Erhöhter Schallschutz bei Installationsgeräuschen – Normanforderungen und Kundenerwartung

Oliver Wolff[1], Tiphaine Ricoup[2], Paul Bürgi[3], Samuel Pasteur[3]

[1] *Geberit International AG, CH-8645 Jona, E-Mail:oliver.wolff@geberit.com*
[2] *Université de Technologie Compiègne*
[3] *Geberit International AG, CH-8645 Jona*

Einleitung

Installationsgeräusche stellen im Wohnungsbau eine wichtige Geräuschkategorie dar. Sie werden in der Regel als unangenehm und störend empfunden. Aber was ist eigentlich unter Installationsgeräuschen genau zu verstehen? Welche physikalischen Prinzipien spielen eine Rolle? Welche Anforderungen, gesetzliche Normen und Richtlinien existieren bereits, was ist in Planung und was kann sanitärtechnisch getan werden, um die Akustik von Installationsgeräuschen zu verbessern?

Hierzu werden Ergebnisse einer Masterarbeit vorgestellt, die im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der Universität Compiègne entstand. Dabei zeigt sich insbesondere die physikalische Komplexität des Installationsgeräusches. Das Geräusch ist nicht nur instationär, zusätzlich wechseln dominierende Schallpfade ihre Anteile während des Spülvorganges. Diese Tatsache erschwert eine praktikable mathematische Modellierung für Anwendungen in Normen.

Neben den Anforderungen aus geltenden Normen und Richtlinien spielt auch die subjektive Belästigung der Verbraucher eine zunehmend wichtigere Rolle. Dies ist einerseits wichtig für die Kundenzufriedenheit, kann im Streitfalle aber auch zivilrechtlich relevant sein.

Zur Beleuchtung dieser Thematik wird auf eine Studie eingegangen, die im Rahmen eines aktuellen Kundenprojektes erstellt wurde. Der Bauträger befürchtet, dass das Spülen mit einem Spülgut zu einer grossen Geräuschbelästigung führt und er dadurch regresspflichtig wird. Testmessungen mit Quark als Spülgut bestätigen die hohen Pegel. Spülungen mit Wasser sind hingegen unauffällig. In normgerechten Prüfungen wird diese Situation derzeit nicht betrachtet. Eine praxistaugliche Lösung für das akustische Problem wird vorgestellt.

Installationsgeräusch

Das Spülgeräusch lässt sich vereinfacht im Pegel-Zeit Diagramm darstellen und in drei Phasen unterteilen (siehe Abbildung 1)

Phase 1: Der erste Peak kennzeichnet den Auslösevorgang beim Spülen. Es wird als Betätigungsgeräusch bezeichnet und ist dem Charakter nach ein instationäres, d.h. ein sich zeitlich änderndes Geräusch.

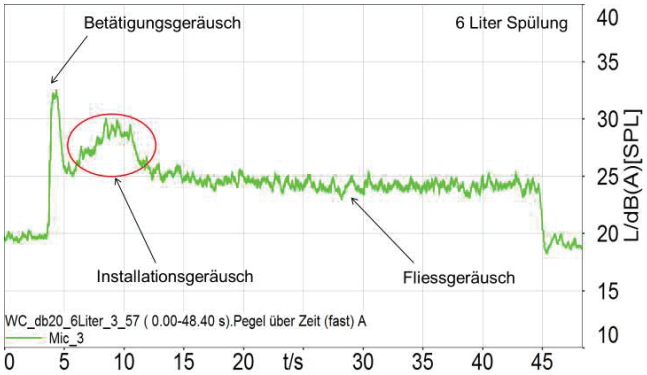

Abbildung 1: Die drei Phasen des Spülgeräusches.

Phase 2: Der 2.te Peak ist das i.a. pegelbestimmende Installationsgeräusch. Das Geräusch umfasst die Interaktion des Sanitärobjektes mit der ihn umgebenden Struktur sowie das Schliessen der Heberglocke. Auch dieses Geräusch ist ein instationäres Geräusch.

Phase 3: Das Fliessgeräusch bildet die dritte Phase des Spülvorganges und ist im Gegensatz zu den Geräuschen der ersten beiden Phasen ein stationäres Geräusch. Es ist in der Regel nicht pegelbestimmend. Im späteren Zeitverlauf wird es überlagert durch das Auffüllgeräusch des Spülkastens. Das Fliessgeräusch kann im Labor durch stationäre Messungen mit einer konstanten Durchflussrate bestimmt werden, wie z.B. nach der DIN EN 14366 [1].

Kundenerwartung

Im gesamten Spülvorgang liefert das Betätigungsgeräusch in der Regel den grössten Beitrag. Es wird daher vom Nachbarn auch am stärksten wahrgenommen.

Dem Kunden ist im Allgemeinen nicht bewusst, dass gerade dieses Betätigungsgeräusch in Deutschland aus der Schallschutzbetrachtung kategorisch ausgeschlossen wird.

Nach höchstrichterlichen Entscheiden der letzten Jahre darf der Kunde zivilrechtlich einen angemessenen Schallschutz (Schalldämmung) erwarten, der über das Mass der bauordnungsrechtlich eingeführten Normen hinausgehen kann. Dies gilt selbst dann, wenn diese Normen im Bauvertrag ausdrücklich vereinbart worden sind.

Installationsgeräusch und Normung

In Deutschland wird das Betätigungsgeräusch bei Normmessungen nicht betrachtet, da unter anderem die Reproduzierbarkeit vom Auslösevorgang und somit vom Nutzer abhängt. (Anmerkung: In Italien wird das Betätigungsgeräusch erfasst. Hier greift man auf die Slow-Bewertung zurück, die Spitzen im Pegel Zeit Diagramm

glättet. In der Schweiz werden in der SIA 181 [2] Betätigungsberausche und sogar Benutzergeräusche in die Bewertung mit einbezogen.)

In Deutschland wird daher vor allem bei normgerechten Messungen das Installationsgeräusch, d.h. der 2. Peak, ausgewertet.

Fliessgeräusche sind i.a. nicht pegelrelevant und können durch Messungen nach DIN EN 14366 ermittelt werden. Diese Norm kann zukünftig in der neuen DIN 4109 [3] als Planungshilfe optional verwendet werden.

Im Entwurf zur neuen DIN 4109 wird derzeit über Muster-installationslösungen für Sanitärinstallationen diskutiert.

Die DIN ist bauordnungsrechtlich geschuldet. Für Prüfungen von Sanitärgeräuschen wird innerhalb der DIN 4109 auf die DIN 10052 Bezug genommen.

Relevant für die Einhaltung der Normen sind in der Regel Räume, die diagonal unter dem Raum der Auslösung liegen. Diese diagonalen Räume sind potentielle Aufenthaltsräume mit einem erhöhten Ruhe- und Schutzbedürfnis (Schlafzimmer, Wohnzimmer, etc.).

Für die Europäische Norm prEN 15657-2 [4] wird derzeit ein Konzept erarbeitet zur mathematischen Modellierung und Beschreibung von Sanitärgeräuschen.

Erhöhter Schallschutz nach VDI 4100 [5] oder Beiblatt 2 [6] der DIN 4109 kann je nach Situation zivilrechtlich geschuldet sein, auch wenn sie vertraglich nicht explizit vereinbart ist.

Komplexität des Installationsgeräusches

Die Norm prEN 15657-2 hat zum Ziel, Eingangsgrössen von Bauteilen für die Berechnung von Sanitärgeräuschen nach EN 12354-5 bereitzustellen. Wie aufwendig ist ein derartiges Berechnungsmodell?

An einer Sanitärinstallation in einer Leichtbauwand wurde im Rahmen einer Masterarbeit eine akustische Transferpfadanalyse durchgeführt. Gemessen wurde im diagonal darunter liegenden Raum. Das Bild 2 zeigt das entsprechende Spektrum und darunter den Pegel Zeit Verlauf.

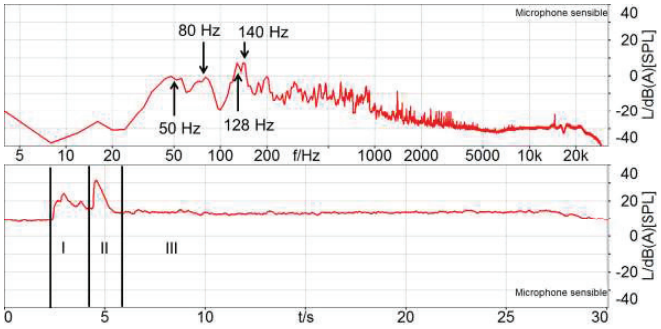

Abbildung 2: Spülgeräusch, Spektrum und Zeitverlauf

Das Diagramm 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des Geräusches in der FFT über Zeit Darstellung.

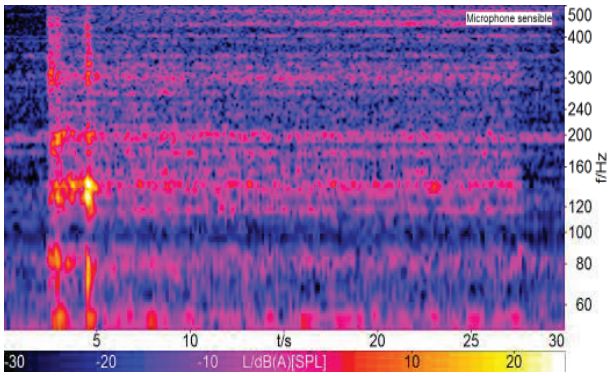

Abbildung 3: Spülgeräusch, FFT über Zeit.

Der erste Peak hat die Haupt-Frequenzkomponenten 50 Hz und 80 Hz, der zweite Peak 80 Hz, 128 Hz und 140 Hz.

Die Hypothese ist, dass der Schallbeitrag für den 128 Hz Peak über den Boden und die Decke erfolgt. Zur Verifizierung wird folgender Versuchsaufbau mit Körperschallaufnehmern gewählt (Bild 4).

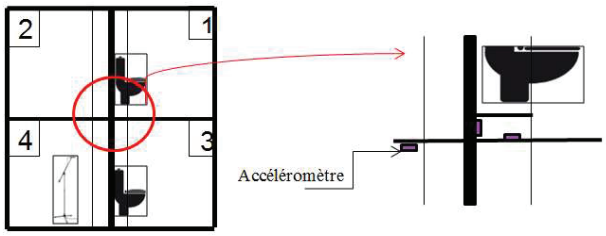

Abbildung 4: Aufbau mit Körperschallaufnehmer.

Die Auswertung der Körperschallsignale zeigt, dass insbesondere der 2. Peak im Pegel Zeit Verlauf durch einen Schallpfad über den Boden hervorgerufen wird. Der Beitrag liegt bei der Frequenz 128 Hz.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen werden akustische Massnahmen umgesetzt, die zielgerichtet auf den 128 Hz Peak in der zweiten Phase des Spülgeräusches wirken.

Die Massnahmen wirken selektiv, der Effekt ist im Luftschall gut zu erkennen (Bild 5). Der erste Peak wird um ca. 1 dB leicht reduziert, der zweite Peak wird hingegen um ca. 5 dB verringert.

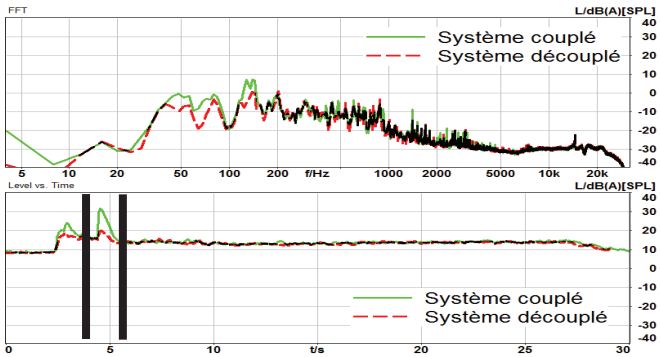

Abbildung 5: Selektive Wirkung auf den 2. Peak.

Das Diagramm 6 zeigt die Übersicht in der FFT über Zeit Darstellung, links ohne und rechts mit akustischen Massnahmen.

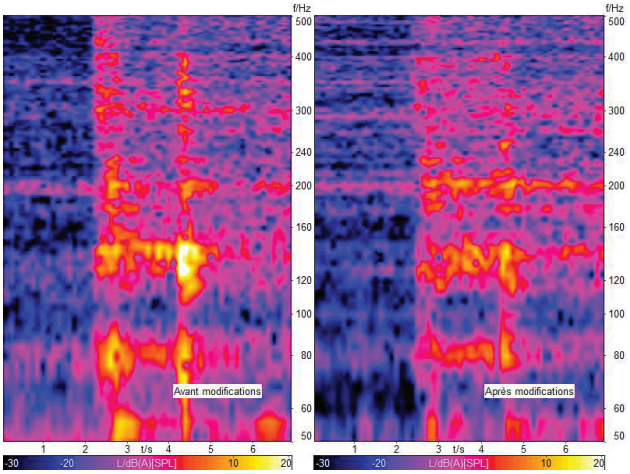

Abbildung 6: Entkopplungswirkung auf das Spülgeräusch

Wie das Ergebnis zeigt, sind die Phasen 1 und 2 des Spülgeräusches komplex aufgebaut. Zu unterschiedlichen Zeiten tragen verschiedene Frequenzen zum Geräusch bei, d.h. die akustischen Transferpfade sind zeitabhängig. Ein zukünftiges, mathematisches Modell zur Beschreibung des Spülgeräusches muss diesem Umstand Rechnung tragen.

Stabilität des Installationsgeräusches

Das hydraulische Zusammenspiel zwischen Spülkasten, Heberglocke und Keramik spielt eine nicht unerhebliche Rolle. So ist es in bestimmten Konfigurationen entscheidend, ob sich das System in einem stabilen oder einem labilen Zustand befindet. Ist die Abstimmung der Elemente zueinander unzureichend, können erhebliche akustische Effekte beim Zuschlaggeräusch der Heberglocke auftreten, selbst wenn es sich um Keramiken derselben Charge handelt. Minimale Fertigungstoleranzen können so zu erheblichen akustischen Effekten führen. Dargestellt ist der Pegelverlauf für den diagonal zur Anregung liegenden Raum. Gemessen wurde eine Installationswand mit zwei baugleichen Keramiken aus einer Charge (Abbildung 7).

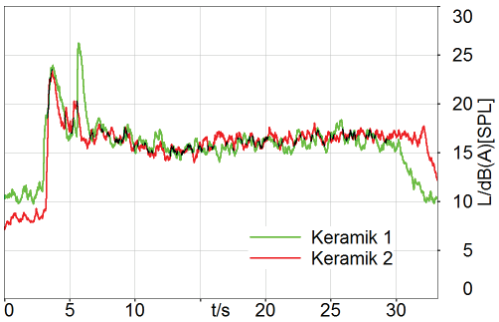

Abbildung 7: Einfluss von Fertigungstoleranzen.

Messungen mit Quark als Spülgut

Unabhängig von gesetzlichen Vorgaben zum Schallschutz nach DIN 4109 gibt es vermehrt zivilrechtliche Bedenken bei Bauträgern, wie das folgende Beispiel aus der Praxis zeigt:

In einem mehrstöckigen Wohnhaus wurde ein Schacht mit Abwasserleitungen durch schutzbedürftige Räume gelegt. Trotzt dieser planerischen Besonderheiten, ist das Installationsgeräusch bei der Spülung mit Wasser unauffällig. Die Schallwerte für erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 der DIN 4109 in Höhe von 25 dB(A) werden eingehalten.

Beschwerden gab es jedoch, wenn Spülungen mit einem Spülgut erfolgten. Hier lagen die akustischen Werte teilweise deutlich über 30 dB(A).

Zur Untersuchung wurden Tests mit Hilfe eines künstlichen Spülgutes vorgenommen. Dazu wurde 500 gr. Quark als Testmasse verwendet.

Abbildung 8: Messung mit Quark als Spülgut.

Abbildung 8 zeigt den Pegel/Zeit Verlauf für verschiedene Spülungen mit Quark. Die Messungen erfolgten im diagonal zur Anregung liegenden Raum. Die Abwasserleitung unterhalb des Messraumes wurde mit einer 90 Grad Umlenkung weitergeführt. Bild 9 zeigt die Resultate.

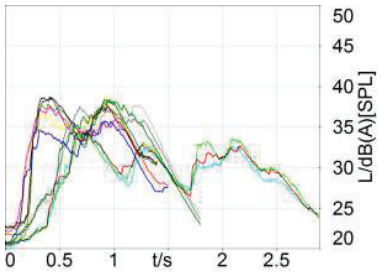

Abbildung 9: Hohe Pegel durch Spülgut.

Die maximalen Pegel liegen im Bereich um 38 dB(A). Die hohen Pegel sind unter anderem auf das Aufprallgeräusch in der Umlenkung zurückzuführen. Zur Elimination des potentiellen Einflusses der 90 Grad Umlenkung wurde ein gerader, freier Auslauf realisiert. Das Diagramm 10 zeigt das Resultat.

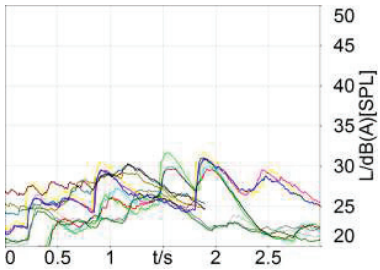

Abbildung 10: Geringere Pegel bei freien Auslauf.

Der Pegel ist zwar erkennbar geringer, dennoch übersteigt er mit ca. 30 dB(A) deutlich die geforderten 25 dB(A).

Den Vergleich der Spektren zwischen der Messung mit 90 Grad Umlenkung und ohne Umlenkung zeigt das Bild11.

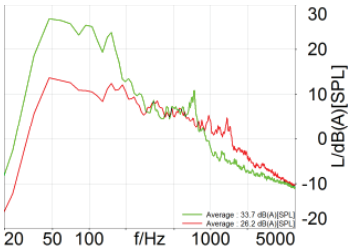

Abbildung 11: Einfluss Umlenkung, spektrale Differenzen.

Die Spektren weichen insbesondere im Frequenzbereich zwischen 50 und 200 Hz voneinander ab. Das heisst, der negative Effekt der Umlenkung wirkt vor allem in diesem Frequenzbereich. Ziel ist, das Rohr in diesem Frequenzbereich effektiv vom Baukörper so zu entkoppeln, dass eine Übertragung von Körperschall vermieden wird.

Die Körperschallübertragung zwischen Rohr, Brandmanschette und Betondecke wurde untersucht. Dazu wurde eine harte Anbindung zwischen Rohr und Decke (links) mit einer schallweichen Kopplung über eine weiche Brandschutzmanschette (rechts) verglichen, siehe Bild 12.

Abbildung 12: Entkopplung durch Brandmanschetten.

Das Körperschallübertragungsverhalten zwischen Rohr und Betondecke wurde mithilfe von Körperschallaufnehmern und eines Impulshammers gemessen.

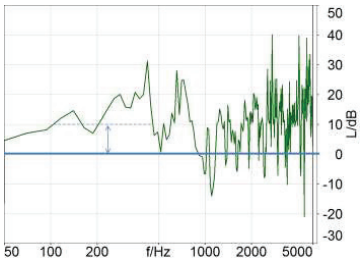

Abbildung 13: Entkopplungswirkung Brandmanschette.

Das Bild 13 zeigt die Differenz der Spektren, positive Werte bedeuten eine verbesserte Entkopplung durch die weiche Brandschutzeinlage. Die weiche Entkopplung wirkt zwischen 50 Hz und ca. 400 Hz. Das liegt im gewünschten Zielbereich.

Folgender Aufbau wurde realisiert: Der Schacht ist 4-fach beplankt mit Gipskartonplatten mit je 18 kg/m^2, Metall-Ständerwerk, Schaum/Schwerschicht Dämmmatten als Rohrummantelung, Rohrschelle entkoppelt und an elastisch gelagertem, separaten Ständerwerk befestigt, Brandschutzeinlage zwischen Rohr und Beton auf Mineralwolle-Basis.

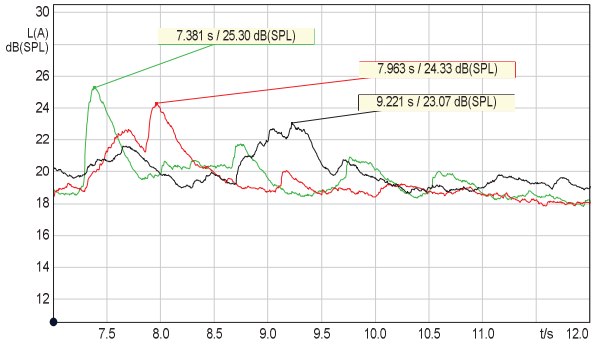

Abbildung 14: Drei Wiederholungmessungen mit Quark.

Messungen mit Quark ergaben mit diesem Aufbau Werte von ca. 25 dB(A), siehe Bild 14. Der Schallpegel konnte somit im Vergleich zur ursprünglichen Bausituation um ca. 13 dB reduziert werden.

Zusammenfassung

Die erste Phase des Spülgeräusches ist kundenrelevant, wird in Deutschen Normenmessungen aber nicht betrachtet.

Die zweite Phase ist für Deutsche Normmessungen in der Regel pegelbestimmend.

Das Fliessgeräusch der Phase 3 ist in der Regel nicht pegelbestimmend.

Die Spülgeräusche der ersten beiden Phasen sind nicht nur instationär, die Übertragungspfade ändern sich sogar während des Spülvorganges. Eine mathematische Modellbildung für diese ersten beiden Phasen des Spülgeräusches ist daher komplex und aufwendig.

Das Installationsgeräusch kann unter Umständen stark von Fertigungstoleranzen der Einzelkomponenten abhängen.

Akustische Messungen von Sanitäranlagen werden normalerweise mit Wasser durchgeführt. Bei Verwendung eines Spülgutes kann der Pegel erheblich ansteigen. Bauträgern können zivilrechtliche Konsequenzen drohen. Für den vorliegenden Fall konnten praktikable, akustische Gegenmassnahmen ergriffen werden, die den Pegel von ca. 38 dB(A) auf ca. 25 dB(A) reduzieren.

Literatur

[1] DIN EN 14366: Messung der Geräusche von Abwasserinstallationen im Prüfstand. Version Februar 2005

[2] SIA 181: Schweizer Norm. Version 2006

[3] DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise. Version November 1989

[4] EN Norm prEN 15657-2 in Bearbeitung

[5] VDI 4100: Schallschutz im Hochbau- Wohnungen-Beurteilungen und Vorschläge für erhöhten Schallschutz. Version Oktober 2010

[6] DIN 4109 Beiblatt 2: Hinweise für Planung und Ausführung – Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz. Version November 1989