

Vorwort

Der folgende Artikel wurde im Tagungsband der AIA-DAGA 2013 - International Conference on Acoustics, 18. bis 21. März, Meran, veröffentlicht. Der Inhalt wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Hochschule für Technik Stuttgart erarbeitet. Das IGF-Vorhaben 16444 N der Forschungsvereinigung der Gipsindustrie e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die im Artikel angegebenen A-bewerteten Summenpegel der Installationsgeräusche wurden nicht, wie häufig üblich, über den Frequenzbereich von 100 Hz bis 5000 Hz gebildet, sondern über einen zu tiefen Frequenzen erweiterten Frequenzbereich von 50 Hz bis 5000 Hz. In Abbildung 6 des Artikels ist ein Installationsgeräusch mit der Bezeichnung „WC (Spitzenwert)“ angegeben. Dieses Installationsgeräusch ist im Artikel nicht näher erläutert. Gemeint ist damit ein Geräusch, das bei der diagonalen Übertragung durch eine im Installationsprüfstand konstruktiv notwendige Rohrumlenkung des Abwasserrohrs (im unteren Installationsraum) beim WC-Spülvorgang entsteht. Beim Spülvorgang ist dieses Umlenkgeräusch besonders stark ausgeprägt, da hierbei in kurzer Zeit relativ viel Wasser auf die Rohrumlenkung trifft. Bei den Untersuchungen wurde somit (wie es grundsätzlich bei Musterinstallationen in Installationsprüfständen immer der Fall ist) eine spezifische Situation zugrunde gelegt, die - in Bezug auf die ermittelten Schalldruckpegel - nicht auf andersartige Verhältnisse übertragen werden darf.

Installation Walls made of Gypsum Blocks and Plasterboard - Installationswände aus Gips-Wandbauplatten und Gipsplatten

Andreas Ruff, Heinz-Martin Fischer

Hochschule für Technik Stuttgart, Schellingstrasse 24, 70174 Stuttgart, Germany

Email: andreas.ruff@hft-stuttgart.de heinz-martin.fischer@hft-stuttgart.de

Einleitung

In Mehrfamilienhäusern zählen die Geräusche von Sanitärinstallationen zu den störendsten Geräuscheinwirkungen. Problematisch ist dabei in der Regel die Körperschallübertragung über die Gebäudestruktur. Davon ist einerseits - durch die direkte Übertragung - der eigene Wohnbereich und andererseits - durch die flankierende oder diagonale Übertragung - der fremde Wohnbereich betroffen. Für die Übertragung in den fremden Wohnbereich werden in der DIN 4109 [1] zum Schutz der Bewohner vor Geräuschbelastigungen baurechtlich eingeführte Anforderungen gestellt. Demnach darf in einem schutzbedürftigen Raum, z.B. ein Schlafzimmer, ein Installationsgeräuschpegel von $L_{AF,max} = 30$ dB(A) nicht überschritten werden. Zur Einhaltung dieser Anforderungen haben Installationswände, an denen die Sanitärinstallationen befestigt sind, aus schalltechnischer Sicht die wichtige Aufgabe, die Übertragung von Installationsgeräuschen im Gebäude möglichst gering zu halten. Aus diesem Grund sollten Installationswände prinzipiell eine geringe Anregbarkeit für Körperschall aufweisen. Zusätzlich sollten die Wände eine ausreichende Direktschalldämmung (vor allem für die direkte Übertragung in den eigenen Bereich wichtig) sowie eine gute Flankendämmung (wichtig für die diagonale Übertragung) haben. Die DIN 4109 schreibt deshalb für Installationswände eine flächenbezogene Masse von mindestens 220 kg/m² vor. Eine typische Konstruktion für eine Installationswand mit dieser flächenbezogenen Masse ist 115 mm dickes Kalksandstein-Mauerwerk mit einer Rohdichteklasse 2.0.

Allerdings wird heutzutage eine immer leichtere Bauweise, vor allem im Innenausbau, also auch bei Installationswänden, favorisiert. So ist es durchaus üblich, dass Installationswände als leichte Gipsplatten-Ständerkonstruktionen oder mit massiven Gips-Wandbauplatten ausgeführt werden. Die Wände aus Gips-Wandbauplatten haben bei der am häufigsten verwendeten Plattendicke von 100 mm eine flächenbezogene Masse von 90 kg/m² (bei mittlerer Rohdichte), 120 kg/m² (erhöhte Rohdichte) oder 140 kg/m² (hohe Rohdichte). Ihre flächenbezogene Masse liegt damit deutlich unter den Vorgaben der DIN 4109. Die massiven Gipswände werden jedoch üblicherweise nicht starr an den Baukörper angeschlossen, sondern durch sogenannte Randstreifen aus PE-Schwerschaum, Bitumen oder Kork von den umgebenden Bauteilen entkoppelt eingebaut. Die Untersuchung der schalltechnischen Eignung und Leistungsfähigkeit von solchen entkoppelt eingebauten Installationswänden aus Gips-Wandbauplatten war Hauptbestandteil eines AiF-Forschungsvorhabens [2] an der Hochschule für Technik Stuttgart. Dabei wurde insbesondere die

Entkopplung der Gips-Massivwände durch verschiedene Randstreifen berücksichtigt.

Sanitärinstallationen, z.B. Rohre, werden in der Regel nicht direkt in der Installationswand verlegt, sondern in einer vor der Wand angeordneten Installationsebene. Diese Vorwandkonstruktionen werden in der Baupraxis teilweise noch aus Mauerwerk oder Gips-Wandbauplatten, meist jedoch aus speziellen, mit Gipsplatten beplankten, Metallkonstruktionen hergestellt. Vorwandinstallations-systeme aus beplankten Metallständern bieten sowohl baupraktische als auch schalltechnische Vorteile und sind daher prinzipiell zu bevorzugen. Für die Untersuchungen der Gips-Installationswände im Rahmen des Forschungsprojekts wurde deshalb ein solches Vorwandinstallationssystem mit repräsentativen Sanitärobjekten - Badewanne, Waschbecken und WC - verwendet. Die Ergebnisse der untersuchten Gips-Installationswände konnten mit den Ergebnissen einer Kalksandstein-Installationswand mit $m' = 220$ kg/m², die ebenfalls im Rahmen des Forschungsvorhabens untersucht wurde, direkt verglichen werden. Als weitere Ergänzung zu den Untersuchungen der massiven Gips-Wandbauplatten wurden auch Vergleichsuntersuchungen mit einer gängigen Gipsplatten-Ständerkonstruktion als Installationswand durchgeführt.

Untersuchungen im Prüfstand

Zur Untersuchung der Schallübertragung von Installationswänden aus massiven Gips-Wandbauplatten wurde in einem zweistöckigen Installationsprüfstand ein vertikaler Bauteil-Kreuzstoß realisiert. Dieser Kreuzstoß wird aus der 180 mm dicken Stahlbeton-Prüfstandsdecke und den darüber und darunter errichteten Wänden aus Gips-Wandbauplatten gebildet. Bei den Gips-Massivwänden wurden für die verschiedenen Messreihen jeweils die flächenbezogenen Massen und die Art der Randstreifen zur Entkopplung der Wände variiert. Der Aufbau ist in Abbildung 1 schematisch dargestellt.

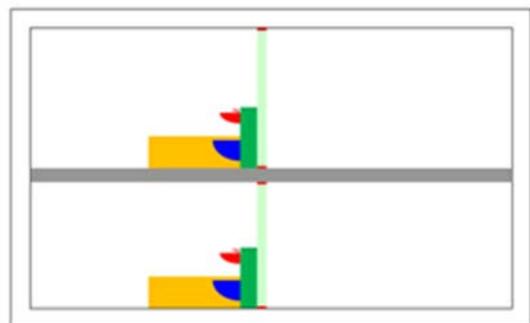


Abbildung 1: Schematische Darstellung (Schnitt) des Installationsprüfstandes mit entkoppelten Gips-Installationswänden, Vorwandinstallationssystem und Sanitärobjekten

Vor den eigentlichen Installationsgeräusch-Messungen wurden die Bauteilkenndaten des Kreuzstoßes ermittelt. Bei den dabei untersuchten Bauteilkenndaten handelt es sich im Wesentlichen um die Schalldämmung der Prüfstandsdecke mit flankierender Übertragung über die Gipswände sowie die Direktschalldämmung und der Verlustfaktor der Gipswände. Es hat sich gezeigt, dass die Direktschalldämmung der Gipswände nicht nur von ihrer flächenbezogenen Masse, sondern auch von der Art des verwendeten Randstreifens abhängt (siehe Abbildung 2). Dieses Verhalten konnte auch durch die Messungen des Verlustfaktors bestätigt werden (siehe auch [3]). Zusätzlich wurde auch die Stoßstellendämmung des Kreuzstoßes bestimmt. Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kennzeichnet dabei die Wirksamkeit der Entkopplung der Gipswände. Durch den entkoppelten Einbau der Gips-Installationswände konnte eine deutliche Verbesserung der Stoßstellendämmung gegenüber dem für einen starren Stoß rechnerisch zu erwartenden Wert nachgewiesen werden. Die Höhe der erreichbaren Stoßstellendämmung wird dabei durch die Art des verwendeten Randstreifens bestimmt. Randstreifen aus Bitumen, die für die Direktschalldämmung der Gipswände Vorteile aufweisen, verhalten sich hinsichtlich der Stoßstellendämmung eher ungünstiger als solche aus PE-Schwerschaum oder Kork. Mit diesen ist dagegen die Direktschalldämmung der Gipswände stärker limitiert. Ergänzend wurden teilweise auch Modalanalysen an den verschiedenen Gips-Massivwänden durchgeführt. Dadurch können Aussagen zum Schwingungsverhalten der Gipswände an den entkoppelten Bauteilrändern getroffen werden.

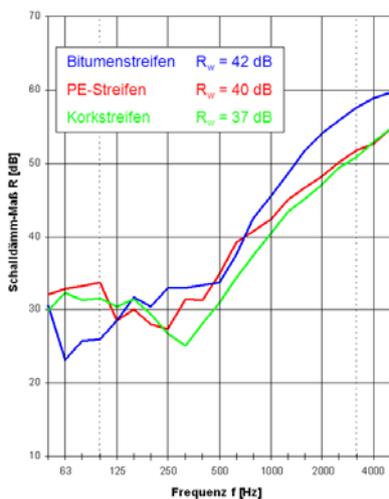


Abbildung 2: Direktschalldämmung von 100 mm dicken Gips-Massivwänden mit mittlerer Rohdichte ($m' = 90 \text{ kg/m}^2$) mit verschiedenen Randstreifen

Im weiteren Verlauf wurde dann an den Gips-Installationswänden ein Vorwand-Installationssystem bestehend aus Metallprofilen, den für die Versorgung der Sanitärobjekte notwendigen Rohrleitungen und einer einlagigen Gipsplatten-Beplankung montiert. An die Vorwandinstallation wurden im Anschluss sowohl im unteren als auch im oberen Senderaum verschiedene Sanitärobjekte - Waschbecken und Badewanne mit zugehörigen Armaturen sowie ein WC - montiert. Sowohl das Vorwandinstallationssystem als auch die Sanitärobjekte stellen eine repräsentative Auswahl von marktüblichen

Installationskomponenten dar. Die folgende Abbildung 3 zeigt exemplarisch den Messaufbau im Prüfstand.



Abbildung 3: Aufbau des Vorwand-Installationssystems (links) im Prüfstand und komplette Musterinstallation mit den zu untersuchenden Sanitärobjekten (rechts)

Mittels dieser Musterinstallation konnte nun im Folgenden die von den verschiedenen Sanitärobjekten ausgehende Schallübertragung in diagonaler Richtung (nach unten oder oben) sowie in horizontaler Richtung (direkt über die Installationswand) ausführlich untersucht werden. Auch die flankierende Übertragung von einem Installationsraum in den darunter oder darüber liegenden anderen Installationsraum konnte mit diesem Messaufbau untersucht werden. Im Rahmen von verschiedenen Voruntersuchungen wurden mögliche Einflussgrößen auf die Schallerzeugung der Sanitärkomponenten und damit auf die Übertragung über die Gips-Installationswände untersucht. Hier ist z.B. der an der Armatur anliegende Wasserdruck oder die Temperatureinstellung der Armatur zu nennen. Für die eigentlichen Untersuchungen der verschiedenen Installationswände wurde dann die Mischstellung der Armaturen bei einem Wasserdruck von 0,3 MPa und 0,5 MPa verwendet. Ein Druck von 0,3 MPa entspricht dabei dem in einem Gebäude üblichen Wasserdruck, 0,5 MPa stellen das Maximum dar. Die Messungen der Installationsgeräusche im Prüfstand wurden in Anlehnung an die DIN EN ISO 10052 [4] unter Berücksichtigung der DIN 4109-11 [5] durchgeführt. Es wurden sowohl stationäre Installationsgeräusche, z.B. der Betrieb einer Waschtischarmatur oder Badewannenarmatur, die Prallgeräusche der Badewannen-Brause auf die Wannenoberfläche, als auch instationäre Geräusche, z.B. WC-Spülvorgänge oder Armaturenbetätigungen, untersucht. Alle in diesem Beitrag dargestellten Ergebnisse der Installationsgeräuschpegel sind auf 10 m^2 Absorptionsfläche bezogen. Vorzugsweise ist die für die Einhaltung von baurechtlichen Anforderungen maßgebliche diagonale Übertragung (in der Praxis in den fremden Wohnbereich) dargestellt.

Abbildung 4 zeigt als exemplarisches Beispiel die von der Badewanne ausgehenden Installationsgeräusche bei diagonaler Übertragung bei Verwendung von Gips-Massivwänden mit erhöhter Rohdichte ($m' = 120 \text{ kg/m}^2$). Dabei wurden sowohl die Geräusche der Badewannenarmatur als auch die Prallgeräusche der Badewannenbrause jeweils für die leere und die mit 10 cm gefüllte Badewanne gemessen. Die Armaturengeräusche bei leerer Badewanne sind relativ unkritisch und liegen nur wenige dB über dem Grundgeräusch, die Geräusche der Brause liegen jedoch deutlich höher. Das Vorhandensein von 10 cm Wasser in der Wanne führt sowohl bei der Armatur als auch bei der Brause zu einer Pegelerhöhung. Bei der weiteren Befüllung der Wanne hat sich gezeigt, dass der Installationsgeräuschpegel tendenziell wieder etwas abnimmt.

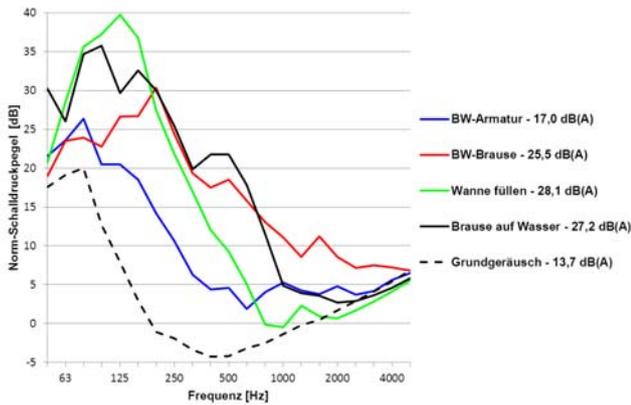


Abbildung 4: Von der Badewanne (Armatur und Brause) ausgehende Installationsgeräuschpegel bei diagonaler Übertragung - Gips-Massivwand mit $m' = 120 \text{ kg/m}^2$

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden drei 100 mm dicke Gips-Massivwände mit unterschiedlichen Rohdichten, eine Kalksandsteinwand mit 220 kg/m^2 als Referenzwand (entsprechend den Vorgaben der DIN 4109) sowie als Ergänzung eine Gipsplatten-Ständerwand (mit 50 mm Ständerwerk und jeweils zweilagiger Beplankung) untersucht. An allen Wänden wurde dabei jeweils die gleiche Musterinstallation (siehe oben) aufgebaut.

Bei einem Vergleich der untersuchten Installationswände für die diagonale Übertragung ist bei allen Wänden ein ähnliches schalltechnisches Verhalten erkennbar. Die Ergebnisse liegen im Wesentlichen in der gleichen Größenordnung, dies wird in Abbildung 5 für das Füllen (mittels Badewannenarmatur) der bereits mit 10 cm Wasser gefüllten Badewanne deutlich.

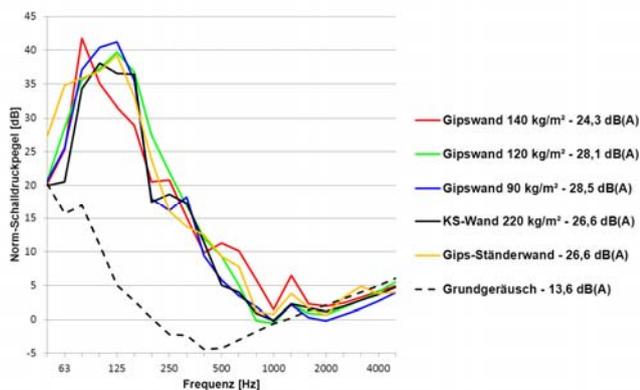


Abbildung 5: Installationsgeräuschpegel der verschiedenen untersuchten Installationswände bei Befüllung der bereits mit 10 cm Wasser gefüllten Badewanne durch die Armatur - diagonale Übertragung

Abbildung 6 zeigt für die Sanitärobjekte Waschbecken, Badewanne (Armatur und Brause / jeweils Wanne leer und mit 10 cm Wasser) sowie WC (Spitzenwert) den Vergleich der Einzahlwerte für die untersuchten Installationswände aus Gips-Wandbauplatten (GWBP), aus Kalksandstein-Mauerwerk und der Gipsplatten-Ständerkonstruktion. Tendenziell sind die Installationspegel bei der Kalksandsteinwand am geringsten, die Ergebnisse der Gipswände sind jedoch meist nur unwesentlich höher oder teilweise sogar besser. Somit liegen die einzelnen Ergebnisse der untersuchten Installationswände für die jeweiligen

Sanitärobjekte im Großen und Ganzen in einer ähnlichen Größenordnung. Die Armaturengeräusche von Waschtisch und Badewanne sind eher unproblematisch. Bei WC-Spülvorgängen kann es bedingt durch das ablaufende Wasser zu höheren Installationsgeräuschpegeln kommen, diese sind jedoch nur von relativ kurzer Dauer (wenige Sekunden). Auch die Prallgeräusche der Badewannen-Brause (in die leere Wanne oder auf Wasser) führen gegenüber den reinen Armaturengeräuschen zu erhöhten Installationspegeln.

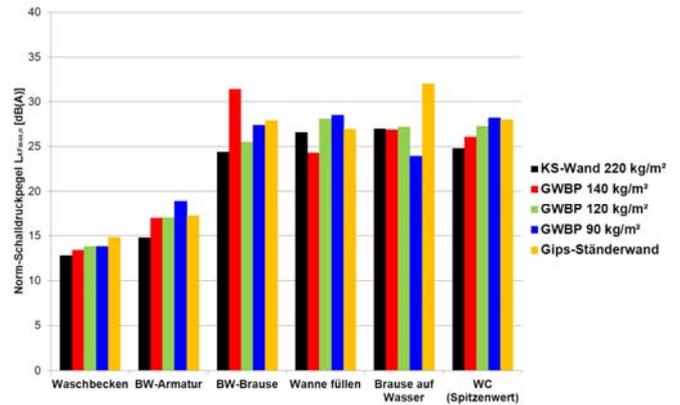


Abbildung 6: Vergleich der Einzahlwerte der verschiedenen Installationswände für die hauptsächlich untersuchten Sanitärkomponenten - diagonale Übertragung (GWBP = Gips-Wandbauplatten)

Bei Betrachtung der Ergebnisse wird auch deutlich, dass die Geräusche der Badewannen-Brause hinsichtlich der Einhaltung der Anforderungen der DIN 4109 teilweise kritisch sein können. Daher wurden noch zusätzliche Einflüsse untersucht, z.B. die Schallabstrahlung der Decke in den Empfangsräumen. Zur Verminderung der Abstrahlung wurden auf der Trenndecke ein schwimmender Estrich und darunter eine abgehängte Unterdecke eingebaut. Anschließend wurde die Messreihe erneut durchgeführt. Bei der Gips-Installationswand mit $m' = 140 \text{ kg/m}^2$ betrug der Einfluss bei der Badewannen-Armatur etwa 2 bis 3 dB und bei der -Brause sogar 7 dB. Dieser große Einfluss ist damit zu begründen, dass die Badewanne nicht nur Kontakt zur Installationswand hat, sondern auch auf der Trenndecke aufgestellt ist und diese somit direkt anregt. Es konnte auch gezeigt werden, dass die Verkleidung der Badewanne mit einer Fliesenträgerplatte einen negativen Einfluss auf die Schallübertragung der Installationsgeräusche hat. Die Verkleidung bildet dabei eine Schallbrücke zwischen Badewanne, Decke und Installationswand. Prinzipiell hat auch die Art des Sanitärobjekts selbst einen großen Einfluss auf den Installationsgeräuschpegel im schutzbedürftigen Raum. Ergänzend zu den Messungen mit einer Standard-Stahlbadewanne wurden auch Untersuchungen mit einer schalltechnisch optimierten Stahl-Badewanne durchgeführt. Diese, eigentlich für den Schweizer Markt entwickelte, Badewanne war an der Außenseite zusätzlich bedämpft und hatte ein modifiziertes Fußgestell. Als zusätzliche Entkopplungsmaßnahme wurde die Badewannenverkleidung noch elastisch verfugt. Bei der Anregung mit der Badewannen-Brause ergab sich beispielsweise für die diagonale Übertragung bei den Gips-Installationswänden mit $m' = 120 \text{ kg/m}^2$ eine Pegelminderung von rund 10 dB gegenüber der Standard-Badewanne.

Gebäudemessungen

Als Ergänzung zu den messtechnischen Untersuchungen im Prüfstand waren auch Messungen in ausgeführten Gebäuden mit Installationswänden aus Gips-Wandbauplatten vorgesehen. Dabei sollen vor allem in Mehrfamilienhäusern solche Situationen untersucht werden, bei denen von einem Bad ausgehende Installationsgeräusche in einen schutzbedürftigen Raum einer benachbarten Wohnung übertragen werden. Der Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max}$ darf dabei entsprechend den Anforderungen der DIN 4109 einen Wert von 30 dB(A) nicht überschreiten. Zusätzlich sollte auch die Schallübertragung innerhalb der Wohnung, z.B. in ein an das Bad angrenzendes Schlafzimmer, betrachtet werden. Im eigenen Wohnbereich gibt es zurzeit keine bauordnungsrechtlichen Anforderungen an den zulässigen Schalldruckpegel von Sanitärinstallationen. Durch die Gebäudemessungen sollte die schalltechnische Leistungsfähigkeit der entkoppelten Gipswände in der realen Baupraxis quantifiziert werden. Zusätzlich wurden bei den messtechnischen Untersuchungen auch die Bauteilkenndaten - Schalldämmung, Stoßstellendämmung und Verlustfaktor - der entsprechenden Übertragungssituationen bestimmt. Anschließend wurde die von verschiedenen Sanitärgegenständen, z.B. Waschbecken, Dusche, Badewanne und Bidet, ausgehende Schallübertragung in schutzbedürftige Räume, z.B. Schlaf- und/oder Kinderzimmer, untersucht.

Insgesamt betrachtet hat sich bei den Gebäudemessungen gezeigt, dass bei der Übertragung in einen schutzbedürftigen Raum einer benachbarten (darunter oder daneben liegenden) Wohnung die ermittelten Norm-Schalldruckpegel teilweise relativ gering sind und häufig im Bereich des Grundgeräusches (≤ 20 dB(A)) liegen. Die (Prall)-Geräusche, die von Badewannen oder Duschwannen ausgehen, können jedoch unter Umständen zu einem deutlich lauterem Schalldruckpegel im schutzbedürftigen Raum führen. Bei allen untersuchten Übertragungssituationen konnten aber die Anforderungen der DIN 4109 gut eingehalten werden. Die Ergebnisse können deshalb auch als Hinweis auf die schalltechnische Eignung und Leistungsfähigkeit der Gips-Massivwände als Installationswände verstanden werden. Offensichtlich kann die Schallübertragung der von der flächenbezogenen Masse deutlich unter den Anforderungen der DIN 4109 liegenden Gips-Massivwände durch die Entkopplung (mittels Randstreifen) wirkungsvoll reduziert werden. Die in den Gebäuden gemessenen Stoßstellendämmmaße, die deutlich über dem Rechenwert für einen starren Stoß (mit den gleichen flächenbezogenen Massen) liegen, sind zusätzlich als Indiz für eine gut funktionierende Entkopplung der Gips-Installationswände zu deuten. Für die praktische Anwendung der Gips-Wandbauplatten als Installationswände bedeutet dies allerdings, dass die Qualität der Entkopplung einen großen Einfluss auf die schalltechnische Leistungsfähigkeit hat. Daher muss auf eine korrekte handwerkliche Ausführung der Entkopplung geachtet werden. Die Randstreifen dürfen nicht durch nachfolgende Arbeiten, z.B. Verputzen oder Verfliesen, überbrückt werden.

Zusammenfassung

Sowohl bei den umfangreichen Prüfstandsuntersuchungen als auch bei den ergänzenden Gebäudemessungen hat sich

bestätigt, dass zusätzlich zur Installationswand auch die Art der Sanitärobjekte und deren Anbindung an die Installationswand einen großen Einfluss auf die Höhe des Installationsgeräuschpegels haben. Dies ist insbesondere bei Sanitärkomponenten, die nicht nur direkt an der Installationswand befestigt sind, sondern auch auf der Trenndecke stehen, z.B. Bade- oder Duschwannen, der Fall. Hierbei kommen je nach baulicher Gegebenheit zusätzlich zur Übertragung über die Installationswand ggf. auch die direkte Anregung der Trenndecke und deren Abstrahlung im schutzbedürftigen Raum hinzu. Teilweise bieten die Sanitärkomponenten zur Verminderung dieser Einflüsse aber auch noch Verbesserungspotential, z.B. durch zusätzliche Bedämpfung des Wannenkörpers und optimierte Fußgestelle bei Badewannen.

Davon unabhängig hat sich aber gezeigt, dass zur Reduzierung der Schallübertragung innerhalb der Gebäudekonstruktion nicht nur schwere Installationswände mit einer flächenbezogenen Masse von $m' = 220$ kg/m², sondern auch leichte, aber entkoppelt eingebaute, Gips-Massivwände geeignet sind. Bei den massiven Gipswänden konnte aufgrund der Entkopplung ein besseres schalltechnisches Verhalten, als man es aufgrund der relativ geringen flächenbezogenen Masse erwarten würde, nachgewiesen werden. Da die schalltechnischen Vorteile der Gips-Massivwände maßgeblich durch die Entkopplung beeinflusst werden, muss auf deren Ausführungsqualität geachtet werden.

Insgesamt hat sich im Rahmen des Forschungsvorhabens gezeigt, dass mit allen untersuchten Installationswänden relativ niedrige Installationsgeräuschpegel erreicht werden können. Dies ist speziell für die hinsichtlich der Anforderungen der DIN 4109 relevante diagonale Übertragung in den fremden Wohnbereich der Fall. Sowohl die Ergebnisse der drei untersuchten Gips-Massivwände als auch die Ergebnisse der ergänzend untersuchten Gipsplatten-Ständerwand sind mit den Resultaten der schweren KS-Massivwand mit $m' = 220$ kg/m² vergleichbar.

Literatur

- [1] DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Anforderungen, November 1989
- [2] Konstruktive und planerische Voraussetzungen für den Einsatz schalltechnisch optimierter Installationswände aus Gips-Wandbauplatten und Gipskartonplatten - Über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie gefördertes Forschungsvorhaben
- [3] Direkt- und Flankendämmung von Wänden aus Gips-Wandbauplatten, Bauphysik 31 (2009), Heft 6, Ernst & Sohn Verlag
- [4] DIN EN ISO 10052: Akustik - Messung der Luftschalldämmung und Trittschalldämmung und des Schalls von haustechnischen Anlagen in Gebäuden - Kurzverfahren, Oktober 2010
- [5] DIN 4109-11: Schallschutz im Hochbau - Teil 11: Nachweis des Schallschutzes - Güte- und Eignungsprüfung, Mai 2010