

# Prototyp eines Schwingerregers für tieffrequente Schwingungen von Holzdecken

Ulrich Schanda<sup>1</sup>, Kay Rogge<sup>2</sup>, Philipp Meistring<sup>3</sup>, Rainer Mühlberger<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: schanda@fh-rosenheim.de

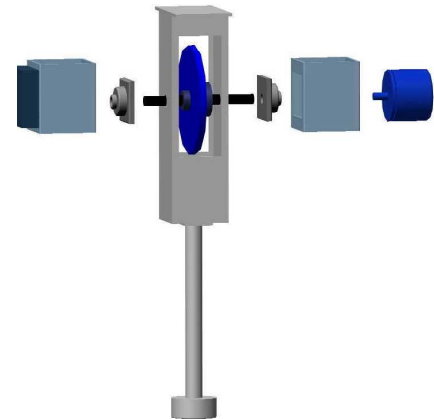
<sup>2</sup> Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: kay.rogge@web.de

<sup>3</sup> Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: philipp.meistring@fh-rosenheim.de

<sup>4</sup> Fachhochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, Deutschland, Email: muehlberger@fh-rosenheim.de

## Warum einen Schwingerreger für Holzdecken?

Holzdecken und insbesondere Holzbalkendecken weisen bekanntermaßen im Gegensatz zu Massivdecken bei tiefen Frequenzen eine deutlich schlechtere Trittschalldämmung auf. Beim oftmals bemängelten Dröhnen dieser Decken spielt auch der eigentlich bauakustisch nicht relevante Frequenzbereich unter 100 Hz eine wichtige Rolle. Ein wesentlicher Grund für die schlechte Trittschalldämmung ist sicherlich die geringe Masse der Holzdecken. Die wesentlich kleinere Biegesteifigkeit der Holzdecken bewirkt aber auch eine deutlich stärkere Schwingungsanfälligkeit. Die erhöhte Anregung der Eigenschwingungen durch Geher im Vergleich zum Normhammerwerk ist darüber hinaus zu beachten[1][2]. Um die Auswirkungen der Eigenschwingungen von Holzdecken auf den Gehöreindruck bei tiefen Frequenzen genauer studieren zu können und entsprechend auch Gegenmaßnahmen z.B. in Form von Schwingungstilgern [3][4] oder anderen konstruktiven Maßnahmen [5] entwickeln zu können, bedarf es deshalb einer gezielten Anregung der Eigenschwingungen dieser Decken. Dies ist Ziel der vorliegenden Entwicklung.



**Abbildung 1:** Explosionszeichnung der wichtigsten Komponenten des Schwingerregers. Dies sind von rechts nach links: Motor, Motorhalterung, Lagerbock für die Welle, Gehäuse für die Unwuchtscheibe mit angeschraubtem Fuß; für den Motor ist auf der gegenüberliegenden Seite an der Motorhalterung ein Ausgleichsgewicht angebracht.

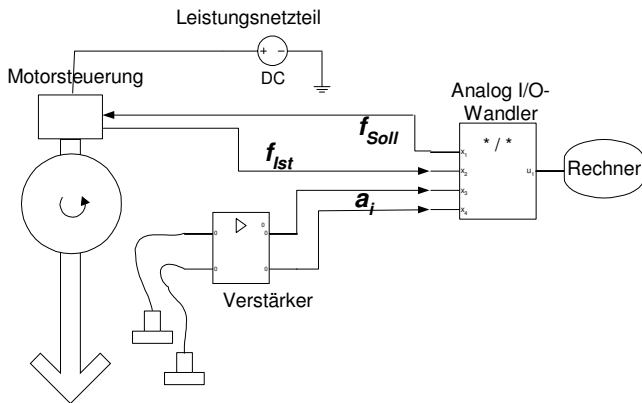
## Idee und Umsetzung

Der Schwingerreger sollte folgende wichtige Eigenschaften haben und ist in Abbildung 1 dargestellt :

- Geringes Eigengewicht, um die Beeinflussung der Decke (Verstimmung der Deckeneigenfrequenzen durch die zusätzliche Masse des Schwingerregers) klein zu halten und um transportierbar zu sein; gleichzeitig muss Gewicht die auftretende Zentrifugalkraft kompensieren, um ein Abheben des Schwingerregers zu vermeiden. Das derzeitige Gewicht beträgt ca. 15 kg.
- Keine bzw. im Vergleich zu den Unwuchtmassen vernachlässigbare intrinsische Unwucht. Auswuchten ergab eine am Radius der tatsächlichen Unwuchtmasse äquivalente intrinsische Unwuchtmasse von kleiner als 0,2 g. Die Unwuchtmassen sind je nach Anwendungszweck und insbesondere je nach anzuregender Decke frei wählbar, allerdings für bestimmte Frequenzbereiche unterschiedlich, da es ansonsten bei zu großen Drehzahlen zu einem Abheben des Schwingerregers kommt. Derzeit werden für den Frequenzbereich unter 10 Hz 150 g, weiter bis 55 Hz 10 g und darüber 3 g als Unwuchtmasse gewählt.
- Die Erzeugung von breitbandigem Körperschall durch den Betrieb des Erregers sollte minimiert sein. Gewählt wurde deshalb ein direkter Antrieb der Unwuchtscheibe mit einem Außenläufermotor; ein Riemenantrieb zeigte eine zu starke Erzeugung von Körperschall. Messungen ergaben ein Signalverhältnis von mindestens 10 (Messung mit bzw. ohne Unwucht) über alle Frequenzbereiche bei Messung des Schwingerregers auf einer weichen Schaumstoffauflage.
- Der Erreger sollte keine Eigenschwingungen im zu untersuchenden Frequenzbereich zwischen 5 Hz und 100 Hz aufweisen. Es scheint eine Eigenresonanz bei ca. 47 Hz vorzuliegen, die aber noch mit Impedanzmessungen während des Betriebs des Schwingerregers bestätigt und deren verursachende Komponente gefunden werden muss.
- Der Fuß des Schwingerregers weist eine Krümmung auf, die so gewählt ist, dass sie der Krümmung der Hämmer des Normhammerwerks entsprechen. Daraus resultiert auch der lange Fuß, um den Massenschwerpunkt in den Mittelpunkt des Krümmungsradius zu legen.

## Messsystem und Messdatenaufnahme

Das Messsystem ist in Abbildung 2 zu sehen. Die Komponenten bestehen im Einzelnen aus: ..... Motor: Papst Außenläufer ECA 70.32, Motorsteuerung: Papst DriveControl VT-D, Leistungsverstärker : Voltcraft PS3610, Verstärker: NorFrontEnd 336, Beschleunigungsaufnehmer: Nor1270 (35g), Analog I/O: NI-DAQCard 6062E. Die Funktionsweise ist der Bildunterschrift zu entnehmen und beschrieben in [9].

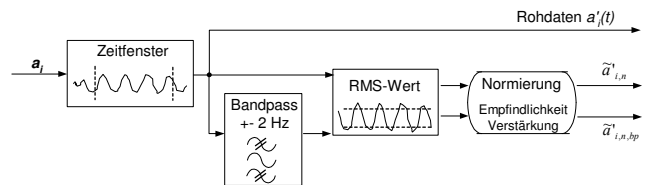


**Abbildung 2:** Messsystem des Schwingerregers. Gesteuert von einem Rechner wird über eine analoge I/O-Karte der Motorsteuerung eine Regelspannung vorgegeben, welche diese in eine Sollfrequenz übersetzt. Von der Motorsteuerung wird über einen dreifachen Hallgeber die Ist-Frequenz als TTL-Signal ausgegeben, welche über die I/O-Karte an die Messdatenaufnahme weitergereicht wird. Ebenso verhält es sich mit den über einen Verstärker gegebenen Signalen der Schwingungsaufnehmer.

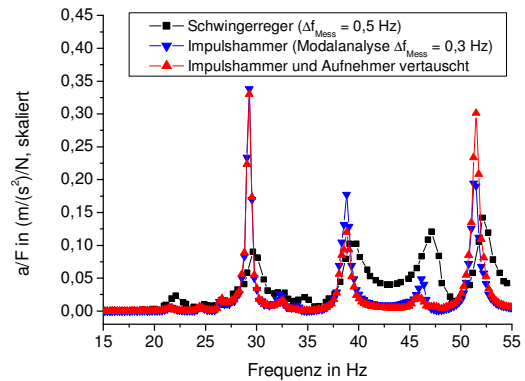
Die Messdatenaufnahme ist mittels NI LabView geschrieben. Die Messzeit pro Frequenzschritt, das zu durchführende Frequenzband und die Frequenzschrittweite wie auch die Abtastrate der Beschleunigungssignale sind frei wählbar. Die Signale der Beschleunigungsaufnehmer werden zur Unterdrückung von Signalanteilen bei den Änderungen der Erregerfrequenz zeitlich gefiltert (s. Abbildung 3). Diese Signale werden nun als Rohdaten abgespeichert; gleichzeitig wird der RMS-Wert bei jeder Erregerfrequenz berechnet, und zwar einmal direkt und einmal BP-gefiltert ( $\pm 2$  Hz), um eventuelle Signalanteile aus Oberschwingungen zu unterdrücken. Zuletzt werden die RMS-Werte mit der Empfindlichkeit der Aufnehmer und mit der Verstärkungseinstellung des Signalverstärkers in physikalische Einheiten umgerechnet

### Einige Kenngrößen

Die Frequenzstabilität der Ist-Frequenz beträgt ca. 0,2 Hz. Eine Verbesserung durch eine aktive Regelung ist geplant. Der Vergleich der gemessenen Übertragungsfunktion  $H$  (Beschleunigung  $a$  / eingeleitete Kraft  $F$  in  $(m/s^2)/N$ ) einer Modalanalyse mit dem Impulshammer mit der gemessenen Übertragungsfunktion mit dem Schwingerreger (Normierung auf die eingeleitete Kraft erfolgte hierbei durch Berechnung) zeigt Abbildung 4.



**Abbildung 3:** Messdatenaufnahme. Beschreibung s. Text.



**Abbildung 4:** Vergleich der Übertragungsfunktion  $H$  aus einer Modalanalyse mit dem Impulshammer (rot und blau unter Vertauschen der Pos. von Anregung und Aufnehmer) und aus einer Messung mit dem Schwingerreger (schwarz), gemessen an einer Holzstegträgerdecke. Die Eigenfrequenzen der Decke sind nahezu gleich, nicht jedoch die relativen Amplitudenverhältnisse. Bei 47 Hz ergibt sich eine deutliche Abweichung auf Grund einer Eigenschwingung des Schwingerregers. Die Frequenzauflösung bei der Messung mit dem Schwingerreger betrug 0,5 Hz, mit dem Impulshammer 0,3 Hz.

### Danksagung

Dank gilt den Herren H.-M. Fischer und M. Schneider von der FHT Stuttgart für eine Modalanalyse der Decke sowie der Fa. Regnauer Fertigung für die Überlassung einer Holzstegträgerdecke.

### Literatur

- [1] S. Kraiß, Schwingungsverhalten einer Holzbalkendecke bei Körperschallanregung, Diplomarbeit IBP Stuttgart, 1995
- [2] P. Leistner, B. Richter, Gehgeräusche bei Decken – dem akustischen Bedarf auf der Spur, in: 2.Akustik-Forum Raum und Bau, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, 2005
- [3] F. Holtz et.al., Dämpfer contra Bass, Bauen mit Holz, 10 (2002), 16-20 bzw. R. Schlöpfer, Schallschutz mit Schwingungsdämpfern, URL: <http://www.lignatur.ch/>
- [5] G. Berg, Unterspannte Holzbalkendecke, in: 2.Akustik-Forum Raum und Bau, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart, 2005
- [6] K. Rogge, Anregung und Untersuchung von niederfrequenten Schwingungen bei Holzstegträger-Decken, Diplomarbeit FH Rosenheim, 2004