

Zum akustischen Einfluss von Endknopf und Stachel bei Streichinstrumenten

Gunter Ziegenhals

IfM - Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der TU Dresden, 08267 Zwota, post@ifm-zwota.de

Einleitung

Auf der DAGA 2011 wurde ein Vortrag zur Einfluss des Nicht-Korpuselementes Saitenhalter auf die relevanten akustischen Eigenschaften der Streichinstrumente dargeboten [1]. Mit dem vorliegenden Papier soll die Beschreibung der entsprechenden Untersuchungen fortgesetzt werden. Der Endknopf der Streichinstrumente, bei Celli und Bässen auch als „Birne“ bezeichnet, ist als konische Passung in den Unterklotz eingelassen und dient zunächst als Einhängenpunkt für die Henkelsaite (auch Hänge- oder Einhängesaite). Er stellt somit das Widerlager für den Saitenzug am unteren Ende des Instrumentes dar, muss diesen also aufnehmen. Bei Celli und Bässen ist er gleichzeitig Aufnahme, Führung und Verstelleinheit des Stachels auf dem das Instrument beim Gebrauch steht. Ähnlich wie für den Saitenhalter werden auch bei Endknopf und Stachel in jüngerer Zeit neuartige Material- und Konstruktionsvarianten eingesetzt. Die Meinungen zu den Ergebnissen gehen deutlich auseinander. Hieraus resultiert das Interesse an diesen Objekten.

Endknopf Geige

Endknöpfe für Geigen werden typisch aus Harthölzern wie Palisander oder Ebenholz gefertigt, bewegen sich im Massebereich zwischen 1,8 g und 3 g und weisen recht einheitliche Abmessungen auf. Für die Versuche wurden neben handelsüblichen Endknöpfen auch Eigenbauten verwendet, insbesondere um extreme Materialvarianten einzubringen. Es standen letztlich sieben Endknöpfe aus Holz, Kunststoffen, Aluminium und Messing zur Verfügung: Palisander-1,9 g; Ebenholz-2,5 g; Buchsbaum-2,1 g; Polyamid-2,5 g; Kunststoff spezieller Zusammensetzung-2,8 g; Aluminium-5,5 g; Messing-16,6 g.



Abbildung 1: Untersuchungsobjekte Endknöpfe Geige

Die beiden schwersten Varianten aus Aluminium und Messing kommen in der Praxis eigentlich nicht vor, wurden aber als Extreme bewusst ausgewählt, um ggf. schwache Einflusstrends deutlicher sichtbar zu machen. Für die Untersuchungen wurden die Endknöpfe im Wechsel an Testinstrumenten montiert und die Frequenzkurven [2] aufgenommen. Dies wurde für die einzelnen Endknöpfe jeweils mehrfach

vorgenommen, um Aussagen zur Reproduzierbarkeit zu erhalten. Die Auswertung der Frequenzkurven ergaben eine geringfügige Abhängigkeit der Schallabstrahlung im Bereich 800 Hz bis 1200 Hz. Nimmt man den extrem schweren Messing-Endknopf aus der Auswertung heraus, so verschwindet der Effekt im allgemeinen Fehler. Wie bereits im Rahmen der Untersuchungen zum Saitenhalter [1], so zeigen sich auch hier deutliche Einflüsse der für den Wechsel der Endknöpfe erforderlichen Montage. Diese bedingt ein vollständiges Entspannen der Saiten und daraus resultierend ein Neujustieren des Steges.

Cello – Birne und Stachel

Für die Untersuchungen standen sechs Birnen und sechs Stachel zur Verfügung:

Tabelle 1: Im Rahmen der Untersuchungen Cello verwendete Birnen und Stachel

| Birnen | | | Stachel | | |
|--------|------------|-----|---------|------------|-----|
| Nr. | Material | m/g | Nr. | Material | m/g |
| 1 | Kunststoff | 97 | 1 | Carbonrohr | 56 |
| 2 | Palisander | 94 | 2 | Stahlrohr | 155 |
| 3 | Kunststoff | 77 | 3 | Stahlrohr | 124 |
| 4 | Aluminium | 122 | 4 | Polyamid | 55 |
| 5 | Messing | 294 | 5 | Neusilber | 334 |
| 6 | Buche | 56 | 6 | Fernambuk | 45 |

Die Birnen 1 – 3 sowie die Stachel 1 – 3 stellen handelsübliche Zubehörteile für Cello dar. Die Varianten 4 – 6 sind wiederum Sonderanfertigungen und stellen üblicherweise nicht verwendete Extremfälle dar. Normale Birnen weisen keine Massen größer als 100 g auf. Tabelle 2 stellt Dichte und Elastizitätsmodul der verwendeten Materialien zusammen. Die eingesetzten Kunststoffe stellen teilweise Sondermischungen für Produkte der aktuellen Produktion dar. Wir wurden gebeten, deren Daten nicht zu veröffentlichen.

Tabelle 2: Eigenschaften der verwendeten Materialien

| Material | $\rho / \text{g cm}^{-3}$ | E / GPa |
|------------|---------------------------|-------------|
| Ebenholz | 1,15 | 10 |
| Palisander | 0,85 | 12 |
| Buchsbaum | 0,92 | 9 |
| Fernambuk | 0,9 | 20 |
| Buche | 0,68 | 14 |
| Polyamid | 1,13 | 2 ... 4 |
| Aluminium | 2,7 | 70 |
| Messing | 8,4 | 78 ... 123 |
| Neusilber | 8,5 | 128 |
| Stahl | 7,9 | 190 ... 210 |



Abbildung 2: Die verwendeten Birnen mit und ohne Stachel

Die Vorgehensweise entsprach der des Violinenfalls. Die einbezogenen Birnen und Stachel wurden in verschiedenen Kombinationen auf die Testinstrumente montiert und die Frequenzkurven gemessen. Auch fanden wiederum verschiedene Reproduzierbarkeitsmessungen statt. Abbildung 3 zeigt zunächst die Schar der Frequenzkurven für ein Testinstrument. Die roten Kurven repräsentieren verschiedene Birne-Stachel-Kombinationen. Zwei Verläufe sind durch die Farben Schwarz und Blau gekennzeichnet. Hier handelt es sich um die beiden Messungen mit der Originalbestückung des Testcellos.

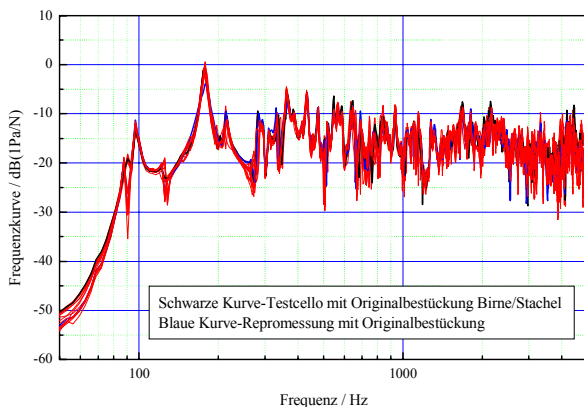


Abbildung 3: Schar der Frequenzkurven für verschiedene Birne/Stachel-Kombinationen an einem Testcello

Anhand der Kurvenverläufe lässt sich sofort erkennen, dass wir es wiederum mit einem sehr kleinen Einfluss zu tun haben. Wie bereits bei allen in Zusammenhang mit den Nicht-Korpuselementen diskutierten Versuchen ist der Einfluss der Montage in den Versuchsergebnissen deutlich erkennbar. Die größte Differenzierung der Frequenzkurven zeigt sich im Bereich der höheren Frequenzen (2 kHz ... 4 kHz). Die Übertragung in diesem Bereich steigt mit wachsender Masse der Birne. Deutlich erkennt man beide beschriebenen Tendenzen in der Faktorenanalyse der Frequenzkurven. Stellt man die Verteilung zweier Faktoren dar, so erkennt man einen eindeutig als Masseinfluss. Andererseits variieren Reproduzierbarkeitsmessungen innerhalb einer Massegruppe sehr deutlich (Abbildung 4). Die Messungen mit hoher Birnenmasse fanden stets mit der Messingbirne statt. Zunächst

kann also ein Einfluss der Passung dieser Birne nicht ausgeschlossen werden.

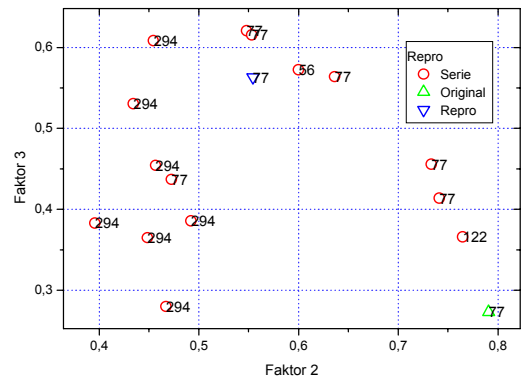


Abbildung 4: Streudiagramm der Faktoren 2 und 3. Eingetragen sind die Birnenmassen in g.

Wir erweiterten die Messungen durch Verwendung verschiedener Stachel. Hier entfällt der Montageeffekt! Ein sicherer Zusammenhang zwischen den Übertragungseigenschaften des Cello und dem eingesetzten Stachel konnte zunächst nicht gefunden werden. Dieses stand im Widerspruch zu Ergebnissen früherer Untersuchungen [3]. Erst die Beschränkung der Auswertung auf jeweils eine Birne zeigte einen äquivalenten Effekt hinsichtlich der Stachelmasse.

Dieser Übertragungsweg ist bedeutungsvoll, wenn das Podium als zusätzlicher Strahler dienen soll (Verwendung so genannter Klangpodien). Die Experimente weisen folgende Ergebnisse auf: Die auf der Stachelspitze verwendeten Gummikappen dämpfen die Übertragung in den Boden oberhalb 60 Hz zwischen 10 dB und 25 dB. Deutliche Vorteile hinsichtlich der Übertragung ergeben steife, schwere Stachel.

Zusammenfassung

Der Einfluss der Elemente Endknopf und Stachel ist sehr gering und kann nur dann experimentell sicher nachgewiesen werden, wenn man hinsichtlich Material und Masse extreme, bislang üblicherweise nicht verwendete Elemente einsetzt. Akustisch vorteilhaft erscheinen schwere Elemente. Einige in letzter Zeit in Mode gekommene High-Tech-Varianten wie Carbonrohre zeigen keine Vorteile.

Literatur

- [1] Ziegenhals, G.: Zum Saitenhalter der Streichinstrumente. Fortschritte der Akustik DAGA 2011
- [2] Ziegenhals, G.: Subjektive und objektive Beurteilung von Musikinstrumenten. Eine Untersuchung anhand von Fallstudien. Dissertation TU Dresden 2010
- [3] Glaß, E.; Ziegenhals, G.: Das Übertragungsverhalten verschiedener Cellostachel. Instrumentenbau-Zeitschrift 62(2008)1/2 S.42

Das IGF-Vorhaben 16044 BR der Forschungsvereinigung Forschungsgemeinschaft Musikinstrumente e.V., Brunnenstr. 31, 65191 Wiesbaden wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.