

Zum Saitenhalter der Streichinstrumente

Gunter Ziegenhals

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

Einleitung

Die Saiten der Streichinstrumente werden hinter dem Steg am Saitenhalter eingehängt. Dieser wiederum ist mittels der über den Untersattel laufenden Henkelsaite am Endknopf bzw. bei Cello und Kontrabass an der Birne befestigt. (**Bemerkung:** Derartige Saitenhalter werden auch bei bestimmten Gitarrentypen eingesetzt. Diese waren jedoch nicht Gegenstand der Untersuchungen.) Saitenhalter klassisch aus Ebenholz, aus optischen Gründen seltener auch aus anderen Hölzern z. B. Birnbaum, Ahorn oder Palisander gefertigt, werden heute aus modernen Verbundmaterialien oder gar Leichtmetall angeboten.

Obwohl es bereits Anfang der 1990er Jahre einige Untersuchungen zum gesamten Hängesystem, Saitenhalter plus Henkelsaite, natürlich mit dem Fokus auf die Violine gab (SCHMIDT 1991, SCHNUR 1991, HUTCHINS 1993, STOUGH 1996, LOLLI 2004), setzt sich die Branche erst in den letzten Jahren wirklich intensiv mit der Problematik auseinander. Neben den angeführten neuen Produkten und Materialien widmet man sich dem Einfluss der Position des Saitenhalters, die mittels neuer Lösungen für die verstellbare Befestigung der Henkelsaite am Saitenhalter einfach variiert werden kann, während früher eine feste Position bevorzugt wurde. Insgesamt schreibt man Elementen wie dem Saitenhalter heute einen großen Einfluss auf das klangliche Gesamtergebnis der Streichinstrumente zu.

Untersuchungsobjekte

Im, dieser Veröffentlichung zugrunde liegenden, Projekt fanden Untersuchungen an Violin- und Cellosaitenhaltern statt. Im Gegensatz zu früheren Jahren, in denen so genannte Feinstimmer am Saitenhalter nur für die hohe Saite üblich waren, sind heute für beide Instrumente Saitenhalter mit kompletter Feinstimmerausstattung typisch im Angebot. Betrachtet wurden Exemplare mit und ohne Feinstimmer. Insgesamt bezogen wir neun Violin- und sieben Cellosaitenhalter ein. Sie bestanden aus Ebenholz, Palisander, Buchsbaum (nur Cello), Polyamid, einem speziell entwickeltem Kunststoffmaterial und Aluminium. Die Massen der Objekte bewegten sich für Violine im Bereich 11 g bis 25 g, für Cello 50 g bis 125 g. Die Masseunterschiede resultieren nicht allein aus den Materialeigenschaften, sondern werden in gewissem Umfang auch durch die Konstruktion geprägt. Die Dichte der Werkstoffe bewegt sich im Bereich $0,8 \text{ g/cm}^3$ bis $2,7 \text{ g/cm}^3$, der E-Modul im Bereich 4 GPa bis 70 GPa. Die einbezogenen Saitenhalterttypen wiesen also hinsichtlich ihrer Eigenschaften eine große Streubreite auf.

Eigenmoden des Saitenhalters

Einerseits bildet der Saitenhalter zusammen mit den vier Saitenenden und der Henkelsaite ein Feder-Masse-System, in dem er als Struktur Starrkörperbewegungen ausführt. Andererseits findet man Moden, die auf Deformationen der Struktur beruhen. STOUGH 1996 schrieb den Haupteinfluss des Saitenhalters der Geige dem Feder-Masse-System zu. Er beschreibt die Starrkörperbewegung als

Rotationen um fünf verschiedene Achsen. Zu diesen fünf Moden fand er folgende für (eine?) Violine folgende Eigenfrequenzen:

- 100 Hz ... 140 Hz
- 120 Hz ... 160 Hz
- 180 Hz ... 230 Hz
- Resonanzen 4 und 5 sehr dicht beieinander um 500 Hz.

Wir bestimmten ebenfalls Frequenzen für derartige Ganzkörper-Starrmoden des Saitenhalters und fanden drei wesentliche Typen:

- Drehung um die Längsachse (L) Typ 1
- Drehung um die Querachse (Q) Typ 2
- Bewegung entlang der Längsachse Typ 3.

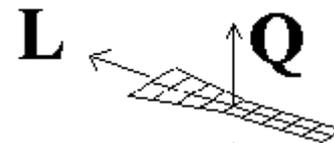


Abbildung 1: Drehachsen am Saitenhalter

An den Saitenhaltern fanden sich im eingebauten Zustand in der Regel mehrere Moden der oben abgegebenen Typen. Sie variieren deutlich von Modell zu Modell. Es lassen sich also nur Bereiche für das Auftreten der Moden angeben (Tabelle 1).

Modentyp	Violine	Cello
Starrkörper Typ 1	80 ... 200	um 90
Starrkörper Typ 2	300 ... 800	170 ... 300
Starrkörper Typ 3	750 ... 1200	300 ... 1000
Biegung längs	400 ... 2000	250 ... 950
Biegung quer	100 ... 2000	90 ... 1700
Torsion	370 ... 1400	170 ... 950

Tabelle 1: Bereiche der ermittelten Modenfrequenzen, Angaben in Hz

Schauen wir uns die Deformation des Saitenhalters an, so finden wir eine analoge Situation vor. Die wesentlichen auftretenden Grundtypen sind: Biegemoden in Längsrichtung (Achse L), Biegenmoden in Querrichtung und Torsion um die Längsachse. Die Frequenzbereiche in denen wir diese Moden typisch vorgefunden haben sind ebenfalls in Tabelle 1 angegeben. Es lassen sich also keine, wie von STOUGH versucht, analog zur Frequenzkurve typische Resonanzen formulieren, denen man relativ enge Frequenzbereiche zuordnen kann. Wir finden identische bzw. stark überlappende Bereiche vor. Einigermaßen abgrenzen lassen sich nur die Drehschwingungen um die Längsachse, die bei beiden Instrumententypen quasi einen eigenen Frequenzbereich belegen. Bei der Violine ist dieser aber offensichtlich ohne Bedeutung, da in diesen nur der tiefste Ton ($g - 196 \text{ Hz}$) fällt.

Übertragungsverhalten am Saitenhalter

Nach Kenntnis der wesentlichen am Saitenhalter auftretenden Moden war nun die Übertragung von Schwingungen direkt am Saitenhalter bzw. in dessen unmittelbarer Umgebung von Interesse. Dazu nahmen wir zwei Versuchsreihen vor: Bei Anregung am Steg analog zur Frequenzkurvenmessung sowie einer zusätzlichen Anregung in Saitenrichtung erfassten wir die am Endknopf ankommenden Signale in drei Raumrichtungen (Abbildung 2). Die zweite Messreihe nahm bei gleicher Erregung die Schwingungen am Steg selbst auf. In Abbildung 2 sind neben den Übertragungskurven zum Endknopf die Frequenzkurve und die Punktdmittanz am Steg eingezeichnet (Zur Messung der Frequenzkurve und der Punktdmittanz am Steg siehe ZIEGENHALS 2010). Diese beiden Kurven repräsentieren das Verhalten im Fernfeld, also letztlich die klangliche Wahrnehmung. Sowohl in der Übertragung zum Endknopf als auch im Fernfeld finden wir Hinweise auf Einflüsse des Saitenhalters. Die Resonanz der Frequenzkurve im Bereich 1300 Hz ... 1400 Hz weist zwei Spitzen auf, die mit zwei Saitenhalterresonanzen zusammen fallen.

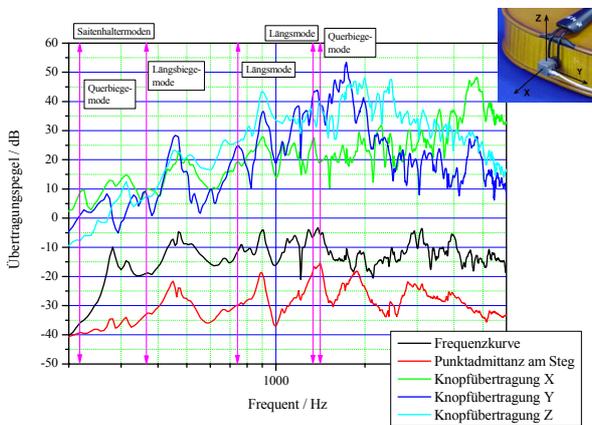


Abbildung 2: Übertragungsmessungen vom Steg zum Endknopf der Violine

Weiterführende Untersuchungen bestätigen den Einfluss des Violinsaitenhalters auf die Schallabstrahlung. Allerdings wird dieser durch die Faktoren Montage und Spielweise überdeckt, so dass er nur bei hinreichender Wiederholung der Versuche sichtbar wird. Es zeigt sich weiterhin, dass der Einfluss nicht in der Saitenhaltermasse, sondern im Material begründet liegt. Damit kämen den Biegeschwingungen und nicht den Ganzkörperbewegungen die dominierenden Einflüsse zu.

Gleichartige Versuche am Cello führten zu keinen eindeutigen Aussagen. Trotz erheblicher Material- und konstruktiv bedingter Unterschiede der Saitenhalter zeigen sich keine eindeutigen Tendenzen in der Frequenzkurve. Andererseits deuteten sich noch größere Einflüsse von Montage und Spielhaltung als im Violinenfall an. Für die vergleichenden Versuche müssen die einzelnen Saitenhalter auf Testinstrumente montiert werden. Hierfür ist jeweils ein vollständiges Entspannen der Saiten und eine Neujustage des Steges erforderlich. Um dies zu vermeiden führten wir Messungen an einem mit 20 g bzw. 60 g Zusatzmasse belegten Saitenhalter durch. Erfasst wurden neben der Frequenzkurve die Schwingungsübertragung zu zwei Punkten des Saitenhalters und zum Untersattel sowie die mittleren Spektren einer chromatischen Tonleiter im Fernfeld (gleiche Mikrophonpunkte wie für Frequenzkurve) sowie an den genannten Schwingungsmesspunkten.

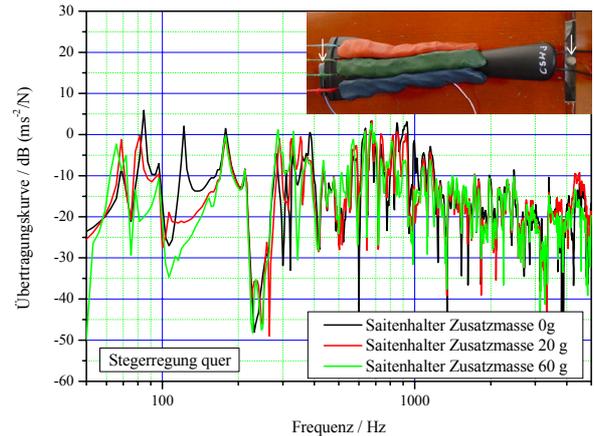


Abbildung 3: Übertragung vom Steg zum Untersattel, Stegerregung quer

Während sowohl das Übertragungsverhalten als auch die mittleren Schwingungsspektren am Saitenhalter- bzw. Untersattel deutliche Abhängigkeiten von der Zusatzmasse am Saitehalter aufweisen, finden wir im abgestrahlten Schall diese Einflüsse nicht (Abbildung 3, Abbildung 4).

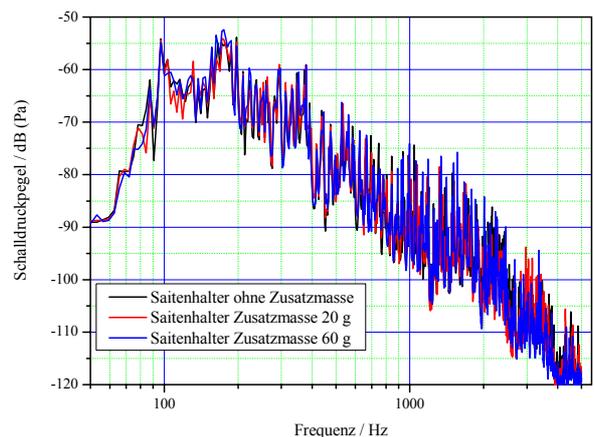


Abbildung 4: Mittlere Schalldruckspektren im Fernfeld über eine chromatische Tonleiter

Zusammenfassung

Für Violinen konnte ein Einfluss des Saitenhalters auf den abgestrahlten Schall bei Einsatz extremer Materialien nachgewiesen werden. Eine gut/schlecht – Bewertung lässt sich jedoch nicht ableiten.

Bei Celli gelang ein entsprechender Nachweis nicht. Obwohl die Saitenhalter deutlich von Material und Masse abhängige unterschiedliche Schwingungen ausführen, schlägt sich dies nicht im abgestrahlten Schall nieder.

Literaturliste unter www.ifm-zwota.de/ifmveroe.htm

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.