

Einfluss des Zinkmaterials auf den Klang der Lippenorgelpfeifen

J. Angster¹, J. Schell², N. Manrique Ortiz¹, A. Miklós³

¹ Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart, E-Mail: Judit.Angster@ibp.fhg.de

² POLYTEC GMBH, 76337 Waldbronn

³ Steinbeis Transferzentrum Angewandte Akustik, 70499 Stuttgart

Einleitung

In den USA werden von zahlreichen Orgelbauern Orgelpfeifen aus Zink angefertigt, wohingegen in Deutschland fast ausschließlich Orgelmetall (Zinn-Blei Legierung) verwendet wird. Früher wurde Zink im Pfeifenbau auch in Deutschland verwendet, da die meisten Zinnpfeifen im Laufe des ersten aber teilweise auch des zweiten Weltkrieges eingeschmolzen und die wertvollen Instrumente dadurch zerstört wurden. Diese Pfeifen wurden dann, wo immer es möglich war, durch Zink ersetzt.

Orgelbauer sprechen von einem etwas härteren Metall, womit ein Intonateur, der die Pfeifen mit der Hand bearbeitet (Aufschneiden, Kernstiche einschneiden; usw.) schwieriger zurechtkommt als mit dem Orgelmetall. Nach den Informationen der Grillo-Werke AG ist das heutige Zinkmaterial viel sauberer als früher und somit könnte der Intonateur mit dem heute relativ weichen Metall doch sehr gut umgehen.

Auf der anderen Seite stellt sich die Frage, inwieweit sich die Pfeifenwandschwingungen bei der Verwendung von Zink ändern und wie groß dadurch der Einfluss des Materials auf den Klang wäre. Es wurden aus Zink und Orgelmetall angefertigte Pfeifenpaare anhand akustischer Untersuchungen miteinander verglichen. Parallel dazu wurden Wandschwingungen mit einem 3D-Laservibrometer nachgewiesen. Die Wanddicke der entworfenen und in diesem Projekt verwendeten Experimentalpfeifen aus Zink beträgt etwa 90% der normalen Orgelmetall-Pfeifen. Der beteiligte Intonateur musste die Aufgabe lösen, die stofflich unterschiedlichen Pfeifenpaare auf einen nach seinem Gehör gleichen Klang einzustellen. Die Klang- und Schwingungsaufnahmen wurden bei den aus Orgelmetall und aus Zink angefertigten Pfeifen miteinander verglichen.

Messsysteme

Die akustischen Messungen wurden im reflexionsarmen Raum des Fraunhofer Instituts für Bauphysik durchgeführt. Für die Analyse der Pfeifenklänge wurde dort ein Labormodell des Windsystems einer Kirchenorgel aufgebaut, damit für die Pfeifenmessungen möglichst gleiche Bedingungen wie in einer realen Kirchenorgel herrschten. Eine Prinzipskizze des Messaufbaus zeigt Abbildung 1.

Die Schwingungsmessungen wurden mit einem 3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometer (Polytec, SLDV – PSV-400) aufgenommen [1].

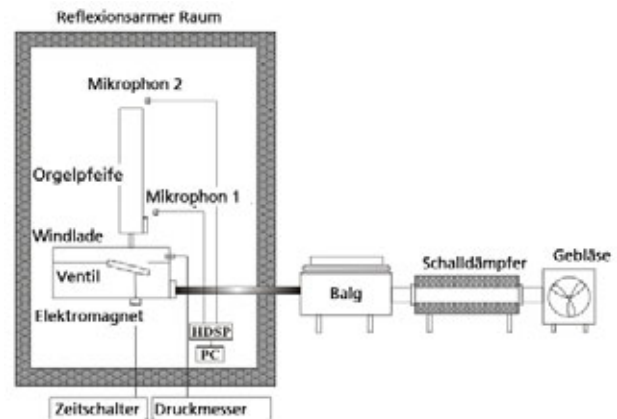


Abbildung 1: Messaufbau für die Klangaufnahmen.

Ergebnisse und Diskussion

Schwingungsmessungen

Die 3D-Scanning-Vibrationsmessungen wurden am Pfeifenpaar Prinzipal G durchgeführt. **Abbildung 2** zeigt die in allen Messpunkten gemittelten Schwingungsgeschwindigkeitsspektren. Es kann einfach nachgerechnet werden, dass die 1 mm/s Schwingungsgeschwindigkeit am Grundton in der Größenordnung kleiner als 1 μm Auslenkungsamplitude aufweist, was ein sehr kleiner Wert ist.

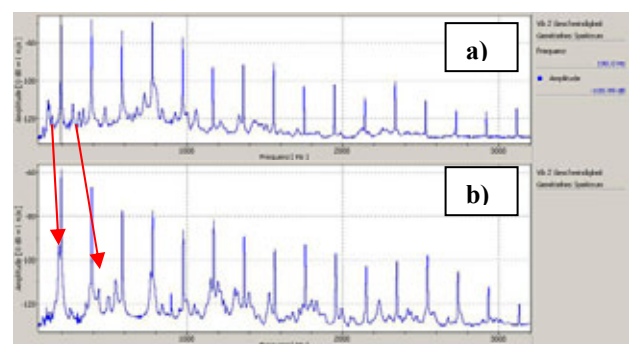


Abbildung 2: Die in allen Messpunkten gemittelten Schwingungsgeschwindigkeitsspektren des Pfeifenpaares Prinzipal G (-100 dB = 10 $\mu\text{m/s}$; -60 dB = 1 mm/s)

- a) Bei der aus Orgelmetall angefertigten Pfeife
- b) Bei der aus Zink angefertigten Pfeife

In **Abbildung 2** ist eindeutig zu erkennen, dass die Schwingungsspektren sehr unterschiedlich sind, und die geeigneten Schwingungseigenmoden bei der Zinkpfeife bei deutlich höheren Frequenzen auftreten (die Frequenzverschiebung

wird mit roten Pfeilen gekennzeichnet). Die Schwingungs-mode, die bei der Orgelmetallpfeife deutlich unter der Grundfrequenz liegt, erscheint bei der Zink-Pfeife in unmittelbarer Nähe der Grundfrequenz. Dadurch erhöht sich die Schwingungsgeschwindigkeit an der Grundfrequenz des Klanges, allerdings nur auf etwa 1 mm/s. Die dadurch verursachte Auslenkungsamplitude ist kleiner als 1 µm, die wie nachfolgend mit akustischen Messungen untermauert wird, keinen deutlichen Einfluss auf den Pfeifenklang ausübt.

Abbildung 3 zeigt das 3D-Schwingungsbild: in a) ist die aus Orgelmetall angefertigte Pfeife an der Eigenmode bei 476 Hz und in b) die aus Zink angefertigte Pfeife am 4. Teilton bei 782 Hz dargestellt. Obwohl die Schwingungsaufnahmen an sehr unterschiedlichen Frequenzen erfolgt sind, handelt es sich in beiden Fällen um dieselbe Schwingungs-mode.

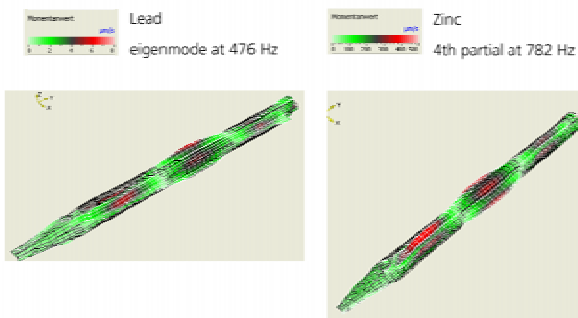


Abbildung 3: Schwingungsbild des Pfeifenpaares Prinzipal G
 a) Die aus Orgelmetall angefertigte Pfeife an der Eigenmode bei 476 Hz
 b) Die aus Zink angefertigte Pfeife am 4. Teilton bei 782 Hz

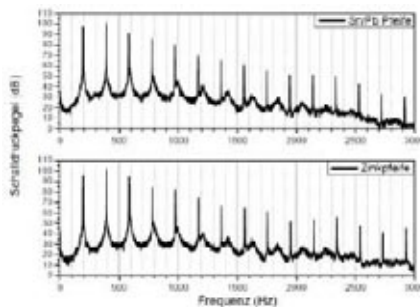


Abbildung 4: Stationäres Schallspektrum in 1 cm Entfernung von der Pfeifenwand

Aufnahmen mit einer akustischen Kamera (Mikrofon-Array) zeigen, dass der Schall von 2 Quellen, nämlich vom Labium und vom Pfeifenende, nicht jedoch direkt von der Pfeifenwand abgestrahlt wird! Um dies noch genauer untersuchen zu können, wurden stationäre Schallspektren in der Nähe eines geeigneten Punktes an beiden Pfeifen aufgenommen. Die Spektren sind in der Abbildung 4 aufgezeichnet. Nicht einmal in einer Entfernung von nur 1 cm sind in den Schallspektren Wandschwingungsmoden, wie in Abbildung 2: gezeigt, zu finden, d.h. ein Einfluss der Wandschwingung auf den Klang konnte nicht ausgemessen werden.

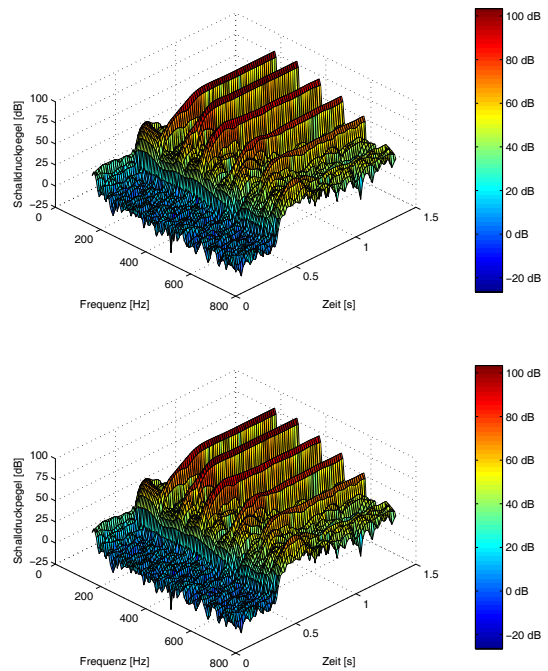


Abbildung 5: Analytierte Einschwingvorgänge des Pfeifenpaares Prinzipal G in einer 3D-Darstellung
 a) Prinzipal G aus Orgelmetall
 b) Prinzipal G aus Zink

Abbildung 5 zeigt die analysierten Einschwingvorgänge der Pfeifen bis zum sechsten Teilton in einer in einer 3-D Darstellung (Abhängigkeit des Schalldruckpegels von der Frequenz und der Zeit). Die Ansprachen der beiden Pfeifen sind sehr ähnlich, es können keine größere Unterschiede entdeckt werden.

Zusammenfassung, Ausblick

Die Ergebnisse der vibroakustischen Experimente zeigen deutliche Unterschiede zwischen den frequenzabhängigen Wandschwingungen der aus den beiden Materialien gefertigten Lippenorgelpfeifen. Die anschließenden akustischen Messungen ergaben jedoch, dass die Pfeifen offenbar trotzdem auf denselben Klang intoniert werden können.

Das Forschungsergebnis ist klar: Das vorteilhafte Zink stellt auch klanglich eine Alternative dar. Für den praktischen Gebrauch gilt es nun, die Materialstärken so zu optimieren, dass sowohl Klang als auch Bearbeitung des Materials passen. Mit geeigneten Werkzeugen können dann die robusten Zinkpfeifen problemlos intoniert werden.

Danksagung

Die Autoren danken der Grillo-Werke AG für die Finanzierung dieser Arbeit.

Literatur

[1] J. Schell, M. Johansmann, M. Schuessler, Three dimensional vibration testing in automotive applications utilizing a new non-contact scanning method, *SAE USA*, 2005