,8^2 + 1^2 + 1^2} \text{ dB} = 3,1 \text{ dB} \quad . \quad (1)$$

Analog zu [WS08] wurde hier die Produktstreuung zwei Mal berücksichtigt, da ein Exemplar bei der Messung im Labor und ein anderes bei der Montage im Gebäude verwendet wird. Des Weiteren werden die Unsicherheiten des Kopplungs- und des Anpassungsterms mit je einem dB abgeschätzt. Für die Unsicherheit des Flankendämm-Maßes werden 1,2 dB angesetzt [WS08], wobei auch hierfür wieder die Produktstreuung des betreffenden Elements zwei Mal zu berücksichtigen ist

(Tabelle 1). Wird nun davon ausgegangen, dass die Schallübertragung auf einem einzigen Weg erfolgt, so ergibt sich eine Unsicherheit von 3,9 dB für das Prognoseergebnis. Falls sich der Schallenergiefluss auf viele Wege verteilt, so ergeben sich wesentlich mehr Einflussgrößen, die entsprechend ihrem Energieanteil zu wichten sind. Bei einer gleichmäßigen Verteilung der Energien auf viele Ausbreitungswege reduziert sich die Unsicherheit des Prognoseergebnisses auf 3,4 dB. Im Vergleich dazu ist die Unsicherheit einer prognostizierten Luftschalldämmung mit Werten zwischen 1 und 2 dB im Massivbau deutlich geringer, zumal die Eingangsdaten (Tabelle 1) eher niedrig angesetzt wurden.

Tabelle 1 Abschätzung der Unsicherheit eines prognostizierten A-bewerteten Installationsgeräuschpegels

	u in dB
Messung der Quelle im Labor	2,8
Produktstreuung der Quelle im Labor	1,0
Produktstreuung der Quelle am Bau	1,0
Kopplungsterm	1,0
Anpassungsterm	1,0
Messung der Flankenschalldämmung im Labor	1,2
Produktstreuung des Bauteils im Labor	1,0
Produktstreuung des Bauteils am Bau	1,0
Unsicherheit des Prognoseergebnisses	3,9

#### 4. Messungen am Bau

Installationsgeräusche wurden in Deutschland in der Vergangenheit nach [DIN 52219] gemessen. Diese Norm ist durch die [DIN EN ISO 10052] in Kombination mit [DIN 4109-11] ersetzt worden. Die wichtigsten Änderungen sind eine zusätzliche Mikrofonposition in der Raumecke und eine maximale Störgeräuschkorrektur von 1,3 dB. Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde an der PTB eine interne Vergleichsmessung durchgeführt mit dem Ziel, Messunsicherheiten praktisch zu erfassen und systematische Unterschiede zwischen den verschiedenen Messverfahren aufzuzeigen. Sechs Messteams mit möglichst verschiedener technischer Ausstattung führten dazu Messungen in zwei verschiedenen Empfangsräumen an sechs unterschiedlichen Geräuschquellen nach beiden Messnormen durch. Bild 1 zeigt eine Prinzipskizze des Gebäudetraktes mit den Empfangsräumen. Als Schallquellen dienten die sanitären Anlagen sowie der Fahrstuhl mit verschiedenen Betriebszyklen.

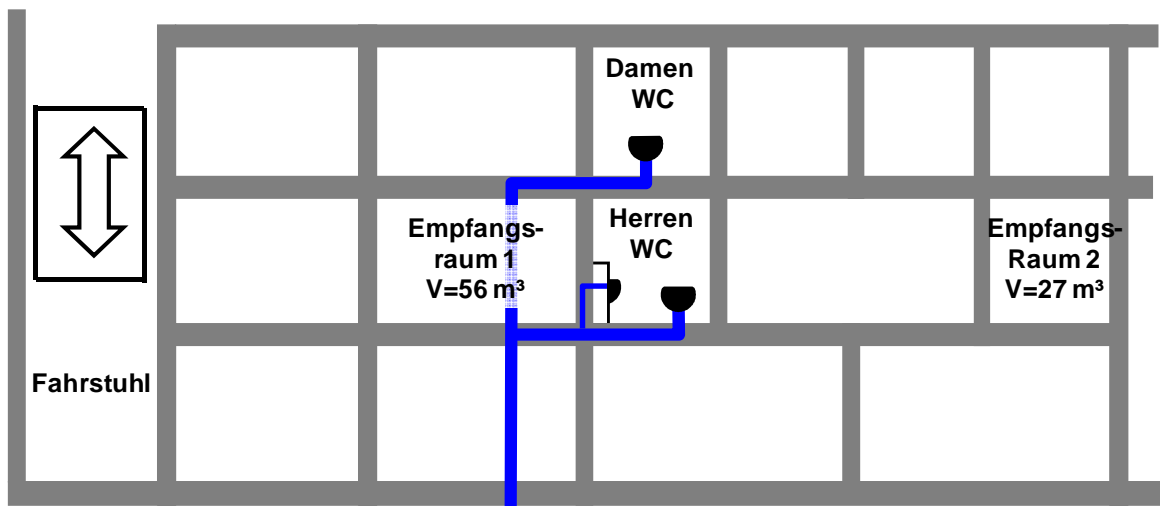


Bild 1 Prinzipalskizze des Bürogebäudes, in dem die Installationsgeräusche gemessen wurden. Das Abwasserrohr liegt in der flurseitigen Wand des Empfangsraums 1

Eine zentrale Fragestellung war die eventuelle Auswirkung der mit [DIN EN ISO 10052] neu eingeführten Eckposition auf den gemessenen Installationsgeräuschpegel. Generell zeigt die Differenz der Schalldruckpegel in Raumecke und Raummitte den zu erwartenden Verlauf mit destruktiver Interferenz bei 250 Hz und konstruktiver Interferenz bei tieferen Frequenzen (Bild 2). Bemerkenswert ist, dass die Schalldruckpegeldifferenz zwischen Eck- und Raumposition für alle Quellen in etwa gleich groß ist. Das zeigt, dass diese Differenz von der modalen Struktur des Schallfeldes und nicht von der Quelle abhängt.

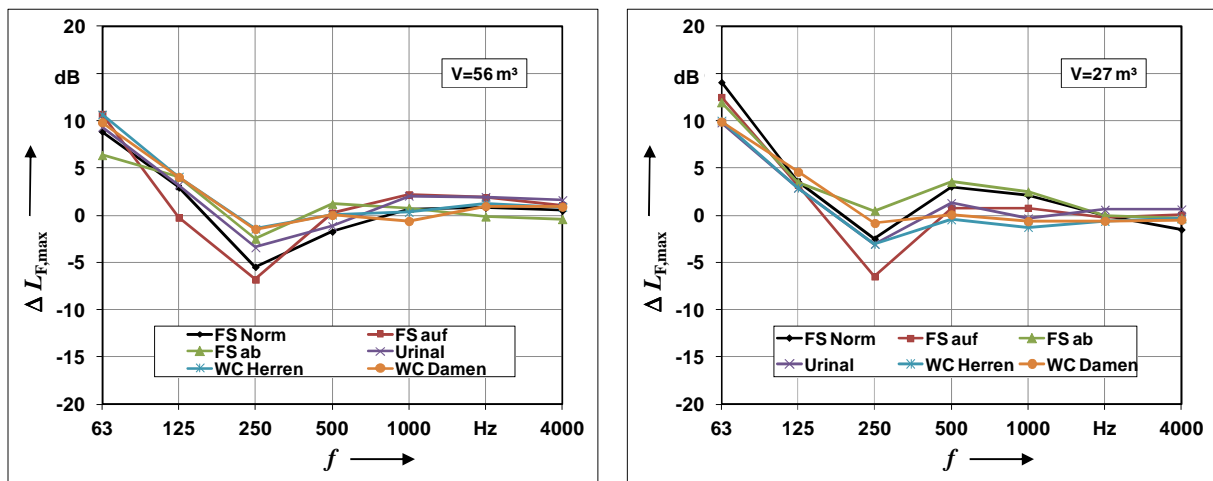


Bild 2: Differenzpegel Ecke-Raum, Räume 1 und 2 mit Volumina von 56 und 27 m<sup>3</sup>

Die A-bewerteten Installationsgeräuschpegel sind bedingt durch den größeren räumlichen Abstand zu den Geräuschquellen im kleineren Empfangsraum ( $V = 27 \text{ m}^3$ ) um ca. 10 dB kleiner als im größeren Empfangsraum (Bild 3). Vergleicht man die direkte Messung der A-Pegel nach DIN 52219 (Blautöne) mit der Messung nach der neuen Norm DIN 4109-11 (Rottöne), so wird deutlich, dass die nach der neuen Norm gemessenen Werte generell über den nach der alten Norm bestimmten Werten liegen. Während dieser Effekt für die Sanitärgeräusche schwach ausgeprägt ist (0,4 bis 0,9 dB), kann er beim Fahrstuhl wesentlich größere Werte annehmen (0,3 bis 2,8 dB). Die Ursache hierfür ist die unterschiedliche spektrale Form des

Geräuschs. Bei den Sanitärgeräuschen dominieren Frequenzen ab ca. 250 Hz den A-Wert. In diesem Frequenzbereich ist der Unterschied zwischen dem Eckmikrofon und dem Mikrofon in Raummitte gering (Bild 2), so dass die Berücksichtigung des Eckmikrofons kaum Auswirkung auf den Messwert hat. Anders ist es beim Fahrstuhl. Hier sind die tiefen Frequenzen auch für den A-Wert entscheidend, z.T. ist sogar der 63 Hz Oktavwert dominant. Bei diesen Frequenzen wurden Pegelüberhöhungen von 10 dB und mehr in der Ecke beobachtet (Bild 2), so dass die Hinzunahme der Eckposition den A-bewerteten Installationsgeräuschpegel erheblich vergrößert.

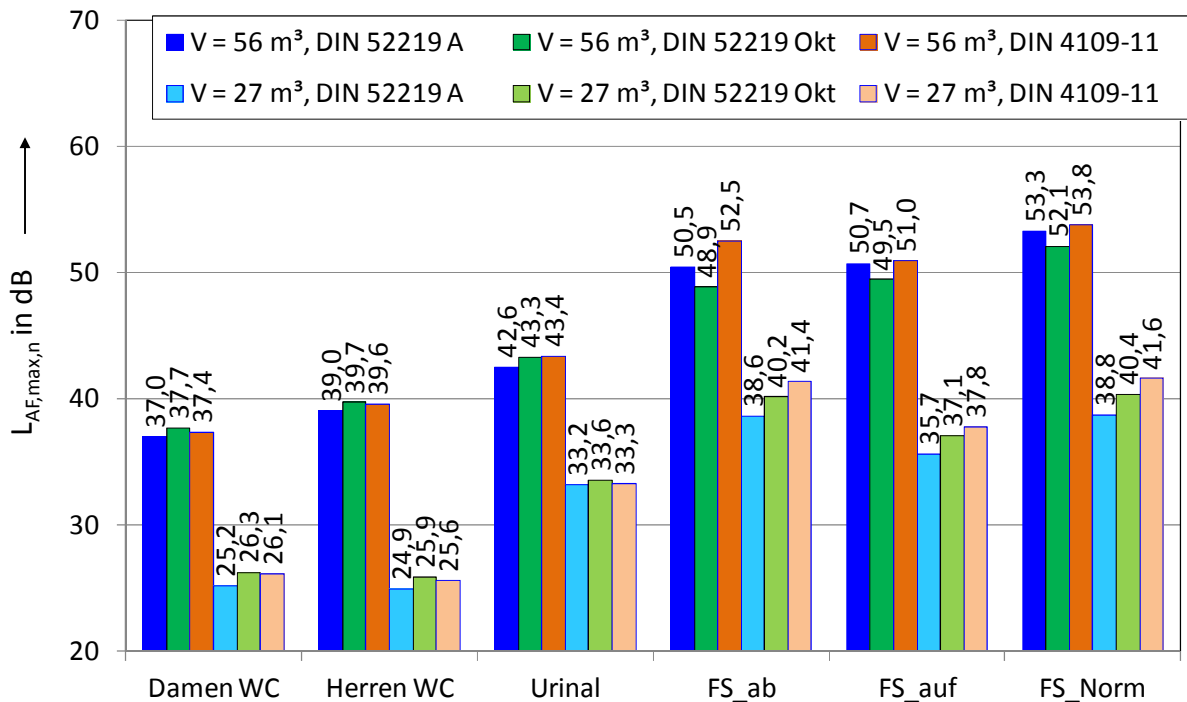


Bild 3 Über alle Messteams gemittelte Installationsgeräuschpegel

In „Zweifelsfällen“ war nach DIN 52219 auch die Messung und Nachhallbewertung in Oktaven von 125 Hz bis 4 kHz zulässig. Die mit diesem Verfahren erzielten A-Werte verhalten sich in Bezug auf die anderen Messverfahren uneindeutig (Grüntöne in Bild 3). Bei den Fahrstuhlgeräuschen fehlt der Energieanteil in der 63 Hz Oktave, so dass die aus Oktaven ermittelten Werte vor allem im größeren Empfangsraum entsprechend niedriger ausfallen als bei der direkten Messung des A-Werts. Überlagert ist diesem Effekt noch die Bewertung mit der mittleren Nachhallzeit im Fall der direkten Messung des A-Werts. Bei DIN 52219 werden die Oktaven von 250 Hz bis 2 kHz und bei DIN 4109-11 die Oktaven von 500 Hz – 2 kHz einbezogen. Da der Nachhallverlauf jedoch über der Frequenz nicht glatt ist und sich insbesondere bei 125 Hz von den höheren Oktaven deutlich unterscheidet, kommt es zu weiteren Abweichungen zwischen den Messverfahren.

Trotz des hohen messtechnischen Aufwands ist die vorliegende Datenbasis recht gering, so dass allgemeine Aussagen über die Abweichungen zwischen altem und neuem Messverfahren kaum zu treffen sind. Wegen der Komplexität der Verfahren bietet sich eine Verbreiterung der Datenbasis mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen an. Bei diesem Verfahren werden zufällig generierte Eingangsgrößen in ein Rechenmodell eingespeist, das den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangsgrößen korrekt herstellt. Die Rechnung wird mit immer neu generierten

zufälligen Eingangsgrößen sehr oft wiederholt. Dabei wird die Verteilung der Ausgangsgrößen registriert, aus der dann z.B. eine Standardunsicherheit und ein Erwartungswert berechnet werden kann. Durch sinnvolle Wahl der Eingangswerte und umfangreiche Parametervariationen konnte durch die Monte-Carlo-Simulationen gezeigt werden, dass tatsächlich die zusätzliche Eckposition sowie die unterschiedliche Behandlung der Störgeräuschkorrektur die Differenz zwischen beiden Messverfahren verursachen. Auch quantitativ konnten die experimentellen Ergebnisse erklärt werden.

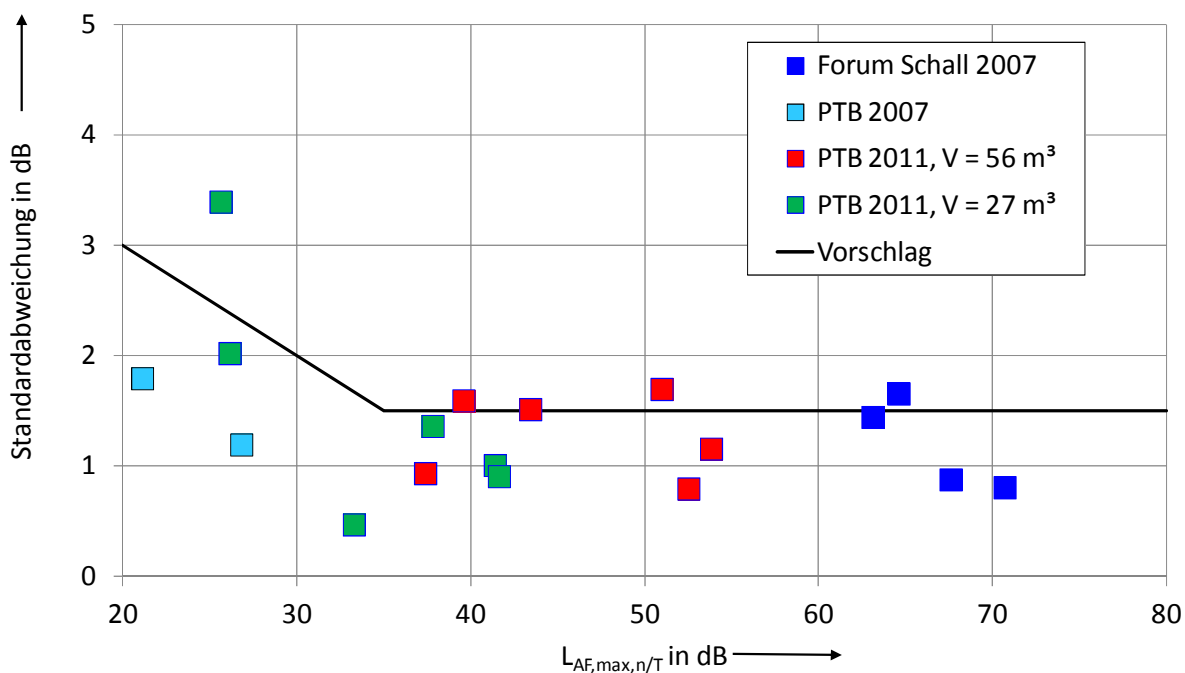


Bild 4 Standardabweichung des A-bewerteten Installationsgeräuschpegels nach DIN EN ISO 10052 aus unterschiedlichen Vergleichsmessungen und Vorschlag für eine Unsicherheit für die DIN 4109

Neben der Untersuchung von Unterschieden zwischen alter und neuer Norm bieten die experimentellen Ergebnisse auch die Möglichkeit, die Unsicherheiten des neuen Messverfahrens zu ermitteln. Die Standardabweichungen aus den jeweils sechs Ergebnissen liegen im energetischen Mittel bei ca. 1,5 dB (Bild 4). Lediglich bei sehr niedrigen Installationsgeräuschpegeln treten deutlich größere Werte auf. Zusätzlich aufgenommen sind hier Ergebnisse vom österreichischen Forum Schall [Le07] und von den PTB-Vergleichsmessungen 2007 [SWB08]. Für die neue DIN 4109 wird vorgeschlagen, eine Unsicherheit von 1,5 dB anzusetzen für Installationsgeräuschpegel oberhalb von 35 dB. Zu niedrigeren Installationsgeräuschpegeln steigt nach dem erarbeiteten Vorschlag die Unsicherheit um 0,1 dB pro dB an. Beim aktuellen Anforderungswert von 30 dB liegt die Unsicherheit damit bei 2,0 dB.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

Ein großer Schwerpunkt des Forschungsprojekts lag auf der Untersuchung der Installationsgeräuschmessungen im ausgeführten Gebäude. Zusätzlich zur Ermittlung der Unsicherheit ergab sich hier die spezielle Frage, ob durch die Einführung der DIN EN ISO 10052 als Messnorm die selben Werte wie bei der alten Messnorm DIN 52219 erreicht werden. Dies wurde zunächst anhand eines umfangreichen



Messprogramms untersucht. Sechs verschiedene Messteams mit unterschiedlicher apparativer Ausstattung führten in zwei verschiedenen Empfangsräumen an sechs Geräuschquellen Installationsgeräuschmessungen nach alter und neuer Norm durch. Im Mittel über alle Teilnehmer zeigte sich ein um 0 – 3 dB höherer Installationsgeräuschpegel nach der neuen Norm. Um die Ursachen für diese Abweichungen genauer zu verstehen, wurden Monte-Carlo-Simulationen ausgeführt. Es zeigte sich, dass die Einführung einer Mikrofonposition in der Raumecke wesentlich ist. Bei tiefen Frequenzen sind die Schalldruckpegel hier um ca. 10 dB höher als an wandfernen Messpunkten, was bei tieffrequenten Geräuschen zu einer Erhöhung des A-Werts führt. Auch darf nach neuer Messnorm eine Störgeräuschkorrektur nur bis zu einem Störabstand von 6 dB durchgeführt werden, während nach alter Norm 3 dB zulässig waren. Im zuständigen Normungsausschuss wurde aufgrund dieser Ergebnisse eine Erhöhung des Anforderungswerts nach DIN 4109 bereits diskutiert. Für die Unsicherheit von Installationsmessungen vor Ort wird aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ein Wert von 1,5 dB vorgeschlagen, wenn der Installationsgeräuschpegel über 35 dB liegt. Zu niedrigeren Installationsgeräuschpegeln steigt nach dem erarbeiteten Vorschlag die Unsicherheit um 0,1 dB pro dB an. Beim aktuellen Anforderungswert von 30 dB liegt die Unsicherheit damit bei 2,0 dB.

Daneben wurden die Unsicherheiten bei Labormessungen an Quellen untersucht. Für die Quellcharakterisierung mit der Empfangsplattenmethode nach DIN EN 15657-1 wurde 2010 unter wesentlicher Beteiligung der PTB ein Ringversuch durchgeführt, der für den A-Wert eine Unsicherheit von 2,8 dB lieferte. Für den Armaturengeräuschpegel nach DIN EN ISO 3822 folgt aus einem Ringversuch eine Unsicherheit von 1 – 2 dB für eine Mischbatterie, je nach Mischerstellung, und für einen geräuscharmen Strömungswiderstand 2,7 dB. Für andere Labormessungen an Quellen können beim derzeitigen Kenntnisstand keine Unsicherheiten angegeben werden, zumal auch die Messverfahren selbst noch in der Entwicklung sind.

Weitgehend offen ist dagegen die Unsicherheit bei der Prognose von Installationsgeräuschen, da das einzige verfügbare Prognoseverfahren nach DIN EN 12354-5 bislang praktisch nicht angewendet wird. Da trotzdem ein Anforderungswert nach DIN 4109 einzuhalten ist, besteht hier noch erheblicher Forschungsbedarf.

## **Literatur**

- [BW12] Bietz, H.; Wittstock, V.: *Installationsgeräuschmessungen nach alter und neuer Norm im Vergleich*. Tagungsband der DAGA12 auf CDROM, Darmstadt, März 2012
- [DIN 4109] *Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise*, 1989-11
- [DIN 4109-11] *Schallschutz im Hochbau – Teil 11: Nachweis des Schallschutzes – Güte- und Eignungsprüfung*, 2010-05
- [DIN EN 1151-2] *Pumpen – Kreiselpumpen – Umwälzpumpen mit elektrischer Leistungsaufnahme bis 200 W für Heizungsanlagen und Brauchwassererwärmungsanlagen für den Hausgebrauch – Teil 2: Geräuschprüfvorschrift (vibro-akustisch) zur Messung von Körperschall und Flüssigkeitsschall*. 2006-11

- [DIN EN 12354-5] *Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 5: Installationsgeräusche; Deutsche Fassung EN 12354-5:2009*
- [DIN EN 14366] *Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand. 2005-02*
- [DIN EN 15657-1] *Akustische Eigenschaften von Bauteilen und von Gebäuden – Messung des Luft- und Körperschalls von haustechnischen Anlagen im Prüfstand – Teil 1: Vereinfachte Fälle, in denen die Admittanzen der Anlagen wesentlich höher sind als die der Empfänger am Beispiel von Whirlwannen; Deutsche Fassung EN 15657-1:2009*
- [DIN EN ISO 3822-1] *Akustik – Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium – Teil 1: Messverfahren (ISO 3822-1:1999 + Amd 1:2008); Deutsche Fassung EN ISO 3822-1:1999 + A1:2008*
- [DIN EN ISO 10052] *Akustik – Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden – Kurzverfahren (ISO 10052:2004 + Amd 1:2010); Deutsche Fassung EN ISO 10052:2004 + A1:2010*
- [KW04] D. Kutzer, A. Worch: *ENAG SANTAP 2<sup>nd</sup> round robin test 10haracter to examine the noise emission of sanitary taps according to EN ISO 3822*. Berichtsentwurf, 2004
- [Le07] Christoph Lechner: *Ringversuch 2007 Messung der Schallimmission haustechnischer Geräusche und der Schalldämmung von Außenbauteilen*. Report REP-0120, Wien, 2007
- [SCFG10] J. Scheck, M. Chamaoun, H.-M. Fischer, B. Gibbs: *Preparation of a Round Robin on the Reception Plate Method to Characterise Structure-Borne Sound Sources in Buildings*, InterNoise 2010, Lisbon
- [SWB08] Stange-Kölling, S.; Wittstock, V.; Bietz, H.: *Schallschutz-Vergleichsmessungen in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt im Jahr 2007*, Tagungsband der DAGA 08 auf CDROM, Dresden, 10. – 13. März 2008
- [Wi12] Wittstock, V.: *On the spectral shape of the sound generated by standard tapping machines*. Acta Acustica united with Acustica, Vol. 98 (2012), 301-308
- [WS08] Wittstock, V.; Scholl, W.: *Berechnung der Prognoseunsicherheit nach DIN 4109*. Abschlussbericht zum gleichnamigen DIBt-Forschungsprojekt, Braunschweig, September, 2008
- [WVS11] Wittstock, V.; Villot, M., Scheck, J.: *Results of a round robin on structure-borne sound power*. FORUM ACUSTICUM, Aalborg, Denmark, Juni 2011