

AKUSTIK KOMPAKT (32)

Der Beschleunigungspegel L_a

Bauakustik | In der Akustik wird das Symbol L_a doppelt verwendet: zum einen zur Bezeichnung des maßgeblichen Außenlärmpegels [1], der die Grundlage für die Festlegung der erforderlichen Luftschalldämmung von Außenbauteilen bildet; zum anderen für den Beschleunigungspegel, z. B. bei der Behandlung der Haustechnik-Akustik [2]. Welche Bedeutung dieser Beschleunigungspegel für die Bauakustik hat, erläutert Prof. Dr. Ivar Veit.

Die vom Luftschall her bekannten Schallfeldgrößen (z. B. Schalldruck, Schalldruckpegel etc.) lassen sich im Inneren von festen Körpern leider nicht so einfach messen, etwa mit einem Mikrofon. Bei der Messung von Körperschall – dazu gehört in der Bauakustik vornehmlich die Entstehung und Weiterleitung von Trittschall [3] – ist man darauf angewiesen, die an der Oberfläche eines festen Körpers (z. B. einer Platte oder einer Wand) zu beobachtenden Bewegungen quantitativ zu erfassen. Dies kann über die Messung

- › des Schwingungsausschlages x [in m],
- › der Schwingschnelle v [in m/s]
- › oder der Schwingbeschleunigung a [in m/s^2]

erfolgen.

Tatsächlich gemessen wird in der Praxis im Allgemeinen nur die Beschleunigung; sie lässt sich messtechnisch besonders einfach erfassen, und zwar mithilfe sog. Beschleunigungsaufnehmer (auch: Accelerometer). Das sind „Körperschallmikrofone“, über deren Aufbau, Funktion und praktischen Einsatz weiter unten noch ausführlicher berichtet wird.

Zuvor aber noch einige Erläuterungen zur Schwingbeschleunigung a . Diese Größe ist für die Messung mechanischer Schwingungen fester Körper ganz besonders vorteilhaft. Durch einfache bzw. durch doppelte Integration kann man daraus sowohl die Schwingschnelle v als auch den Schwingungsausschlag (oder

auch die Schwingungsauslenkung) x ermitteln:

$$v = \int a dt \quad \text{bzw.} \quad v = \frac{a}{\omega} \quad (1)$$

[bei Schwingungen mit sinus- bzw. cosinusförmigem Verlauf über der Zeit]

und

$$x = \int v dt \quad \text{bzw.} \quad x = \frac{v}{\omega} = \frac{a}{\omega^2} \quad (2)$$

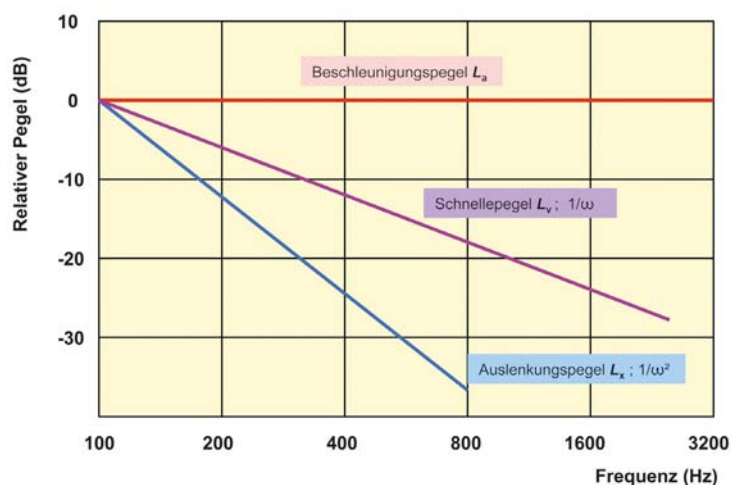
Die Integration lässt sich mühelos mit elektronischen Mitteln im Messgerätetrakt hinter dem Anschluss eines Beschleunigungsaufnehmers durchführen. Wie die Gleichungen (1) und (2) zeigen, fallen die aus der Schwingbeschleunigung mit nachfolgender Integration ermittelten Größen v und x mit $1/\omega$ (entsprechend -6 dB/Oktave) bzw. mit $1/\omega^2$ (entsprechend -12 dB/Oktave) ab, siehe Abbildung 1. Bei der Beurteilung der auf diese Weise gemessenen Frequenzgänge von Körperschall bzw. anderen Schwingungsvorgängen muss das entsprechend beachtet werden. Man erkennt in dieser Darstellung sehr deutlich, dass die Schwingschnelle mit steigender Frequenz, und erst recht die Schwingungsauslenkung, sehr schnell abfallen.

Genauso wie beim Luftschall gibt man auch beim Körperschall die gemessenen Größen nicht in einem linearen, sondern in einem logarithmischen Maßstab an, d. h. als Pegel in Dezibel [dB]. Die Schwingbeschleunigung a wird somit in Form ihres (Schwing-)Beschleunigungspegels L_a angegeben:

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{a_0} \quad [\text{in dB}] \quad (3)$$

$$a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$$

ABBILDUNG 1



Grundsätzliche Frequenzgänge von Schnelle- und Auslenkungspegeln, gewonnen aus der ursprünglichen Messung der Schwingbeschleunigung durch nachfolgende einfache, bzw. doppelte (elektronische) Integration, wie das in der heutigen Messtechnik üblich ist.

Das a_0 ist hier der Bezugswert, auf den der Beschleunigungspegel bezogen wird. In ganz analoger Weise werden auch die Schwingschnelle und der Schwingungsausschlag in logarithmischem Maßstab durch entsprechende Pegelwerte [in dB] angegeben. Die dafür nach ISO R 1683 verwendeten Bezugsgrößen sind für die Schnelle $v_0 = 10^{-9}$ m/s und für den Schwingungsausschlag oder Schwingweg $x_0 = 10^{-6}$ m. Alle verwendeten Werte für a , a_0 , v , v_0 , x und x_0 sind Effektivwerte!

Auf eine Besonderheit sei an dieser Stelle noch hingewiesen. Der Bezugswert für die Schwingschnelle beträgt, wie eben schon gezeigt, $v_0 = 10^{-9}$ m/s. Im Gegensatz dazu gibt es auch noch die Schallschnelle beim Luftschall. Für die Bildung des Luftschall-Schnellepegels beträgt der Bezugswert $v_0 =$

$5 \cdot 10^{-8}$ m/s. Auf diesen Unterschied gilt es zu achten, wenn man die aus gemischten Messungen sowohl bei Luft- als auch bei Körperschall hervorgegangenen Schnellewerte als Pegel angibt.

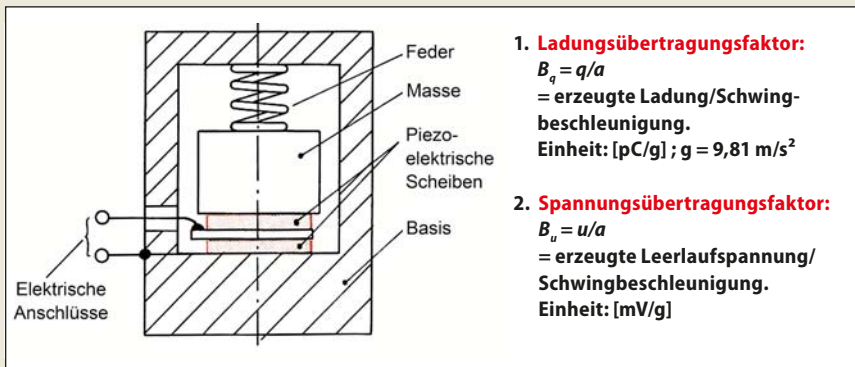
Beschleunigungspegel in der Bauakustik unverzichtbar

Und nun zu den Beschleunigungsaufnehmern selbst. Beschleunigungsaufnehmer sind im Prinzip elektromechanische Wandler, die eine mechanische Schwingungsgröße, in diesem Falle die Schwingbeschleunigung, in eine proportionale elektrische Größe (Spannung oder auch Ladung) umsetzen. Die heute verwendeten Beschleunigungsaufnehmer arbeiten fast ausnahmslos nach dem piezoelektrischen Wandlerprinzip. Das eigentliche Wandlerelement besteht dabei im Allgemeinen

aus Piezokeramik, siehe Abbildung 2. Bei längeren Anschlusskabeln empfiehlt es sich, das vom Aufnehmer abgegebene Signal nicht einem Spannungsverstärker, sondern einem Ladungsverstärker zuzuführen. Dadurch eliminiert man den Einfluss der Kabelkapazität auf das Messergebnis, was bei längeren Kabellängen sehr wichtig ist.

Abbildung 3 zeigt zwei Ausführungsbeispiele von piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmern (die wichtigsten Kenngrößen der beiden Aufnehmer sind in der Bildunterschrift zu finden). Bei der Auswahl eines geeigneten Accelerometers muss darauf geachtet werden, dass seine Masse, d. h. sein Gewicht, klein genug ist, um die Messstelle nicht so stark zu belasten, dass das Messergebnis dadurch verfälscht wird.

ABBILDUNG 2

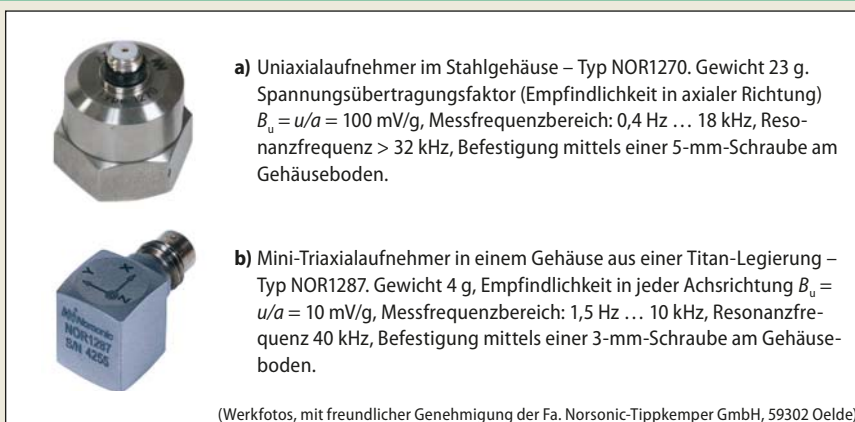


Grundsätzlicher Aufbau eines piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmers (schematisch). Jedem Aufnehmer wird vom Hersteller ein individuelles Kalibrierergebnis mitgeliefert. Neben der vollständigen Frequenzkurve mit Angabe der Eigenresonanz und der elektrischen Wandlerkapazität sind darin vor allem auch der individuelle Ladungsübertragungsfaktor und der Spannungsübertragungsfaktor angegeben [4].

Zwei Scheiben aus gegeneinander polarisierter Piezokeramik bilden das eigentliche Wandlersystem. Auf ihm ruht eine relativ große seismische Masse, die durch eine Feder mechanisch vorgespannt ist. Bei einer Beschleunigung des Aufnehmers in Achsrichtung wird auf die Piezoscheiben eine Kraft ausgeübt, die der Beschleunigung der seismischen Masse proportional ist. Dieser Beschleunigung ist auch die erzeugte elektrische Spannung proportional.

- › zum Aufspüren von Körperschallbrücken bei Leichtbauwänden und deren Ständerwerken sowie unter schwimmenden Estrichen,
- › zur Untersuchung von Dröhneffekten bei schwimmenden Estrichen [3],
- › zur Ermittlung von Körperschall-Übertragungswegen über Installationsleitungen,
- › bei der Leckortung an Wasserleitungen,
- › zur Messung der Körperschall-Nachhallzeit T_s [5] bei der Ermittlung der Körperschalldämmung infolge von Querschnittssprüngen in baulichen Strukturen,
- › bei Messungen an Treppenläufen,
- › zur Untersuchung von Erschütterungen und Bauwerksschwingungen und in vielen weiteren Bereichen. □

ABBILDUNG 3



Zwei Beispiele für piezoelektrische Beschleunigungsaufnehmer mit integriertem Vorverstärker.

LITERATUR

- [1] Veit, I.: Der maßgebliche Außenlärmpegel L_a . In: Trockenbau-Akustik, Nr. 10, 2006, S. 36
- [2] Veit, I.: Akustik in der Haustechnik. In: Trockenbau-Akustik, Nr. 12, 2008, S. 28–29
- [3] Veit, I.: Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. In: Trockenbau-Akustik, Nr. 9, 2006, S. 28–29
- [4] Veit, I.: Technische Akustik, Vogel Buchverlag, Würzburg, 6. erweiterte Auflage, 2005, S. 120–121
- [5] Veit, I.: Die Körperschall-Nachhallzeit T_s . In: Trockenbau-Akustik, Nr. 3, 2008, S. 36

AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.
E-Mail: i.veits@gmx.net

www.trockenbau-akustik.de

- › Archiv
- Schallübertragung

Frühere Beiträge unserer Serie „Akustik kompakt“ können Sie auf unserer Website unter der Rubrik „Akustik“ nachlesen.

www.trockenbau-akustik.de

Besondere Sorgfalt verlangt die Ankopplung von Beschleunigungsaufnehmern an das Messobjekt. Die Verbindung des Aufnehmerbodens mit dem Messobjekt muss eben und so fest wie irgend möglich sein. Das gilt insbesondere für Messungen bei höheren Frequenzen.

Gebräuchliche Befestigungsmittel sind Schrauben, Klebewachse, Haftmagnete o. Ä. Vermieden werden sollten unbedingt Tastspitzen. Im Lieferumfang von Aufnehmern sind bei verschiedenen Anbietern Montageplättchen enthalten, an denen die Aufnehmer angeschraubt

werden können. Die so vorbereiteten Plättchen können dann an Wände oder andere Teile befestigt werden, an denen Messungen durchgeführt werden sollen.

Messungen mit Beschleunigungsaufnehmern werden vielerorts mit großem Erfolg angewandt, sei es im Maschinenbau, wo Vibrationen bzw. Schwingungen zu untersuchen sind, oder beim Arbeitsschutz, wo die Auswirkungen von Humanschwingungen untersucht werden. Auch im Bauwesen werden Beschleunigungsaufnehmer sehr häufig verwendet, z. B.