

Oberflächenstrukturierung an Tonhölzern zur Intensivierung des Brillanzbereichs

- Experiment und Messungen

Robert Mores

Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg

Einleitung

Das vorliegende Experiment ist motiviert durch den Chinesischen Chao Gong, der nach dem Anschlagen zunächst einen tiefen Klang erzeugt und im weiteren Verlauf einen immer heller werdenden Klang entwickelt. Offensichtlich werden die zunächst angeregten Moden durch die gehämmerte Oberflächenstruktur wiederholt reflektiert und gebrochen, so dass am Ende die kurzwelligen Moden begünstigt bleiben. Dieses Phänomen könnte auch in Streich- und Zupfinstrumenten helfen, Leistung aus dem unerwünschten Bereich um 1kHz in den Brillanzbereich zu bringen. Gibt es Anzeichen dafür, dass neben Materialauswahl und Konstruktion auch Inhomogenitäten in Membranen oder an deren Oberflächen für eine Klanggestaltung genutzt werden können?

Methode

Zwei Platten aus Sitkafichte werden auf gleiche Maße und gleiche Masse gebracht und auf Gleichheit untersucht. Danach wird auf einer der Platten eine Oberflächenstruktur eingeschliffen und die andere Platte plan auf gleiche Masse und gleichen Klopfon geschliffen. Der nun vorliegende klangliche Unterschied lässt sich auf die eingebrachte Struktur zurückführen und wird durch Klopfen der Platte, Anzupfen und Anstreichen einer Saite ermittelt.

Gleichheit des Ausgangsmaterials

Zwei Platten aus demselben Stück einer Sitkafichte mit stehenden Jahresringen sind >10 Jahre gelagert und werden auf gleiche Maße gebracht: Länge = 496 +/- 0,5 mm, Breite = 216 +/- 0,5 mm, Dicke = 3,68 +/- 0,07 mm.

Die Variation der Dicke verläuft bei beiden Platten über die Fläche gesehen gleich, d.h. die beiden Platten unterscheiden sich in der Dicke an den unterschiedlichsten Positionen um weniger als +/- 0,02 mm. Die Platten wiegen nach weiterer Trocknung in einem Exicator bei 20+/-0,5°C und 38+/-1% relativer Luftfeuchtigkeit 184+/-0,01 gr. und liegen mit 0,467 gr./cm³ über der Dichte nach Wood Handbook^[1]. Während der Messungen wird im Laufe von Stunden bis zu 3 gr. Wasser aufgenommen. Die Massendifferenz liegt immer unter 0,3 gr. Die gemessene Elastizität der Platten unterscheidet sich < 3 %.

Die Platten weisen Übereinstimmung der Modenfrequenzen nach Fletcher^[2] auf. Für eine Untersuchung der Platten auf akustische Gleichheit werden diese an einem Punkt ¼ längs und ¼ quer aufgehängt und frei schwingend plattenmittig mit Kistler Hammer 9722A500 angeregt und dort mit Sensor Kistler 8614A500M1 gemessen. Die normierten Spektren der jeweiligen Einzelmessungen korrelieren zu über 99%.

Tabelle 1 zeigt, dass die Platten A und B untereinander gleich gut korrelieren wie die Platten mit sich selbst bei zwei vergleichbaren Punkten einer Aufhängung.

Tabelle 1: Korrelation der normierten Spektren für Platten A und B, 1 und 2 bezeichnen diagonal gegenüberliegende Aufhängungspunkte in Modenlinien ¼ längs und ¼ quer

A1	A2	95,66 %
B1	B2	94,95 %
A1	B1	94,42 %
A2	B2	94,34 %

Oberflächenstruktur

In Platte A werden mittels kugelförmigem Schleifkörper (D=10cm) Vertiefungen (D~35mm) im Raster von 48x48mm eingebracht. Die 4x10 Vertiefungen entsprechen einer Entnahme von 18,4 gr. Holzmasse.

Diese Struktur folgt der Überlegung, dass (i) Wellenlängen und Geometrien bei Wechselwirkungen wie Beugung einander entsprechen und (ii) die typischen Schwingungsmuster an Gitarren und Geigen je nach Faserichtung Abstände von 10-20 cm bei 1kHz zwischen Zentren jeweils gegenphasig schwingender Bereiche aufweisen^[2].

Platte B wird plan auf den mit A vergleichbaren Klopfon gebracht und ist sodann 3,42+/-0,02mm dick, 4,6 gr. (2,7%) schwerer und ~5% biegeester als Platte A. Erwartungsgemäß wurde Platte A mehr Festigkeit als Masse genommen.

Tabelle 2: Klopföne an Aufhängungspunkten in Modenlinien ¼ längs und ¼ quer

Strukturierte Platte A	75	119	251	Hz
Verdünnte Platte B	75	121	252	Hz

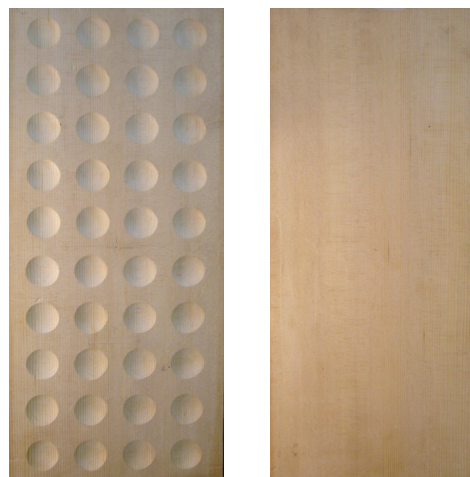


Abbildung 1: Platten nach Bearbeitung, links A, rechts B

Ergebnisse

Die Helligkeit des Klangs - spektraler Zentroid mit Impulshammer gemessen - ist nach Strukturierung der Platte A nicht erhöht. Platte B klingt ebenfalls etwas dunkler als zuvor, entsprechend der geringeren Dicke.

Tabelle 3: Spektraler Zentroid im Band 0-3kHz, gemittelt über verschiedene Messtage über beide Aufhängungspunkte

	vor Bearbeitung	nach Strukturierung / Verdünnung
Platte A	1847 +/- 25,5 Hz	1790 +/- 9,0 Hz
Platte B	1842 +/- 25,2 Hz	1831 +/- 19,5 Hz

Aufschlussreicher ist die Analyse einer gezupften bzw. gestrichenen Saite, wofür die Platten in Metallrahmen mit beweglichen Enden gefasst und mit Steg (H=4cm) an $\sim 3/10$ der Länge versehen sind. Die Saite ist auf a gestimmt bei einer Mensur von 35,4 cm. Ein Sennheiser KM184 ist 40cm zentrisch über der Platte angeordnet.

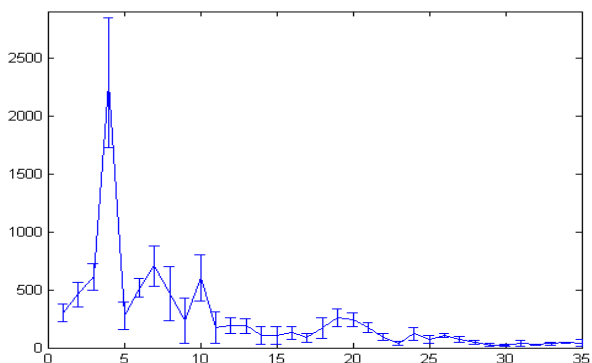
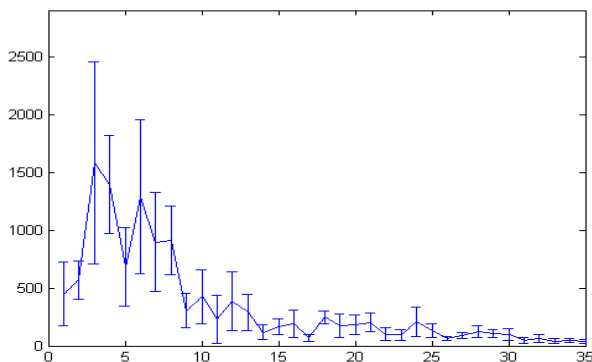


Abbildung 2: Pegel der ersten 35 Teiltöne des gestrichenen a (220Hz), T=1sec, Mittelw./ Std. über verschiedene Orientierungen und Proben, oben Platte A (n=12), unten B (n=6)

Platte B zeigt eine lokale Intensität beim 4. Teilton, 880Hz (fällt nicht! mit einer Plattenmode zusammen). Platte A ist dagegen breitbandig veranlagt im Bereich 200-1800Hz. Auch die Pegel im Brillanzbereich um 2.2-2.8kHz sind bei Platte A bis zu Faktor 2 höher als bei B.

Die gezupften Töne klingen bei Platte A farbiger und lebendiger als bei Platte B. Diese klingt zudem dünn und holzig. Die Modulation bei A ist hörbar^[4] und an den Teiltonverläufen der ersten 6 Teiltöne gut erkennbar, siehe Abb.3.

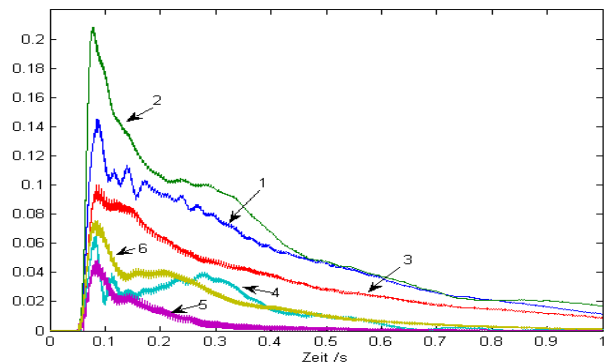
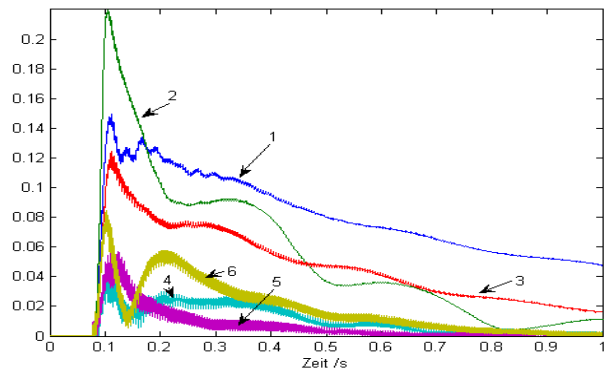


Abbildung 3: Verlauf der Hüllkurven der ersten 6 Teiltöne, gezupftes a (220Hz), oben Platte A, unten Platte B

Die stärkere Wechselwirkung zwischen Teiltönen bei Platte A zeigt sich auch in der Unschärfe der Mittelwerte in Abb.1.

Diskussion

Die erhoffte Verlagerung der Energie vom 1kHz Bereich in den Brillanzbereich zeigt sich nicht, erst recht keine über Zeit zunehmende Verlagerung. Dennoch wird die Energie besser verteilt, und zwar zu hohen *und* zu tiefen Frequenzen hin, weil die Platte relativ dünn ist. Eine strukturierte dicke Platte könnte eine stärkere Verlagerung zu hohen Frequenzen zeigen. Der volle Klang der Platte A überrascht. Bevor Oberflächenstrukturen oder Platteninhomogenitäten als Mittel einer Klanggestaltung in Aussicht gestellt werden dürfen, sollte untersucht werden, ob nicht übliche konstruktive Mittel - z.B. die Fächerbebauung einer Gitarrendecke - bereits ähnliche Effekte der Energieverteilung und Modulation hervorrufen.

Dank

Der Autor dankt Gitarrenbauer Herrn Wichmann, Hamburg, für Tonhölzer, Werkstatt und spannende Diskussionen.

Literatur

- [1] Wood Handbook, chapter 4, page 4-8, URL www.fpl.fs.fed.us/documnts/fplgtr/fplgtr113/fplgtr113.htm
- [2] Fletcher, Rossing: The Physics of Musical Instruments, 2nd Ed., Springer
- [3] Jansson, et al: Resonances of a Violin Body Studied by Hologram Interferometry and Acoustical Methods, Physica Scripta Vol. 2, 243-256, 1970
- [4] URL <http://www.mt.haw-hamburg.de/home/mores/> -> Veröffentlichungen