

# Anpassung des Trittschall-Normhammerwerks an die mechanischen Eigenschaften gehender Personen

W. Scholl, W. Weise, S. Stange-Kölling  
 Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

## Einleitung

Der Schutz von Decken in Gebäuden wird entsprechend ISO 140 durch Schallpegelmessungen im Raum unterhalb der Decke gemessen, während die Decke von oben mit einem sog. Trittschall-Normhammerwerk beklopft wird. Da sich die fallenden 500g-Hämmer in ihren mechanischen Eigenschaften stark von denjenigen gehender Personen unterscheiden, sind die gemessenen Pegel auch nicht sonderlich charakteristisch für Gehgeräusche. Es wurde daher in einer früheren Arbeit [1] die mechanische Quellimpedanz von Personen untersucht und aus den Ergebnissen der Vorschlag abgeleitet, die Quellimpedanz des Hammerwerks durch eine geringfügige Änderung an die Impedanz gehender Personen anzupassen. Die Änderung besteht im Wesentlichen aus der Unterlage einer elastischen Schicht zwischen den Hämmern und der zu prüfenden Decke. Die flächenbezogene dynamische Steifigkeit der Schicht soll  $s = 34 \text{ MN/m}^3 \pm 10\%$  betragen bei einer Dämpfung  $\eta$  des Materials von  $\geq 0,2$ . In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene elastische Materialien auf ihre Eignung geprüft. Da Trittschallmessungen in Gebäuden bei unterschiedlichen Temperaturen stattfinden können, wurde ein besonderes Augenmerk auf das Temperaturverhalten der Stoffe gelegt. Weiterhin wird ein Verfahren vorgeschlagen, wie die menschliche Quellimpedanz – d.h. die Eingangsimpedanz des Fußes – unter Betriebsbedingungen – d.h. beim Auftreten – gemessen werden kann.

## Messung der dynamischen Materialeigenschaften

Untersucht wurden die dynamische Steifigkeit und die Materialdämpfung verschiedener PUR-Platten und eines Kork-Gummi-Schrotmaterials, die geeignet schienen. Verwendet wurde ein Messaufbau nach DIN EN 29052-1, mit dem sonst die dynamische Steifigkeit von Dämmstoffen unter schwimmenden Estrichen bestimmt wird (Bild 1). Die Dämpfung  $\eta$  wurde aus der Halbwertsbreite bei der Resonanz des Versuchssystems ermittelt. Um den Einfluss der Materialtemperatur zu berücksichtigen, wurden eine Messreihe bei Raumtemperatur (18°C) und eine bei Außentemperatur (-1°C) durchgeführt. Der Einfluss der Belastung der Proben wurde durch unterschiedliche Auflage-Gewichte erfasst. Ergänzend wurde die statische Steifigkeit der Proben durch Belastung mit Gewichten und Messung der Zusammendrückung der Proben kontrolliert.

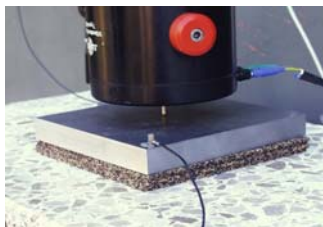


Bild 1: Aufbau zur Bestimmung der dynamischen Steifigkeit

wurde ein Messaufbau nach DIN EN 29052-1, mit dem sonst die dynamische Steifigkeit von Dämmstoffen unter schwimmenden Estrichen bestimmt wird (Bild 1). Die Dämpfung  $\eta$  wurde aus der Halbwertsbreite bei der Resonanz des Versuchssystems ermittelt. Um den Einfluss der Materialtemperatur zu berücksichtigen, wurden eine Messreihe bei Raumtemperatur (18°C) und eine bei Außentemperatur (-1°C) durchgeführt. Der Einfluss der Belastung der Proben wurde durch unterschiedliche Auflage-Gewichte erfasst. Ergänzend wurde die statische Steifigkeit der Proben durch Belastung mit Gewichten und Messung der Zusammendrückung der Proben kontrolliert.

## Messergebnisse

Bilder 2 und 3 zeigen die flächenbezogene dynamische Steifigkeit am Beispiel einer 12,5 mm dicken PUR-Schaumstoffplatte und der 5-lagigen Gummi-Korkschrötschicht. Einen Einblick über das Verhalten bei noch höheren Belastungen erlaubt der – allerdings statisch durchgeführte – Versuch, dessen Ergebnisse Bild 4 zeigt. Eine Berechnung zeigt, dass die Norm-Hämmer, wenn sie aus 4

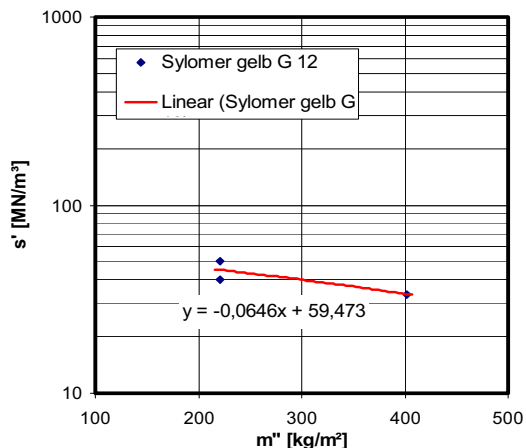


Bild 2. Flächenbezogene dynamische Steifigkeit  $s'$  eines PUR-Schaums in Abhängigkeit von der aufliegenden flächenbezogenen Masse  $m''$ . Lineare Ausgleichskurve mit Angabe der Funktion.

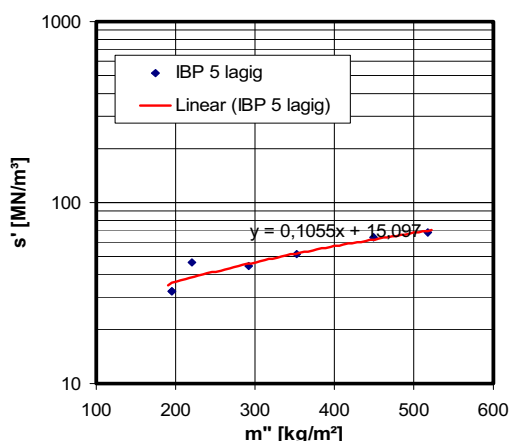


Bild 3. Wie Bild 2, jedoch für Gummi-Kork-Platte aus fünf lose aufeinanderliegenden Schichten.

cm Höhe auf das zu prüfende Material auftreffen, einen noch mindestens fünfzehnfach höheren Druck auf das Material aufbringen als hier in den Versuchen angewendet wurde. Damit wird bei den hier wegen der verlangten Steifigkeitswerte in Frage kommenden Materialien die Grenze deutlich überschritten, bis zu der die Steifigkeit wenigstens angenähert als belastungs-unabhängig angesehen werden kann. Die Bilder 5 und 6 geben Beispiele für die Temperaturabhängigkeit der dynamischen Steifigkeit wieder. Die ermittelten Dämpfungsfaktoren  $\eta$  lagen im Rahmen der Messgenauigkeit bei 18°C alle oberhalb 0,2. Zu niedrigen Temperaturen nehmen die Werte zu, teilweise bis auf das Doppelte.

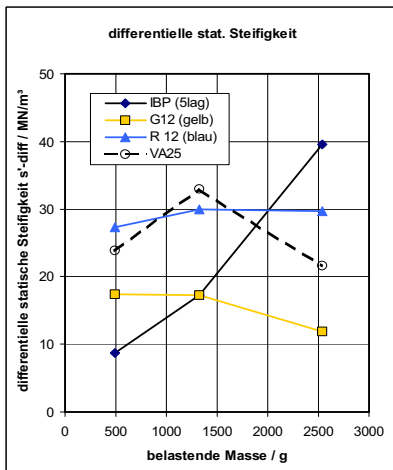


Bild 4. Flächenbezogene statische Steifigkeit verschiedener Proben. Dargestellt ist der Quotient aus den Änderungen on Kraft und Auslenkung von Messpunkt zu Messpunkt.

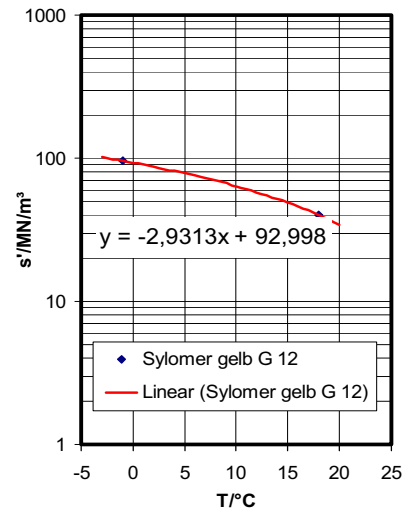


Bild 6. Wie Bild 5, jedoch für eine 12,5 mm dicke PUR-Schaumprobe.

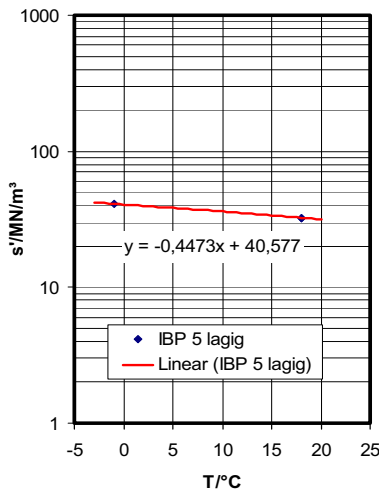


Bild 5. Flächenbezogene dynamische Steifigkeit des Kork-Gummi-Schrotmaterials in Abhängigkeit von der Temperatur (Ausgleichskurve mit Angabe der Funktion). Belastung der Proben mit  $\sim 200 \text{ kg/m}^3$ .

### Interpretation der Messergebnisse

Eine Festlegung von Toleranzen bezüglich der dynamischen Materialeigenschaften ist nicht auf einfache Weise möglich, da ein einfacher Zusammenhang mit dem erzeugten Trittschallpegel nicht besteht. Eine Abschätzung wurde dadurch vorgenommen, dass der vom Hammerwerk mit elastischer Unterlage auf einen ideal starren Untergrund übertragene Maximalwert der anregenden Kraft als Kontrollgröße herangezogen wurde. Aus bestimmten Maximalkraft-Toleranzen  $\Delta L_F$  folgen dann die in der Tabelle 1 angegebenen zulässigen Toleranzen der flächenbezogenen dynamischen Steifigkeit z.B in Form des Verhältnisses von Höchstwert  $s'_+$  zu Sollwert  $s'_{\text{soll}}$ . Für  $s'$ -Toleranzen von

Tabelle 1.

erlaubtes $\Delta L_F$	$\rightarrow$ erlaubtes $s'_+/s'_{\text{soll}}$
0,1 dB	1,02 (+ 2%)
0,42 dB	1,10 (+ 10%)
0,5 dB	1,12 (+12,5%)
1 dB	1,26 (+ 26%)

$\pm 10\%$  dürfte dann das Material "IBP 5-lagig" im Temperaturbereich  $18^\circ\text{C} \pm 7^\circ\text{C}$  und das Material "gelb G 12" im Bereich  $18^\circ\text{C} \pm 1,5^\circ\text{C}$  verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass Materialstreuungen im Bereich 3:1 nach Herstellerangaben möglich sind. Als Fazit läßt sich vorläufig sagen: Es sind weitere Untersuchungen erforderlich, die sich mit dem Materialverhalten des menschlichen Fußes und seiner Nachbildung in Form elastischen Materials befassen, und zwar bei den tatsächlichen statischen und dynamischen Belastungsverhältnissen. Sollte es nicht gelingen, genau das richtige Material zu finden, so wäre dennoch ein wesentlicher Fortschritt erreicht, wenn nur überhaupt mit einer – und zwar überall derselben – elastischen Unterlage unter dem Norm-Hammerwerk gemessen wird. Dies zeigen bisher durchgeführte Vergleiche zwischen Hammerwerk, modifiziertem Hammerwerk und "echten" Gehgeräuschen.

### Vorschlag für eine Fußimpedanzmessung unter "Betriebsbedingungen"

In der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt sind Untersuchungen im Gange, die Fußimpedanz dadurch zu bestimmen, dass eine gehende Person auf eine Struktur mit bekannter Eingangsimpedanz tritt. Sind die Anfangsgeschwindigkeit des Fußes und die Strukturimpedanz bekannt, kann aus dem Schwingungsverhalten der Struktur nach Eintreffen des Fußes dessen mechanische Impedanz bestimmt werden. Hierbei entsprechen die Belastungen am Fuß genau denjenigen beim normalen Gehen.

### Literatur

[1] Scholl, W.: Impact Sound Insulation: The Tapping Machine Shall Learn to Walk! Building Acoustics, Volume 8, Number 4, 2001, p. 245-256.