

Akustische Untersuchungen zu Klangeigenschaften von Barockgitarren und Gitarren von Richard Jacob Weißgerber

Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau an der TU Dresden, post@ifm-zwota.de (veröffentlicht Februar 2017)

Einleitung

Ambitionierte Instrumentenmacher streben mit ihren, den Instrumenten zu Grunde liegenden Konstruktionen und Materialauswahlen in der Regel speziell klangliche Ziele an. Dabei liegen bestimmte Details oft im Verborgenen. Eine Möglichkeit, Zielstellung und Erfolg derartiger Bestrebungen zu ergründen bzw. zu überprüfen, besteht in der Analyse der akustischen Eigenschaften. Findet man hier deutliche Ähnlichkeiten im Vergleich zweier Instrumente, so kann man zweifellos von einer Verwandtschaft hinsichtlich Konzeption und deren Realisierung ausgehen oder im gegenteiligen Fall eben auch nicht. Die Methode der akustischen Vermessung sollte also auch geeignet sein, die Frage zu beantworten, ob RICHARD JACOB mit dem Tielke-Modell seinem Sortiment eine Barockgitarre hinzufügen wollte, oder eine Entwicklung mit anderer Zielstellung vorlag.

Frequenzkurven und ihre Aufnahme

Als eine Standardmethodik zur Untersuchung der akustischen Eigenschaften von Streich- und Zupfinstrumenten wird im IfM die Frequenzkurvenmesstechnik eingesetzt. Dabei wird das Instrument am Angriffspunkt der Saitenschwingungen definiert künstlich erregt und der als Reaktion auf die Erregung abgestrahlte Schall über mehrere im Raum verteilte Mikrofone aufgenommen. Die Frequenzkurve ist der Frequenzgang zwischen Krafterregungsspektrum und Schallspektrum. Die Erregung erfolgt im IfM typischerweise unter Verwendung eines Impulshammers. In dessen Kopf ist ein Kraftaufnehmer integriert, so dass das konkret in das Instrument eingespeiste Kraftsignal analysiert werden kann. Mit Ausnahme von Geige und Bratsche kommt dabei ein manueller Anschlag in Spielhaltung (in situ) zur Anwendung. Im Falle der Geige und der Bratsche wird eine Pendelanschlagvorrichtung eingesetzt. Zur Aufnahme des im Ergebnis der Anschläge abgestrahlten Schalls dienen drei im Messraum (reflexionsarmer Raum) verteilte Mikrofone.

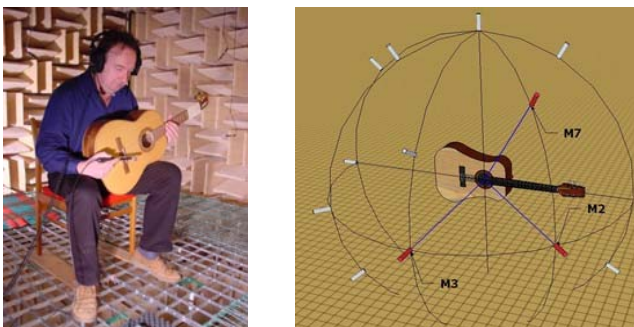


Abbildung 1: FK-Messung im IfM

Die Frequenzkurvenmessung erfolgt absolut kalibriert auf an den Mikrofonen ankommenden Schalldruck in Pascal (Pa)

pro eingetragener Kraft in Newton (N). Pegelangaben werden auf $1 \text{ Pa/N} = 0 \text{ dB}$ bezogen. Über die Entwicklung der Frequenzkurvenmesstechnik im IfM wird in [1] ausführlich berichtet und es soll deshalb an dieser Stelle nicht weiter darauf eingegangen werden.

Zur Auswertung von Frequenzkurven

Abbildung 2 stellt zwei Frequenzkurven einer modernen spanischen Gitarre dar. Es handelt sich um zwei Messungen des gleichen Instrumentes, die ca. einen Monat auseinanderlagen. Man erkennt die gute Reproduzierbarkeit der Untersuchung. Interessanter sind aber die typischen Details der Verläufe. Zunächst ist zu berücksichtigen, dass der Maßstab der x-Achse, die die Frequenz verkörpert, entsprechend der menschlichen Wahrnehmung logarithmisch aufgebaut ist. Dies entspricht auch dem Aufbau der musikalischen Skala. Der Oktavabstand von Ton A zu Ton a beträgt 110 Hz, von Ton a¹ zu Ton a² 440 Hz. Er wird also von Oktave zu Oktave im Frequenzbereich größer. Im logarithmischen Maßstab aber bleiben die Abstände für das Auge gleich groß, was die Deutung derartiger Kurven vereinfacht.

Zunächst fallen die markanten Peaks im unteren Frequenzbereich auf. Im Ergebnis vieler Untersuchungen ist für Konzertgitarren wohl bekannt, auf welchen Phänomenen sie beruhen.

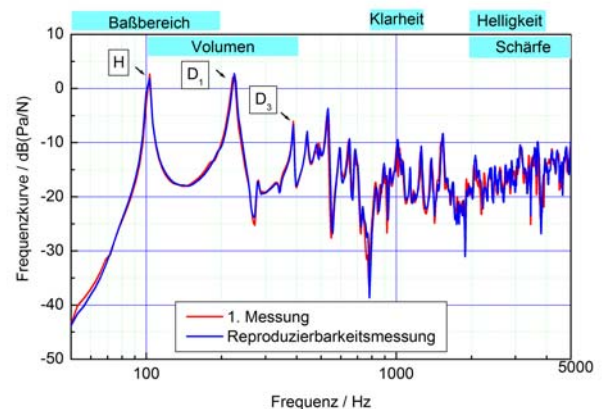


Abbildung 2: Frequenzkurve einer modernen spanischen Gitarre

Der erste Peak, er fällt in den Bereich um 100 Hz, basiert auf der sogenannten Hohlraumresonanz des Instrumentes, einer Eigenschwingung der Gitarre, welche auf der gekoppelten Schwingung von Luftvolumen im Korpus, Decke und Boden beruht (H). Der zweite Peak rührt von der ersten Deckenresonanz her und liegt im Bereich 200 Hz, der dritte von der dritten Deckenresonanz und fällt um 400 Hz aus. Fragt man sich, wo bleibt die zweite Deckenresonanz? Diese stellt eine antisymmetrische Eigenschwingung dar (Abbildung 3), die

im Verhältnis nur sehr wenig Schall abstrahlt und in den Frequenzbereich um 300 Hz fällt.

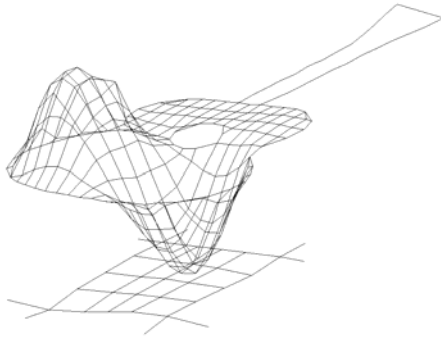


Abbildung 3: Typische zweite Deckenmode der spanischen Gitarre, $f \approx 300$ Hz

Einen weiteren Aufschluss über die Bedeutung der Peaks gewinnt man, wenn man die Frequenzkurven über eine Stichprobe von spanischen Gitarren mittelt (Abbildung 4). Es zeigt sich, dass die Hohlraumresonanz nur über einen relativ kleinen Frequenzbereich zu streuen scheint, wohingegen dieser bei der ersten Deckenresonanz deutlich größer ausfällt. In musikalischen Intervallen ausgedrückt streut hier die Hohlraumresonanz um zwei Halbtöne, die erst Deckenresonanz um vier Halbtöne.

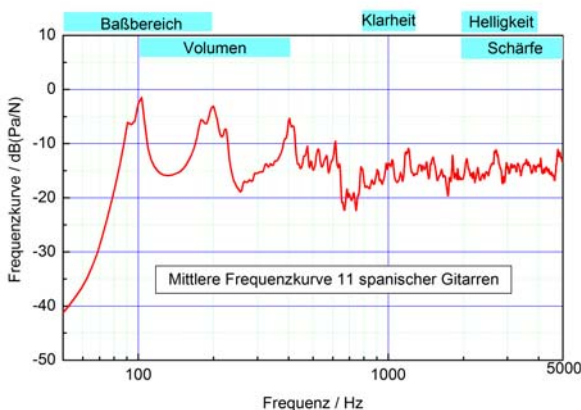


Abbildung 4: Mittlere Frequenzkurve spanischer Gitarren

Die dritte Resonanz wird besonders im Vergleich Einzelmessung zu mittlerer Frequenzkurve interessant. Während in der Einzelmessung der dritte Gipfel zwar deutlich zu sehen ist, aber eigentlich nicht weiter hervortritt, zeigt er in der mittleren Frequenzkurve eine markante Ausprägung. Hier zeigt sich die Bedeutung dieser Resonanz, die im Bereich um 400 Hz einige Haupttöne der Gitarre bedient. Der dritten Deckenresonanz kommt auch dadurch eine besondere Bedeutung zu, dass sie sich im Gegensatz zu Hohlraumresonanz und erster Deckenresonanz sehr deutlich in ihrer Schwingungsform von Instrument zu Instrument unterscheidet. Hier zeigt sich die Handschrift des Instrumentenmachers, der über die Schwingungsform (ob nun bewusst oder

unbewusst) die Schallabstrahlung in diesem Bereich maßgeblich beeinflusst.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass sich die Frequenzkurve der spanischen Gitarre im unteren Frequenzbereich durch drei markante, scharfe Resonanzen auszeichnet, die jeweils einer ganz konkreten Eigenschwingung (Mode) zuzuordnen sind.

Während sich der Untersuchung der spanischen Gitarre eine Reihe von Autoren widmeten, verwiesen sei hier auf [2] und [3], findet man zur Barockgitarre deutlich weniger Arbeiten vor. SCHOSSIG [4] beschäftigte sich in mehreren Studienarbeiten mit dem Nachbau von Barockgitarren nach Vorbild VOBOAM. Während der Entstehung der Instrumente verfolgte SCHOSSIG die Entwicklung der akustischen Eigenschaften. Abbildung 5 zeigt die Frequenzkurven zweier Barockgitarren gefertigt von SCHOSSIG. Die im Gegensatz zu den Gitarrenfrequenzkurven vorhandenen steilen, lokalen Einbrüche sind auf die Verwendung von nur einem Mikrofon in der SCHOSSIG-Messung zurückzuführen. Die stets vorhandene Abstrahlungscharakteristik führt zu derartigen Auslöschungen einzelner Frequenzen in einzelnen Raumrichtungen.

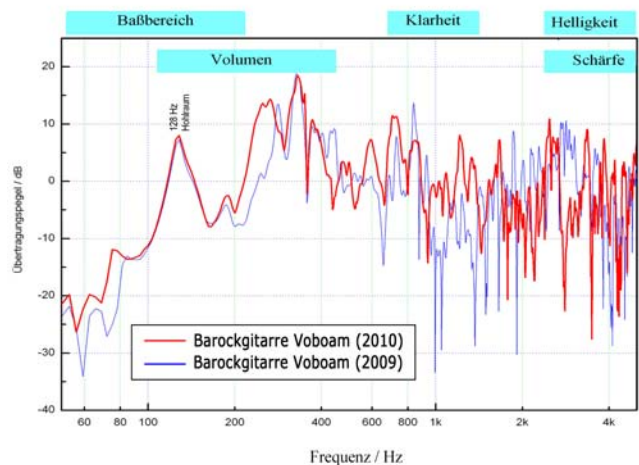


Abbildung 5: Frequenzkurven Barockgitarren SCHOSSIG nach Vorbild VOBOAM [4]

Zunächst findet man analog zur Gitarre eine isolierte, eindeutig der Hohlraummode zuzuordnende erste Resonanz vor. Entsprechend des deutlich kleineren Korpus ist sie hinsichtlich der Frequenz gegenüber der spanischen Gitarre deutlich nach oben verschoben. Statt einer zweiten, isolierten Resonanz zeigen die Frequenzkurven der Barockgitarre aber eine Gruppe von Resonanzen, die eine Art Formanten bilden. Die Untersuchungen von SCHOSSIG führen diese Resonanzen auf verschiedene Decken- und Bodenmoden zurück. Hiermit läge also ein eindeutiges, typisches Merkmal der Frequenzkurven der Barockgitarre vor.

Frequenzkurven zweier JACOB-Instrumente

Um den Ambitionen von RICHARD JACOB auf die Spur zu kommen, wurden die Frequenzkurven seines Tielke-Modells und einer seiner spanischen Modelle im IfM aufgenommen. Abbildung 6 stellt die beiden Instrumente dar.



Abbildung 6: Untersuchte Instrumente: RICHARD JACOB Torres-Modell (um 1930), Tielke-Modell (1923)

Die beiden Frequenzkurven findet man in Abbildung 7. Das Torres-Modell zeigt die Frequenzkurve einer typischen spanischen Gitarre, natürlich mit Besonderheiten des Instrumentenmachers. Die Frequenzen von Hohlraum- und 1. Deckenresonanz sind dort, wo sie hingehören, allerdings exakt auf eine Oktave abgestimmt. Es folgt eine ungewöhnliche, aber dennoch isolierte Resonanz mit $f = 253$ Hz. Ob es sich dabei um die zweite Deckenresonanz handelt, die als ungewöhnlicher Fall durch die Bauweise aus ihrer extremen Antisymmetrie gerissen wurde oder eine andere Basis vorliegt, müsste eine Modalanalyse zeigen. Es folgt die sehr deutlich ausgeprägte 3. Deckenresonanz bei $f = 416$ Hz.

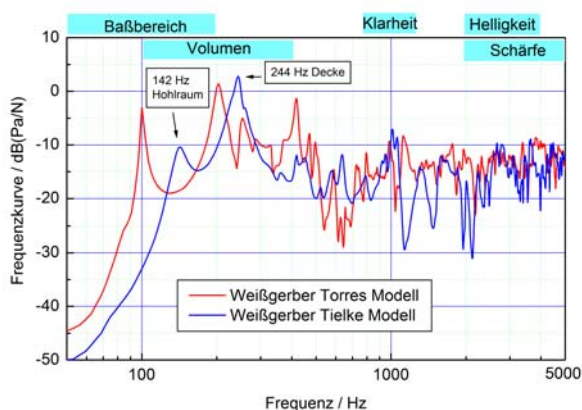


Abbildung 7: Frequenzkurven des Torres- und des Tielke-Modells RICHARDS JACOBS

Der Kurvenverlauf für das Tielke-Modell hebt sich andererseits deutlich von den SCHOSSIG-Messungen ab. Nach einer eher schwach ausgeprägten aber deutlich höher liegenden Hohlraumresonanz folgt eine klar ausgeprägte Einzel-

resonanz, die ganz offensichtlich auf die Decke zurückgeht. Der bei SCHOSSIG zu findende, zerklüftete Formant fehlt. Darüber hinaus liegt die Deckenresonanz bei JACOB deutlich tiefer als dieser Formantbereich.

Zusammenfassung

Das Tielke-Modell von RICHARD JACOB tendiert in seinen akustischen Eigenschaften eher zu einer kleinen spanischen Gitarre als zu einem Barockmodell. Der Vergleich der Frequenzkurven weist deutlich darauf hin. Bei den beiden Weißgerbergitarren fällt die große Ähnlichkeit der beiden Frequenzkurven im unteren Bereich auf. Das Tielke-Modell zeigt das Verhalten des nach höheren Frequenzen hin verschobenen Torres-Modells. Auffällig ist die Abstimmung von Hohlraumresonanz und erster Deckenresonanz bei beiden Instrumenten. Sie entspricht einer Oktave bzw. etwas unter einer Oktave. Weiterhin ist bemerkenswert, dass die erste Deckenresonanz bei beiden Weißgerberinstrumenten praktisch nicht untergliedert ist. Das deutet auf eine gleichartige konstruktive Grundidee hin. Bei den Barockgitarren hingegen liegen die Abstände zwischen Hohlraum- und Deckenresonanz sehr deutlich über einer Oktave. Hinzu kommt die starke Untergliederung des zweiten Peaks zu einem Formanten mit auf mehreren Moden aufbauenden Resonanzen. Interessant ist weiterhin, dass die Maxima im Bereich dieses Formants der Barockgitarren von SCHOSSIG hinsichtlich ihrer Frequenz erheblich (rund 100 Hz) über der scharfen Resonanz des Tielke-Modell liegen. Die Hohlraumresonanz zeigt andererseits eine klanglich relevante niedrigere Frequenz als im Fall des Tielke-Modells. All diese signifikanten Unterschiede weisen eindeutig auf grundsätzlich verschiedene konstruktive Grundkonzepte zwischen den Barockgitarren bzw. deren Nachbauten und dem Tielke-Modell Weißgerbers hin.

Literatur

- [1] Ziegenhals, G.: Die Entwicklung der Frequenzkurvenmesstechnik im Institut für Musikinstrumentenbau. Seminar des FAMA in der DEGA 2015 in Hamburg
- [2] Ziegenhals, G.: Subjektive und objektive Beurteilung von Musikinstrumenten. Eine Untersuchung anhand von Fallstudien. Dissertation TU Dresden 2010
- [3] Fleischer, H.: Schwingungen akustischer Gitarren. Beiträge zur Vibro- und Psychoakustik 1/98 ISSN 1430-936X
- [4] Schossig, D.: Dokumentation des Baus einer Barockgitarre nach dem Vorbild von N. A. Voboam, Paris 1670. Studienarbeit Westsächsische Hochschule Zwickau 2010 (Ms.)

IfM – Institut für Musikinstrumentenbau e.V. an der TU Dresden, 08267 Klingenthal OT Zwota
veröffentlicht Februar 2017