

# Tieffrequenter Wohnlärm - Ursachen, Auswirkungen und Minderungsmöglichkeiten

Joachim Feldmann, André Jakob

Technische Universität Berlin, Institut für Strömungsmechanik und Technische Akustik, 10587 Berlin, Deutschland,  
Email: joachim.feldmann@tu-berlin.de andre.jakob@tu-berlin.de

## Problemstellung

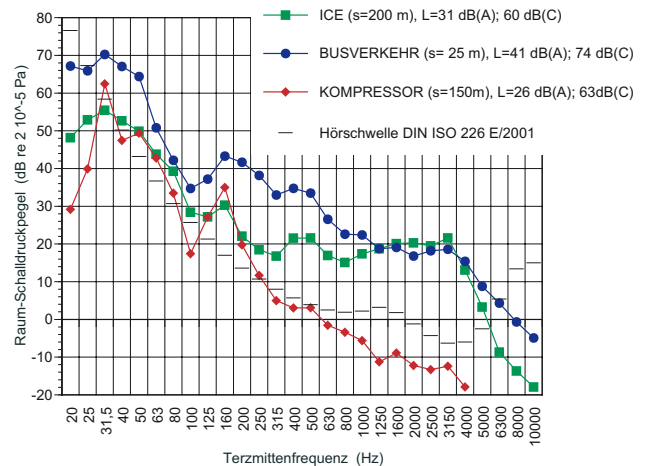
In Wohnräume übertragene Umweltgeräusche durchlaufen auf ihrem Weg vom Emissionsort bekanntermaßen mehrere physikalische Tiefpassfilter. Die insgesamt auftretende Reduzierung und damit starke Verfremdung eines im subjektiven Erfahrungsschatz bekannten Geräusches zu tiefen Frequenzen hin, wird als Ursache besonderer Lärmwirkungen gesehen. Der Beitrag umreißt den Kenntnisstand der Problematik tieffrequenten Lärms und zeigt technische Lösungen auf.

Frühe Untersuchungen zu dem Thema findet man in [1] [2], aktuelle Zusammenfassungen zur gesamten Problematik in [3] [4]. In Deutschland ist es anfangs vor allem Wietlake [5] [6], der sich mit der tieffrequenten Geräuschbelastung und ihrer Bewertung auseinander setzt, seine wesentlichen Erkenntnisse sind in die DIN 45680 eingeflossen. Obwohl diese Norm Teil der TA-Lärm (1989) ist, ist die Zahl der Beschwerden durch tieffrequente Geräuschbelastungen im letzten Jahrzehnt stetig gestiegen.

Bevor Geräusche der technischen Umwelt in Aufenthaltsräume gelangen, unterliegen sie bekanntermaßen vielfachen physikalischen Einflüssen, die den Charakter solcher Geräusche stark verändern. Hier sind insbesondere die frequenzabhängigen Dämpfungs- und Dämpfungseinflüsse gemeint:

- Dissipation bei der Schallausbreitung in Luft (DIN ISO 9613-2)
- Bodenoberflächen- und Meteorologiedämpfungseinflüsse (DIN ISO 9613-2)
- Bewuchsdämpfung (DIN ISO 9613-2)
- Schallschutzwände (VDI 2720)
- Dämmungscharakter der Gebäudehüllen, aber auch der Trennwände innerhalb von Gebäuden
- Raumresonanzen
- Bei Sekundärschallanteilen: Ausbreitungsverluste im Erdboden und in schwingenden Strukturen.

Diese Effekte führen dazu, dass ursprünglich breitbandige Geräusche, beispielsweise Straßenverkehrslärm, Tiefpass gefiltert werden und durch Raum- und Wandresonanzen einzelne Anteile sogar verstärkt werden können. Zusätzlich werden Schallsignale von ursprünglich rein tieffrequenten Quellen weit gehend ohne wesentliche Abschwächung übertragen. Die verbleibenden Geräuschanteile in Wohnungen weisen also immer tieffrequenten Charakter auf, wie die Abbildung anhand von drei verschiedenen Geräuscharten zeigt (Raumvol.=33m<sup>3</sup>, Fenster S= 2,8 qm, 8/16/8 R'w= 35(-2,-4) dB, 1te Raumresonanz= 35 Hz, s= Abstand außen von Fassade, Quellen: eigene Messungen und [1], [5]).



Für ältere Menschen kommt noch hinzu, dass aufgrund der alters bedingten Abnahme der Hörfähigkeit bei hohen Frequenzen (Presbycusis), eine zusätzliche subjektive Abschwächung der hohen Frequenzen auftreten kann.

Insgesamt bedeuten diese Einflüsse, dass Immissionen von Umweltgeräuschen in geschlossenen Räumen zwar partiell leiser sind, aber deutlich spektral verfremdet sein können.

## Wirkungen und Konsequenzen

Die Konsequenzen aus den geschilderten Tatsachen sind vielfältig, die Wirkungen in Regelwerken bisher nur unvollkommen berücksichtigt: beim Immissionsschutz in der DIN 45680, bzgl. des baulichen Schallschutzes in den Spektrum-Anpassungswerten der DIN EN ISO 717-1. Was die störenden und belästigenden Aspekte betrifft, muss festgestellt werden, dass sich die Lärmwirkungen tieffrequenter Geräusche deutlich von denen normaler Geräusche unterscheiden, sie sind durch hörphysiologische aber auch psychologische Besonderheiten geprägt [3] [4].

### Hörschwelle und Kurven gleicher Lautstärke

Die Wahrnehmungsschwelle für tieffrequenten Schall liegt ab 4 Hz aufwärts vor, d. h. Infraschallanteile in Immissionen sind generell wahrnehmbar [3]. Bei 4 Hz liegt diese Schwelle bei etwa 105 dB Schalldruckpegel. Kurven gleichen Lautstärkepegels sind bis hinab zu 2 Hz erfasst worden [3]. Die "Daumenregel", dass ein 10 dB Anstieg im Schalldruckpegel einer Verdopplung der Lautstärke entspricht, trifft bei tieffrequent dominierten Geräuschen nicht mehr zu, bei Geräuschen um 20 Hz muss man bereits von 5 dB für eine Verdopplung der Lautstärke ausgehen [3].

### Einfluss von Vibrationen

Nach heutigem Kenntnisstand ist davon auszugehen, dass sich die Wahrnehmungsschwelle für tieffrequenten Luftschall in Anwesenheit von gleichzeitig wahrnehmbaren Vibrationen erniedrigt und sich

Wirkungen verstärken. Die Effekte können sich bereits bei Schalldruckpegeln bemerkbar machen, die etwa 5 dB unter der jeweiligen individuellen Hörschwelle liegen [7]. Dabei müssen nicht einmal strenge spektrale Zusammenhänge gegeben sein.

### **Belästigung**

Belästigung durch Lärm ist eng verbunden mit Störungen des Schlafs oder mit Störungen anderer Aktivitäten. Belästigung kann Disstress auslösen, d. h., sie kann Angst, Bedrohung, Ärger, Unbestimmtheit, Ungewissheit, eingeschränktes Kommunikations- und Freiheitserleben verursachen. Es sind i. a. große individuelle Schwankungen in den Belästigungsurteilen zu verzeichnen [8]. Akustische Faktoren erklären normalerweise nur etwa 20-30% der Varianz, während individuelle Faktoren wie die Lärmempfindlichkeit oder Einstellung zur Lärmquelle einen ähnlich großen Teil der Schwankungen erklären [9]. Für tieffrequente Geräusche liegen weniger systematische Untersuchungen vor, die es gestatten nichtakustische Einflussgrößen eindeutig zu quantifizieren. Man kann aber davon ausgehen, dass hier ähnliche Zusammenhänge existieren, wie im normalen Hörfrequenzbereich [3], [4].

### **Wahrnehmungspsychologie**

Es ist hinsichtlich des Schallschutzes im Wohnungsbau nicht anstrebenswert eine totale Schallisolation zu erreichen (sog. „Aquariumseffekt“), der verbleibende, wahrnehmbare Hintergrundgeräuschpegel sollte aber die Möglichkeit zu gewissen Assoziationen mit den verursachenden Quellen zulassen. Wie man aus der Wahrnehmungspsychologie weiß, beurteilt der Mensch die Umwelt aufgrund des vorhandenen individuellen, aber auch kollektiven Erfahrungsschatzes. Dabei spielen visuelle und auditive Sinneseindrücke eine bedeutsame Rolle. Das spektral verfremdende und damit von der ursprünglichen Bedeutung losgelöste, tieffrequent dominierte Innengeräusch führt oft zur Nicht-identifizierbarkeit der ursprünglichen Quellen und damit zur Verunsicherung. Seit Urzeiten assoziiert der Mensch mit tieffrequenten Geräuschen Gefahrenpotentiale und lebensbedrohende Ereignisse, beispielsweise durch Erdbeben oder Sturm. Das bedeutet, diese Geräusche können aufgrund ihres Charakters etwas Beunruhigendes und Unheimliches an sich haben, was zu unterschwelliger Angst führen kann [10]. Dabei kommt es gar nicht so sehr auf die Lautstärke an. Diese bekannten Wirkungen werden heutzutage insbesondere in Verbindung mit tieffrequenten Vibrationen in modernen Horror und Science-Fiction Filmen bewusst ausgenutzt [11].

### **Störung der Kommunikation**

Den tieffrequenten Innengeräuschen kommt eine weitere nicht zu vernachlässigende Bedeutung in Zusammenhang mit der Störung der Sprachverständlichkeit und damit der Kommunikation zu. Laute tieffrequente Töne können höhere leisere Töne leicht verdecken, aber tiefe leise Töne werden durch hohe laute Töne nicht verdeckt. Damit können die zur Verständlichkeit notwendigen Konsonanten besonders gestört werden [12].

### **Technische Lösungen**

Aufgrund der auf dem Ausbreitungsweg unvermeidlichen physikalisch bedingten Einflüssen, ist zu fragen, ob wenigstens die Schalldämmung der Gebäudehüllen und

trennenden Bauteile bei tiefen Frequenzen verbessert werden könnte. Konventionelle Techniken helfen da nur sehr eingeschränkt weiter. Es bieten sich aber Lösungen mit Aktiver Schallfeldbeeinflussung (ANC) an [13].

Durch Anheben der Schalldämmung bei tiefen Frequenzen wird der oben beschriebene Filtereffekt relativiert und die Schalldämmung über den ganzen Frequenzbereich ausgeglichener.

Solche Maßnahmen machen sich zwar in den Spektrum-Anpassungswerten deutlich, nicht jedoch im bewerteten Schalldämm-Maß oder im A-bewerteten Schalldruckpegel bemerkbar, weil hier aufgrund der jeweiligen Bewertungskurven die tiefen Frequenzen entsprechend unterbewertet werden. Deshalb ist es schwierig eine allgemeine Akzeptanz für die hier diskutierten Zusammenhänge und notwendigen Umsetzungen zu erreichen. Die Ziele des Schallschutzes sind nach Auffassung der Autoren damit nur unvollkommen umgesetzt.

### **Literatur**

- [1] Vaseduan, R. N., Gordon, C. G. 1977: Experimental study of annoyance due to low frequency environmental noise. *Applied Acoustics* Vol. 10, 57-69
- [2] Hubbard, H. H. 1982: Noise induced house vibrations and human perception. *Noise Control Engineering Journal* Vol. 19 (2), 49-55
- [3] Leventhall, G. 2003: A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London, Contract EPG 1/ 2/ 50
- [4] Berglund, B.; Hassmen, P. 1996: Sources and effects of low-frequency noise. *Journal Acoustic Society America*, Vol. 99 (5), 2985-3002
- [5] Wietlake, K. H. 1983: Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche. LIS-Berichte der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes NRW, Heft 38, Essen
- [6] Wietlake, K. H. 1990: Beurteilung tieffrequenter Gewerbe Geräusche in Wohnungen. Fortschritte der Akustik - DAGA'90, Bad Honnef: DPG-GmbH
- [7] Sueki, M.; Noba, M.; Nakagomi, M.; Kubota, S.; Okamura, A.; Kosaka, T.; Watanabe, T.; Yamada, S. 1989: Study on Mutual Effects of Low Frequency Noise and Vibration. *J. Low Frequency Noise and Vibration* 8, 66-75
- [8] Weinstein, ND. 1978: Individual differences in reactions to noise: A longitudinal study in a college dormitory. *J Appl Psychol* 63, 458-466
- [9] Job R F S. 1988: Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *J Acoust Soc Am* 83, 991-1001
- [10] Tandy, V. & Lawrence, T.R. 1998: "The Ghost in the Machine", *Journal of the Society for Psychological Research*, Vol 62, No 851
- [11] Juslin, P. & Sloboda, J. A. (Eds.) (2001): *Music and Emotion: Theory and Research*. Oxford: Oxford University Press
- [12] Zwicker, E., Feldtkeller, R. 1967: *Das Ohr als Nachrichtenempfänger*. S. Hirzel Verlag, Stuttgart.
- [13] A. Jakob 2005: Antischall-Fenster in Theorie und (Labor)-Praxis. Tagungsband DAGA 05 München; 15-16