

Akustische Untersuchungen an „Weißgerbergitarren“

Eberhard Meinel

Westsächsische Hochschule Zwickau, Studiengang Musikinstrumentenbau Markneukirchen

Die am Studiengang Musikinstrumentenbau vorgenommenen Forschungsarbeiten an Instrumenten von Richard Jakob „Weißgerber“ umfassen neben Maß- und Proportionsanalysen auch - weltweit erstmalig - akustische Messungen. Bezüglich der Dokumentation der Ergebnisse sei auf den Katalog und die Veröffentlichung auf unserer Webseite verwiesen (siehe Literaturverzeichnis). Der vorliegende Beitrag behandelt insbesondere grundsätzliche messtechnische und akustische Fragen zu den Messungen an Weißgerber-Instrumenten.

Tonerzeugungskette

Der Klang einer Gitarre, wie er vom Hörer und Spieler empfunden wird, wird keineswegs nur von den konstruktiven und somit akustischen Eigenschaften des Instrumentes selbst bestimmt. Diese relativ komplexen Zusammenhänge zwischen der Tonerzeugung durch den Spieler und dem vom Hörer wahrgenommenen Klang lassen sich am besten durch eine so genannte Tonerzeugungskette (Bild 1) verdeutlichen, wobei die wichtigsten Einflussgrößen durch Kästen dargestellt sind.

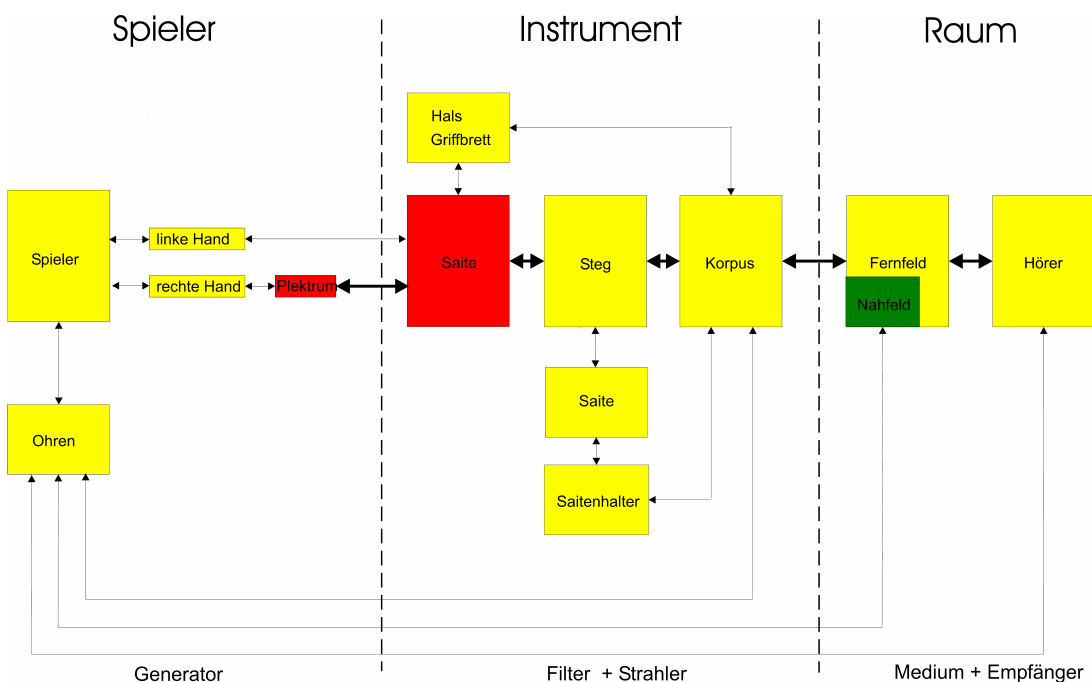


Bild 1: Tonerzeugungskette einer Gitarre

Die Beurteilung der Klangeigenschaften eines Instrumentes ist also außer von den Eigenschaften des Instrumentes maßgeblich vom Spieler bzw. dessen Spieltechnik und den Saiten, aber auch von den Raumeigenschaften beeinflusst. Die in dem Sinne eigentliche Tonerzeugung findet zwischen Finger, ggf. noch Plektrum, und der Saite statt. Da die vergleichsweise dünnen Saiten kaum

Schall abzustrahlen in der Lage sind, benötigt man die Kopplung mit dem Korpus als großflächigen Resonanzkörper und Strahler. Das Instrument arbeitet aufgrund seiner Resonanzeigenschaften dann als Filter und Verstärker.

Spieltechnik und Saiten können sogar häufig größere Klangunterschiede bewirken als die Unterschiede zwischen verschiedenen Instrumenten. Da sich der Spieler im Nahfeld befindet, hat er zudem einen anderen Höreindruck als der Hörer in einiger Entfernung.

Dabei bestehen stets Wechselwirkungen, was durch die Richtung der Pfeile angedeutet wird und die Komplexität unterstreicht. Selbst zwischen Spieler und Hörer kann eine gewisse gegenseitige emotionale Beeinflussung bestehen.

Die „Verarbeitung“ der vom Ohr aufgenommenen Schallsignale findet bekanntlich im Gehirn statt, das eine Bewertung nach bestimmten Algorithmen vornimmt.

Einen weiteren wichtigen Aspekt bei der Klangbeurteilung stellen deshalb, wie wir aus der psychoakustischen Forschung wissen, so genannte nichtakustische Einflussfaktoren dar, die sich leider nur schwer objektivieren lassen:

1. Andere sensorische Kanäle:

- Tastgefühl („Handling“ des Instrumentes)
- Geruch
- **Aussehen** („das Auge hört mit“)
- emotional gefärbte Erinnerungsmuster

2. Präferenzen, Wichtungen:

- Subjektive Einstellung und Erwartungshaltung, Image, Nimbus, **Markenname / Hersteller (!)**
- Hörertypologie, individuelle Typenstruktur
- Motivation, selektive Aufmerksamkeit
- Hörgewohnheiten, Hörkultur, Ästhetik, Mode
- medizinische Aspekte (Wohlbefinden, „Tagesform“, Tageszeit)

Es mag etwas überraschen, jedoch werden praktisch alle Sinneseindrücke vom Gehirn in die Interpretation von Schallsignalen einbezogen, keineswegs nur das Gehörte. Insbesondere ist hier das Aussehen, das Design der Instrumente zu nennen.

Damit nicht genug, spielen noch eine Vielzahl weitere subjektiver Faktoren bei der Bewertung durch das Gehirn eine Rolle. Das gilt natürlich nicht nur für Musikinstrumente, sondern ganz allgemein für praktisch alle Produkte. Wie stark beispielsweise der Nimbus des Herstellers ein Urteil beeinflussen kann, kennt man bei Automarken ebenso wie bei Musikinstrumenten. Hier sind Instrumente von Erbauern wie Stradivari oder Guarneri praktisch fast über jede Kritik erhaben.

Messmethoden

Wie aus den bisherigen Ausführungen deutlich geworden sein sollte, sind nicht alle Einflüsse auf die Klangempfindung messbar, zumindest nicht auf vergleichsweise einfache Weise. Dennoch lassen sich wesentliche Aussagen treffen. Im Prinzip unterscheiden wir zwei Herangehensweisen:

1. Analyse komplexer Signale (Einzeltöne, Akkorde, Melodiephrasen)

Die Anregung kann künstlich über eine geeignete Anspielvorrichtung erfolgen oder durch möglichst mehrere professionelle Musiker. Problematisch ist u. a., dass große Datenmengen anfallen. Das Instrument muss spielbar sein, und der beachtliche Einfluss von Saiten und Spieler ist zu berücksichtigen. Jedoch können zusätzlich Hörvergleiche durchgeführt werden.

2. Messung bestimmter physikalisch-akustischer Parameter mit nachgewiesener Korrelation zum Klang oder anderen Eigenschaften

Hier hat sich die Messung der Resonanzeigenschaften allgemein bewährt, etwa in Form einer Klopfonanalyse. Erfasst werden hier „nur“ wesentliche Eigenschaften des Instrumentes, das gewissermaßen als mechanisches Gerät zu verstehen ist. Der Einfluss des Spielers und der Saiten sind bewusst ausgeklammert. Das Instrument braucht auch nicht unbedingt spielbar zu sein, was häufig bei historischen Instrumenten ohnehin nicht der Fall ist.

Korrelationen zu bestimmten Klangeigenschaften müssen allerdings über aufwändige Hörversuche ermittelt werden.

Die Messung des Schwingungsverhaltens und somit der Resonanzeigenschaften ist am fertigen Instrument, aber auch an Instrumententeilen möglich. Bekannte Methoden sind beispielsweise:

- Frequenzkurvenanalyse (2D- und/oder 3D-FFT- Analyse)
- Ein- und Ausschwingverhalten
- Akustische Kamera
- Methode nach Chladni (Anordnung der Schwingungsknoten)
- Laserinterferometrie
- Modalanalyse
- Finite Elemente Methode
- Laser Scanning Vibrometer

Die letzten 5 der aufgeführten Messverfahren liefern sehr anschauliche Darstellungen der Schwingungen und Schwingungsknoten bei Resonanz, teilweise sogar in einer Bewegungsanimation.

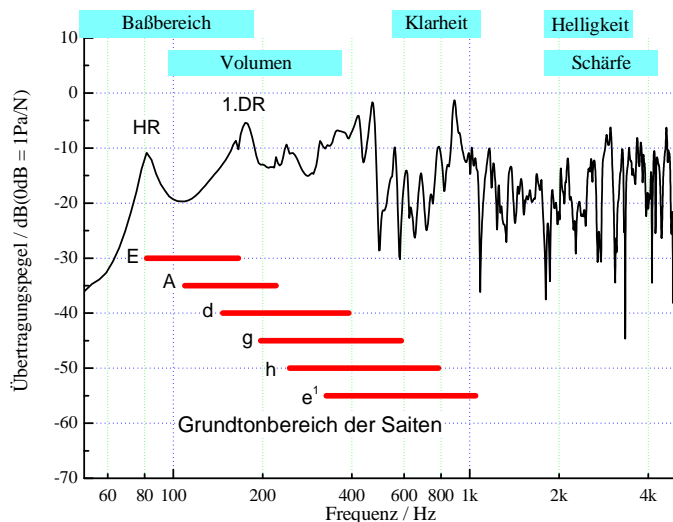
Natürlich lassen sich auch Parameter wie Lautstärke, Klangdauer, Spielbarkeit (Saitenniederdruckkraft u. ä.), Bundreinheit, Ansprache, Tragfähigkeit usw. messtechnisch erfassen, was jedoch in der Regel spielbare Instrumente voraussetzt.

Frequenzkurvenanalysen

Den Schwerpunkt der Messungen an Weißgerber-Gitarren bildeten Frequenzkurvenanalysen, die als repräsentatives Verfahren zur objektiven Klangbeurteilung gelten. Frequenzkurven beinhalten sowohl modelltypische als auch instrumententypische individuelle Merkmale der Gitarren. Die Frequenzen der Resonanzen des Instrumentes, die sich durch Anhebungen im Frequenzgang (Peaks) darstellen, sowie deren Intensität lassen Rückschlüsse auf den Klang, die Lautstärke sowie weitere akustische Eigenschaften zu.

Ein Beispiel ist in Bild 2 dargestellt. Der Grundcharakter des Klanges wird dabei entscheidend von zwei Hauptresonanzen geprägt: Etwa zwischen 80 und 100 Hz liegt bei normaler Konzertgitarrenbaugröße die Hohlraumresonanz (HR). Ungefähr eine Oktave darüber, bei 170 bis 200 Hz, findet man die erste Deckenresonanz (1.DR). Die Grundtonbereiche der einzelnen Saiten sind rot markiert.

Der Zusammenhang der Resonanzstruktur mit Klangempfindungen lässt sich vereinfacht so erklären: Fällt der Grundton oder eine Teilton der Saite frequenzmäßig mit einer Eigenresonanz zusammen, wird er entsprechend verstärkt, in einer Resonanzlücke deutlich weniger.



Weißgerber Torres-Modell (Inv.-Nr. 4772)

Bild 2: Typische Frequenzkurve einer Gitarre (Resonanzstruktur, Messung IfM Zwota)

Relevante Frequenzbereiche und ihre Beziehung zu bestimmten Klangattributen wurden in Bild 2 blau markiert. Für den Klangeindruck sind dabei weniger die absoluten Werte ausschlaggebend, sondern es muss der Zusammenhang mit dem Gesamtverlauf der Frequenzkurve, das Verhältnis der Pegel in den klangrelevanten Frequenzbereichen zueinander, gesehen werden.

Grundsätzliche Tendenzen zur Klangempfindung lassen sich bereits dem so genannten ISO-MARK[®]-Typenfeld¹ (Bild 3) entnehmen.

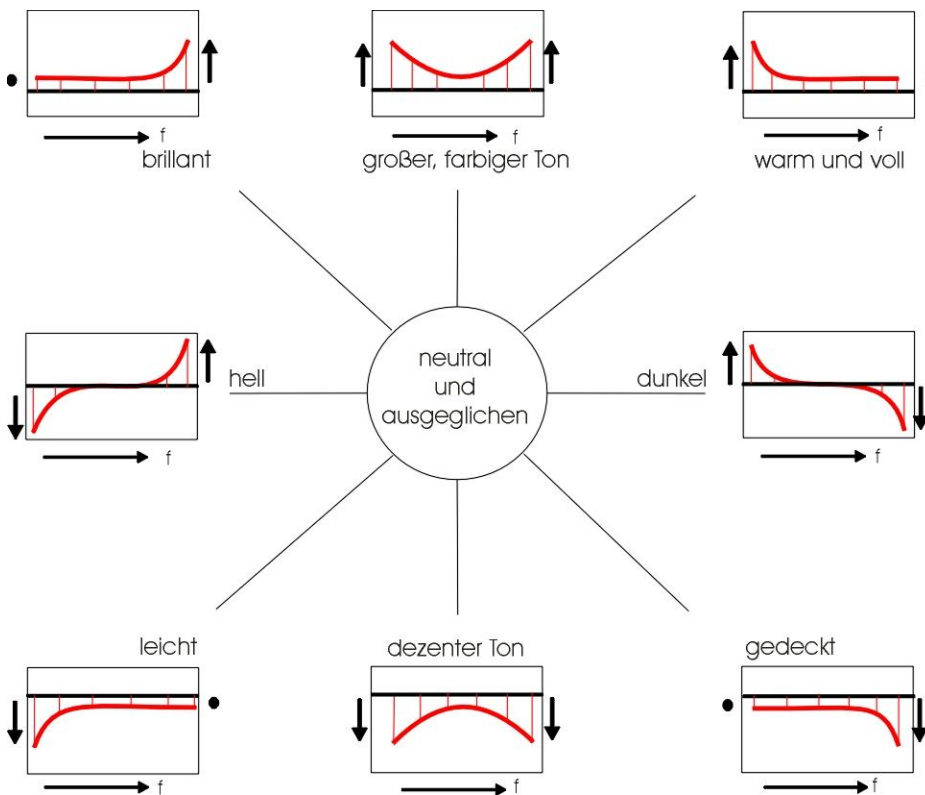


Bild 3: ISOMARK[®]-Typenfeld

Einfluss der Messbedingungen

Bild 4 zeigt die Resonanzstruktur des Nachbaus einer Gitarre von Johann Gottlieb Knößing², die mit verschiedenen Messverfahren ermittelt wurde. Die Darstellung des Resonanzverlaufes hängt wesentlich von den Messbedingungen ab. In einem reflexionsarmen Messraum mit einem oder mehreren Mikrofonen ermittelte Fernfeldkurven entsprechen in etwa dem vom Hörer wahrgenommenen Schall. Die bestenfalls vom Spieler zu hörenden Deckenschwingungen zeigen auch Resonanzen, wie beispielsweise eine Halsschwingung bei 82 Hz, die nicht angestrahlt werden und in der Fernfeldkurve fehlen, dennoch den Klang beeinflussen. Bezüglich der Einzelheiten zu den Messbedingungen und der Interpretation der Resonanzkurven sei auf die Literaturangaben verwiesen.

¹ Synotec Psychoinformatik GmbH

² Das Original befindet sich im Musikinstrumentenmuseum Markneukirchen

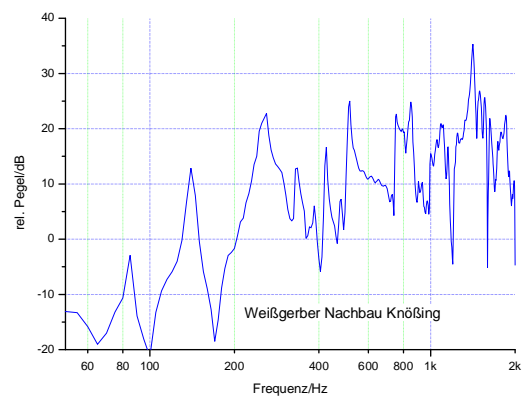
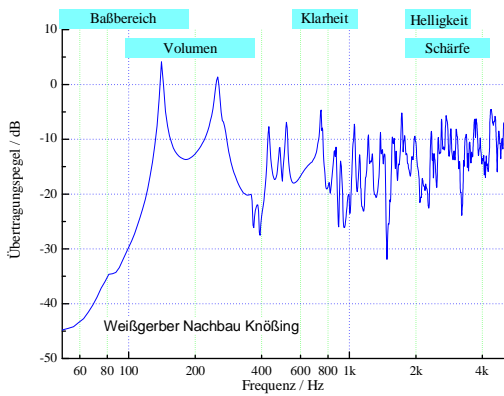


Bild 4: Vergleich der Resonanzstrukturen bei unterschiedlichen Messbedingungen
links: Schallabstrahlung (Fernfeld, 50 ... 5000 Hz)
rechts: Deckenschwingungen (Nahfeld, 50 ... 2000 Hz)

Einfluss der Bauformen

Signifikante Unterschiede in den Frequenzkurven können auf die Baugröße, Bauweise und den Materialeinsatz zurückgeführt werden. Dadurch verschiebt sich bei dem kleineren Wiener Modell gegenüber dem Torres-Modell gewissermaßen der Verlauf nach höheren Frequenzen (Bild 5), was weniger Klangvolumen bedeutet. Jedoch wird der Effekt durch höhere Pegel der Hauptresonanzen etwas gemildert.

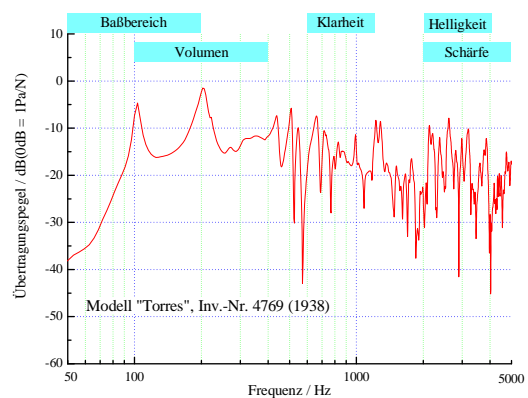
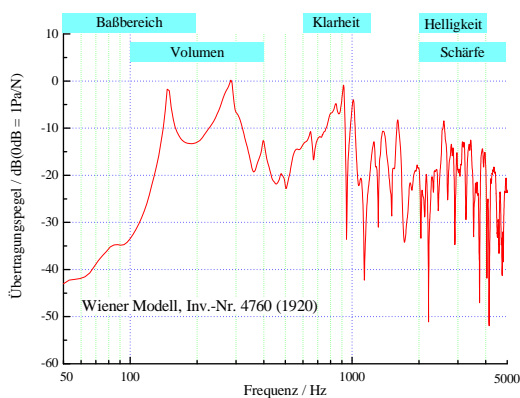


Bild 5: Vergleich der Resonanzstrukturen bei unterschiedlichen Bauformen (Fernfeld Messung IfM Zwota)

Nachbau und Original

Dass ein Nachbau nicht unbedingt auch klanglich dem Original nahe kommt, wird anhand von Bild 6 deutlich. Aus akustischer Sicht ist eine klanglich identische Kopie ohnehin praktisch unmöglich, bestenfalls kann sich der Klang annähern. (Man kennt das von den unzähligen Versuchen im Geigenbau, den Klang von Stradivari-Modellen zu kopieren.) Es stellt sich die Frage, ob Richard

Jacob überhaupt auch eine Klangkopie angestrebt hat. Es ist eher zu vermuten, dass er sein eigenes Klangideal in den Vordergrund stellte.

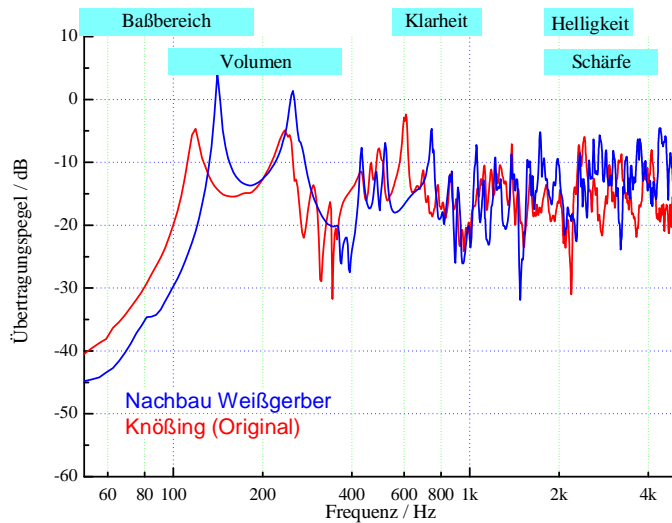


Bild 6: Vergleich von Original und Nachbau der Knöding-Gitarre

Interessant ist in diesem Zusammenhang auch der Vergleich der Torres-Modelle von Richard Jakob mit spanischen Originalen.

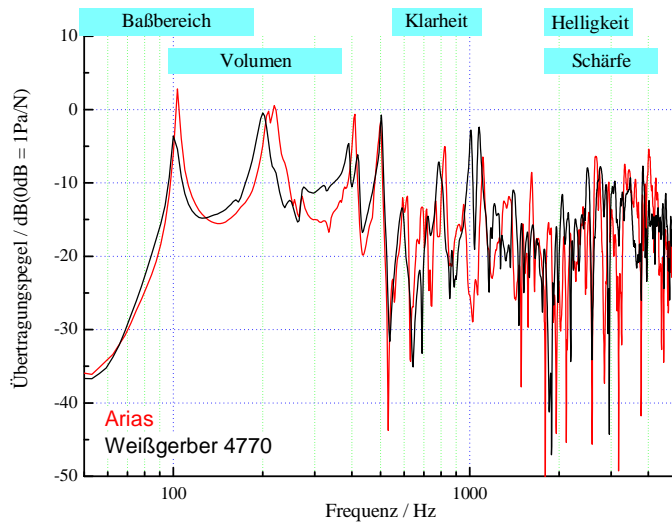


Bild 7: Vergleich mit einer Gitarre von Vicente Arias (Spanien)

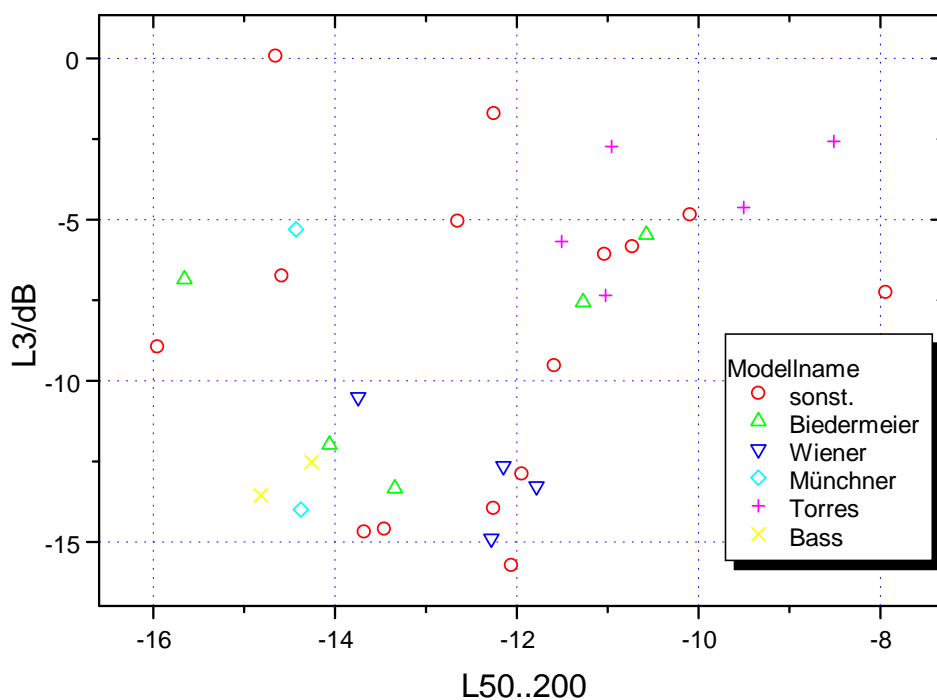
In Bild 7 ist das Modell mit der Nr. 4770 aus der Leipziger Sammlung einer Gitarre von Vicente Arias gegenübergestellt. Die Ähnlichkeiten sind relativ groß, wobei das Weißgerber-Modell sogar etwas besser abschneidet. Der höhere Pegel der ARIAS bei ca. 100 Hz ist nicht unbedingt von Vorteil, da durch eine zu starke Hohlraumresonanz das Instrument etwas zum Dröhnen neigt.

Merkmals-Diagramme

Das führt uns zu der Frage, ob sich bei den Gitarren von Richard Jacob „Weißgerber“ Merkmale finden lassen, die typisch für den Instrumentenbauer sind. Einen Ansatz dazu bieten so genannte Merkmals-Diagramme. Dabei werden aus den Frequenzkurven bestimmte Parameter ausgewählt und in zweidimensionalen Diagrammen gegenübergestellt.

Derartige Darstellungen sind geeignet, Ähnlichkeiten nachzuweisen. Das kann bei Instrumenten eines Erbauers, von Familienmitgliedern oder auch regional der Fall sein. Recht gut lassen sich beispielsweise Fälschungen auf diese Weise erkennen. Ähnlichkeiten heißt, dass sich für die ausgewählten Parameter Punkthäufungen in bestimmten Flächenbereichen der Diagramme ergeben, und zwar notwendigerweise bei allen Merkmals-Diagrammen.

In Bild 8 ist als Beispiel das Merkmals-Diagramm der Instrumente der Weißgerber-Sammlung des Musikinstrumentenmuseums der Universität Leipzig für die Parameter Pegelmittelwert im Bereich von 50 bis 200 Hz gegenüber dem Pegelwert der 3. Deckenresonanz dargestellt. Beide Bereiche besitzen für die Klangbeurteilung eine hohe Relevanz. In Anbetracht der sehr unterschiedlichen Baugrößen und Instrumententypen ist natürlich zwangsläufig eine gewisse Streuung der Messpunkte gegeben. Dennoch lassen in sich – unter Einbeziehung weiterer Diagramme - auch genügend Gemeinsamkeiten erkennen, die als Hinweis auf den „besonderen Weißgerberklang“ interpretiert werden können.



Fazit

- Unterschiede in den Frequenzkurven können auf die Baugröße, Bauweise und den Materialeinsatz zurückgeführt werden.
- Rückschlüsse auf Klangunterschiede lassen sich im direkten Vergleich der Frequenzkurven ziehen.
- Der Klangeindruck wird von Anzahl, Frequenz und Intensität der Resonanzen bestimmt, insbesondere vom Verhältnis der Pegel in klangrelevanten Frequenzbereichen.
- Aus den Frequenzkurven lassen sich Merkmale extrahieren, die wesentliche Aussagen über den Klang (Qualität) gestatten.
- Statistisch gesehen bilden die Werte der Gesamtstichprobe Weissgerber-Instrumente trotz der großen Streuung eine gewisse Einheit.

Literatur:

Meinel, E.: Lehrbrief Musikalische Akustik. Teil I und II, Markneukirchen, 2009

Michel, A., et al.: Gitarren von Richard „Weißgerber“. Museum für Musikinstrumente der Universität Leipzig. Katalog. Verlag Janos Steckovics, Leipzig, 2007

Ziegenhals, G.: Subjektive und objektive Beurteilung von Musikinstrumenten. TUDpress, Dresden, 2010

Akustische Untersuchungen zu Klangeigenschaften von Weißgerber-Gitarren.

In: www.studia-instrumentorum.de/MUSEUM/weissgerber_inhalt.htm

Akustische Untersuchungen zu Klangeigenschaften von thüringisch-sächsischen Gitarren.

In: www.studia-instrumentorum.de/MUSEUM/GITARREN/git_sachsen_inhalt.htm