

Beurteilung von sekundärem Luftschall

Tommaso Meloni¹, Peter Billeter², Fredy Fischer¹

¹ Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL, Abt. Lärmbekämpfung, CH-3003 Bern, Schweiz,
Email: tommaso.meloni@buwal.admin.ch und fredy.fischer@buwal.admin.ch

² IUB Ingenieur-Unternehmung AG Bern, Thunstr. 2, Postfach, CH-3000 Bern, Schweiz,
Email: peter.billeter@iub-bern.ch

Einleitung

Externe wie auch interne Quellen (gelb markiert in Abb. 1) bringen ganze Gebäude zum Schwingen. Darunter fallen Verkehrsanlagen wie jene der Eisenbahnen aber auch haustechnische Einrichtungen wie z.B. eine Heizung. Die Ausbreitung der Schwingungen im Gebäude wird durch die Art der Schwingungen und vor allem durch die dynamischen Eigenschaften der Gebäude bestimmt. Die Gebäudestruktur überträgt die Schwingungen an das umgebende Medium Luft namentlich als sekundärer Luftschall („sL“ in Abb. 1).

Von zentralem Interesse im Zusammenhang mit einer Beurteilung hinsichtlich der Wirkung auf den Menschen ist die Generierung von sekundärem Luftschall in bewohnten Räumen. Speziell tragen dabei Resonanzphänomene von beispielsweise Böden zur Übertragung bei. Ebenso bestimmend für die Übertragung sind die Abstrahleigenschaften der Raumhülle resp. die Bauweise der begrenzenden Strukturteile und die Hallraumeigenschaften resp. die Grösse der Räume sowie die akustische Beschaffenheit der abstrahlenden Flächen. Abbildung 1 zeigt die Situation der Betroffenen, die sich in Gebäude aufhalten. Sowohl die taktil erlebten Schwingungen („E“ in Abb. 1) als auch der gehörte sekundäre Luftschall sind Wirkungen auf den Menschen im schwingenden Gebäude.

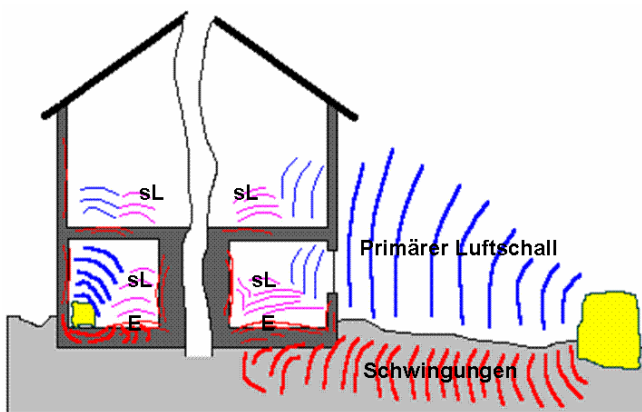


Abbildung 1: Situation der Einwirkung von Schwingungen in Gebäuden. „E“ für Erschütterungen, „sL“ für sekundärer Luftschall.

Wirkung auf den Menschen

Sekundärer Luftschall wird vom Menschen gelegentlich als dumpfes Grollen beschrieben. Betroffene sagen häufig auch „ich spüre“ anstelle von „ich höre“ den Zug im Tunnel oder das Rammen auf der Baustelle. Die Begriffe Spüren und

Hören werden teilweise synonym oder auch zufällig verwendet. Das Phänomen des sekundären Luftschalls ist oft schlecht zu trennen von den begleitenden quellenbezogenen Erschütterungen.

Erschütterungen können über den ganzen Körper gespürt werden. Rezeptoren in der Haut und den Muskeln und auch das dynamische Verhalten des Körpers bestimmen die Wahrnehmung (ein eigenständiges Erschütterungsorgan gibt es nicht), während der sekundäre Luftschall durch das Gehör analog dem Lärm wahrgenommen wird.

Einwirkung	Mensch	
	Wahrnehmung	Empfindung
Lärm	Ohr	Lästigkeit & Störung
		als Fernreiz Flucht möglich Ortung möglich
Erschütterung	taktil durch den „ganzen Körper“	Lästigkeit & Störung
		als Nahreiz keine Flucht möglich keine Ortung möglich
sekundärer Luftschall	auditiv durch das Ohr	Lästigkeit & Störung
		als Nahreiz keine Flucht möglich keine Ortung möglich

Tabelle 1: Vergleich von Wahrnehmung und Empfindung für die Einwirkungen Lärm, Erschütterung und sekundärer Luftschall.

Die bewertete Wahrnehmung d.h. die Empfindung des sekundären Luftschalls hingegen ist verwandter mit der Empfindung der Erschütterungen als mit der Empfindung des Lärms. Zusätzlich zur Lästigkeit und Störung, wie sie beim Lärm vorkommen, charakterisieren weitere Merkmale die Empfindung. Es handelt sich bei den Erschütterungen um einen Nahreiz: sie gehen buchstäblich unter die Haut. Dazu gibt es beim Aufenthalt im Gebäude keine Fluchtmöglichkeit: man ist einfach ausgeliefert. Das Ortungsdefizit für Erschütterungen bewirkt ein bedrohendes Gefühl. Ebenso ist der sekundäre Luftschall ein Nahreiz: der Mensch sitzt sozusagen „im Lautsprecher“. Massnahmen wie das Schliessen von Fenstern oder der Aufenthalt auf der quellenabgewandten Hausseite sind zwecklos. Auch die Ortung eines dumpfen Grollens, das von den Wänden, vom Boden oder/und von der Decke abgestrahlt wird ist nicht möglich.

Tabelle 1 vergleicht Wahrnehmung und Empfindung für Erschütterungen und sekundärem Luftschall.

Die Betrachtungen führen auf folgendes Wirkungsmodell: der Mensch erlebt bezüglich einer schwingenden Raumhülle Erschütterungen. Diese nimmt er sowohl über die Berührungsflächen des Körpers mit dem Raum als auch über den sekundären Luftschall mit dem Gehör wahr. Diese zwei Wahrnehmungen als zwei Aspekte von Erschütterungen bilden die Empfindung zum Phänomen Erschütterungen.

Beurteilung von sekundärem Luftschall

Eine Beurteilung des sekundären Luftschalls hinsichtlich der Empfindung ist anhand der Erschütterung wirkungsgerechter, als jene über den Schallpegel im Innenraum. Das heisst, dass die Beurteilungsgrösse für den sekundären Luftschall mit Vorteil auf einer Erschütterungsgrösse basieren soll. Damit ist allerdings im Beurteilungsverfahren noch nichts gesagt über den Vergleich der Beurteilungsgrösse mit einem Grenz- oder Richtwert.

Ein weiterer Grund für diesen Ansatz liegt auch in der Tatsache, dass es keine luftschallseitige Massnahmen gibt. Zur Bekämpfung dieses Phänomens werden ausschliesslich erschütterungsseitige Massnahmen eingesetzt wie z.B. Unterschottermatten bei den Eisenbahnen oder Schwingungsdämpfer bei haustechnischen Einrichtungen.

Die Anwendung einer Beurteilungsgrösse in dB(A) ist beim tieffrequenten Lärm nicht ohne weiteres übertragbar aus der Bekämpfung des primären Luftschalls (Aussenlärm). Eine gesonderte Betrachtungsweise in technischer und wirkungsorientierter Hinsicht wird schon durch die reine Existenz von Normen, Zeitschriften und Kongresse für tieffrequenten Lärm wie auch sekundären Luftschall begründet (z.B. DIN 45680 „Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft“, Zeitschrift „Low Frequency Noise, Vibration and Active Control“).

Auch für den Vollzug der Beurteilung dieser Einwirkung auf den Menschen können einige Vorteile genannt werden. Mit dem Bezug auf die ermittelte Geschwindigkeitsgrösse, welche auch die Basis für die Beurteilung von Erschütterung ist, entfallen Probleme wie: Wie ist dem Phänomen der stehenden Wellen in einem Raum ermittlungstechnisch zu entgegen? Welches ist bei einer konkreten Messung die Position des Mikrophons im Raum resp. welche Positionen müssten gemittelt werden? Welche Methode ist vollzugstechnisch vertretbar zur Trennung des sekundären Luftschalls vom quellenbezogenen primären Luftschall (Aussenlärm), der oft mit vergleichbarer Stärke präsent ist.

Das Erleben des sekundären Luftschalls enthält Komponenten (s. Tabelle 1) wie jenes von Erschütterungen. Das Erleben wird zusätzlich auch durch akustische Raumeigenschaften mitbestimmt. Im Resultat wird als Ermittlungsgrösse für die Beurteilung von sekundärem Luftschall eine gerechnete Grösse vorgeschlagen, die auf der ermittelten (gemessen oder prognostiziert) Geschwindigkeit der Raumhülle basiert und die raumcharakteristische Eigenschaften und Abstrahleigenschaften des Gebäuderaumes mit einbezieht.

Die Beurteilung des sekundären Luftschalls kann in das Konzept der Beurteilung von Erschütterungen integriert werden. Erschütterungen, als Nahreiz werden beurteilt bezüglich:

- taktile Wahrnehmung über eine bewertete Schwingstärke;
- auditive Wahrnehmung über eine akustisch bewertete Schwingstärke.

Für sekundären Luftschall wird eine Grösse verwendet, die den auditiven Aspekt des Phänomens Erschütterungen abbildet. Dabei werden auch die akustischen Eigenschaften des Raumes und der Raumhülle in abstrahierter Form berücksichtigt. Abbildung 2 skizziert das Beurteilungskonzept.

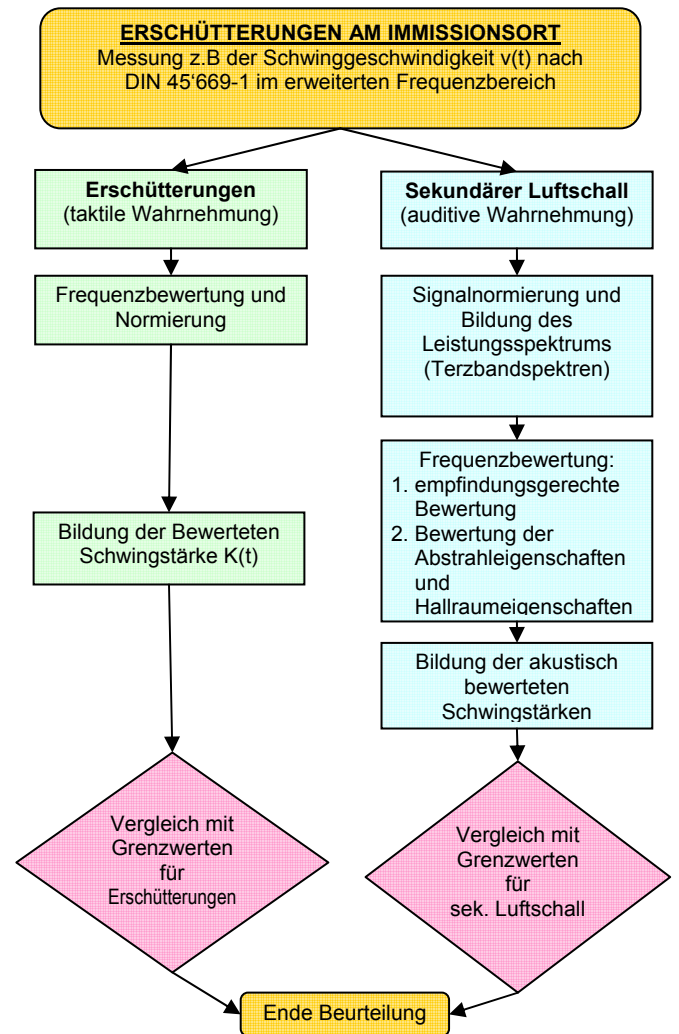


Abbildung 2: Beurteilungskonzept für Erschütterungen, das die Beurteilung des sekundären Luftschall als auditiven Aspekt der Erschütterungen enthält.