

Verlustfaktormessungen mit unterschiedlichen Anregungsarten

M. Schmelzer¹, J. Muncke²

¹ *Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Email: martin.schmelzer@ptb.de*

² *Carl von Ossietzky Universität, Institut für Physik, 26111 Oldenburg*

Einleitung

Frühere Forschungen [1] haben gezeigt, dass bei der Messung der Luftschalldämmung einer Wand ihre Einbaubedingungen das Ausmaß der Schalltransmission über die Stoßstellen beeinflussen. Der Verlustfaktor kann in bestimmten Frequenzbereichen für eine Korrektur dieses Stoßstelleneinflusses genutzt werden, wozu er messtechnisch zu erfassen ist.

Für diese Messung wurde die Anregung durch einen Shaker gefordert, da bei Hammeranregungen ein Einfluss der Schlagkraft beobachtet worden war. Dies war in [2] durch Körperschallnachhallzeitmessungen mit vier Hämmern und zwei Shakern und in [3] an verschiedenen Wänden weiter untersucht worden.

Dabei zeigten sich in einem weiten Frequenzbereich deutliche Unterschiede zwischen diesen beiden Anregungsarten. Für die Anregungskraft gab es beim Shaker eine Obergrenze durch seine Bauart, beim Hammer eine Untergrenze durch den erforderlichen Signal-Rausch-Abstand. So konnten die beiden Anregungsarten nicht bei gleicher Anregungskraft verglichen werden. Es blieb unklar, welches die Ursache für die Unterschiede ist: die Art der Anregung (erzwungene oder freie Schwingungen), die Kraft der Anregung (hoch oder niedrig) oder die Art des Prüfobjekts (homogen oder strukturiert).

Durch die Inbetriebnahme eines Shakers mit einer Anregungskraft vergleichbar der eines Hammers konnte in [4] untersucht werden, ob die Anregungsart als Ursache des Effekts ausgeschlossen werden kann. Diese Ergebnisse werden hier vorgestellt.

Die typischen Analyseverfahren setzen lineare Systeme voraus. Mittels Hysterese-Kurven wurde zusätzlich eine nichtlineare Auswertung begonnen.

Standardverfahren

Abbildung 1 zeigt den in [4] eingesetzten Shaker vor einer Kalksandsteinwand. Als Sensoren wurden ein Kraftsensor im Anregungspunkt und fünf Beschleunigungsaufnehmer auf der Wand eingesetzt. Es wurde an drei Positionen angeregt. Als Messobjekte wurden eine gegossene Betonwand, eine Kalksandsteinwand und drei verschiedenen gelagerte und angeregte Spanplatten gewählt.

Für die Auswertung standen in [4] die üblichen Verfahren zur Verfügung, die lineare Systeme voraussetzen, obwohl nichtlineare Effekte erwartet wurden. Die Ergebnisse können also nur qualitative Aussagen liefern. Es wurde versucht, die Nichtlinearitäten durch Fensterung der Impulsantwort zu eliminieren, vgl. [5]. Anschließend wurden

durch Rückwärtsintegration die Nachhallzeiten und daraus die Verlustfaktoren berechnet. Angeregt wurde mit einem Sweep.

Hysterese-Verfahren

Um auch ohne Linearitätsforderung auszukommen, wurde mit dem Hysterese-Verfahren begonnen – zunächst nur an der Kalksandsteinwand. Dabei wurde nur an einem Punkt angeregt – mit monofrequenten Sinussignalen. Es wurden die eingeleitete Kraft und die Beschleunigung unmittelbar am Krafeinleitungspunkt gemessen. Das Beschleunigungssignal wurde im Zeitbereich zweifach integriert. Das Kraft- und das Wegsignal wurden als Hysterese-Kurve dargestellt und mittels der umschlossenen Fläche der Verlustfaktor berechnet. Diese Art der Hysterese-Messung ist nur bei Frequenzen deutlich unterhalb der niedrigsten Eigenfrequenz möglich, da sonst die Resonanzen mit ihren inhärenten Phasenverschiebungen die Auswertung massiv stören.

Ergebnisse

Die mit den üblichen linearen Verfahren gewonnenen Verlustfaktoren sind für die gegossene Betonwand und für die Kalksandsteinwand in den Abbildungen 2 und 3 dargestellt. Die einzelnen Kurven zeigen die Ergebnisse bei verschiedenen Anregungskräften. Während sich für die Betonwand praktisch keine Veränderung im Verlustfaktor zeigt, variiert der Verlustfaktor der Kalksandsteinwand stark und über einen weiten Frequenzbereich. Die nicht grafisch dargestellten Verlustfaktoren an den verschiedenen Spanplatten variieren nur minimal. Dabei zeigt sich an einer Spanplatte in einem Frequenzbereich eine leichte Trennung der Kurvenscharen der Shaker- und der Hammer-Anregung – ein Hinweis, dass an diesem System die Art der Anregung nicht gänzlich irrelevant ist.

Eine der ersten Messungen mit dem Hysterese-Verfahren ist in Abbildung 4 dargestellt. Mit einer 10 Hz Sinus-Anregung bei einer Kraft von 50 N zeigt sich eine deutliche Abweichung von einer idealen Ellipsenform einschließlich Asymmetrie. Dabei bilden sich allerdings keine Spitzen in den Umkehrpunkten, was ein Zeichen für statische Hysterese gewesen wäre. Diese Art der Dämpfung wäre frequenzunabhängig und somit zu höheren Frequenzen übertragbar gewesen. Sie war als Auswirkung der Fügstellendämpfung erwartet worden. Der Verlustfaktor berechnet sich zu $\eta = 0,247$ – ein recht hoher Wert.

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund, dass die linearen Verfahren nicht geeignet sind, nichtlineare Systeme zu untersuchen, lässt sich sehr vorsichtig beobachten, dass die Art der Anregung (Hammer oder Shaker) nur an einem Prüfobjekt minimalen Einfluss auf den Verlustfaktor hat. Die Kraft der Anregung beeinflusst den Verlustfaktor maßgeblich nur an der dafür anfälligen Kalksandsteinwand. Die anderen gewählten Messobjekte scheinen unter diesem Analyseverfahren keine, oder höchstens geringe Nichtlinearitäten aufzuweisen.

Mit dem Hysterese-Verfahren konnte nicht die erwartete statische Hysterese nachgewiesen werden. Deutlich hingegen wurde die Abweichung der Hysterese-Kurve von einer reinen Ellipsenform und damit die Störung der Linearität des Systems.

Danksagung

Die Messungen für das Hysterese-Verfahren wurden durchgeführt von Herrn H. Bietz (PTB).

Literatur

- [1] Meier, A.: Die Bedeutung des Verlustfaktors bei der Bestimmung der Schalldämmung im Prüfstand. Dissertation RWTH Aachen, Shaker Verlag, 2000
- [2] Bietz, H. und Wittstock, V.: Comparison of different methods for the determination of the structure-borne noise reverberation time. Proceedings of the joint congress CFA/DAGA '04 Strasbourg (2004), 177–178
- [3] Bietz, H. und Wittstock, V.: Anmerkungen zur Messung von Körperschall-Nachhallzeiten und Strukturimpedanzen in der Bauakustik. Fortschritte der Akustik – DAGA 2007 Stuttgart (2007), 149–150
- [4] Muncke, J.: Untersuchung der Abhängigkeit von gemessenen Körperschall-Nachhallzeiten von der Anregungsart. Bachelorarbeit Jade-Hochschule Oldenburg und PTB Braunschweig, 2011
- [5] Müller, S. und Massarani, P.: Transfer-Function Measurement with Sweeps. J. Audio Eng. Soc. 49 (2001), 443–471



Abbildung 1: Schwingungserreger (Brüel & Kjær Typ 4802 mit Brüel & Kjær Typ 4818) vor Kalksandsteinwand, im Hintergrund ein Beschleunigungsaufnehmer; Quelle: [4]

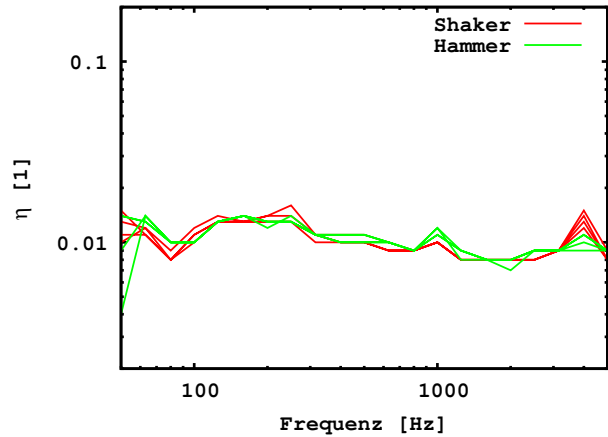


Abbildung 2: Verlustfaktor an gegossener Betonwand; Anregung per Hammer und Shaker; Hammerkraft: 500 N–1500 N; Shakerkraft: 10 N–300 N; Quelle: [4]

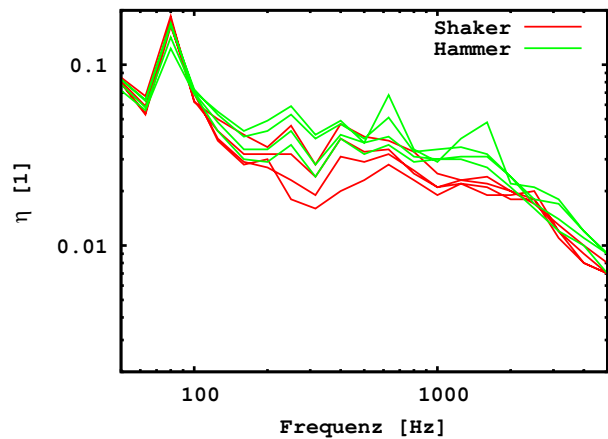


Abbildung 3: Verlustfaktor an Kalksandsteinwand; Anregung per Hammer und Shaker; Hammerkraft: 250 N–1500 N; Shakerkraft: 10 N–300 N; Quelle: [4]

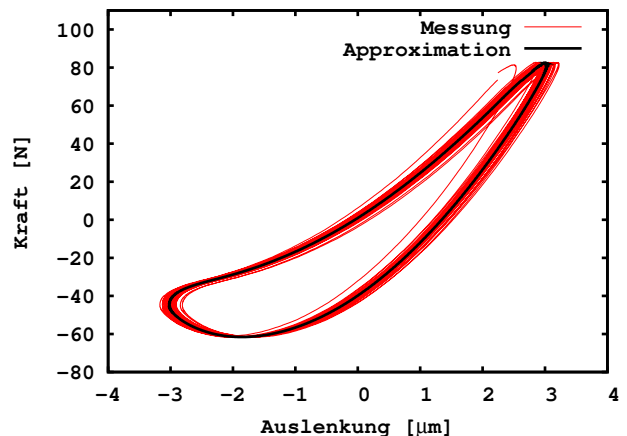


Abbildung 4: Hysterese-Kurve an Kalksandsteinwand; Anregung per Shaker mit 10 Hz Sinus und 50 N; $\eta = 0,247$