

Holz- und Lackanalysen im zeitgenössischen Geigenbau

Martin Schleske, Geigenbaumeister und Dipl.-Physik-Ing. (FH)
Meisteratelier für Geigenbau, Georg-Hellmair-Platz 382, 86899 Landsberg am Lech, Germany

Zusammenfassung

Von wesentlicher Bedeutung für die Klangqualität herausragender Violinen, Violas und Violoncelli sind die akustischen Eigenschaften des verwendeten Holzes und dessen Behandlung durch die Lackierung. Eine gute Lackierung wird zu einem Klangverstärker des Instrumentes, wie umgekehrt eine schlechte Lackierung das akustische Potenzial des Instrumentes unweigerlich zerstört. So haben Jahrzehnte an chemischen Versuchen und akustischen Experimenten im Meisteratelier für Geigenbau Martin Schleske ihren Beitrag geleistet, dem klanglichen Potenzial des Geigenlackes und so den Geheimnissen des Geigenklanges auf die Spur zu kommen. Für die Praxis des Geigenbaus ist es sinnvoll, sowohl die Qualität des verwendeten Klangholzes als auch den klanglichen Einfluss der Geigenlackierung mithilfe akustischer Methoden zu untersuchen.

ANATOMISCHE ANALYSEN DES HOLZES

Im Meisteratelier für Geigenbau Martin Schleske wurden in den vergangenen Jahrzehnten sowohl akustische als auch anatomische Analysen von Geigenholz durchgeführt. Darüber hinaus gaben akustische Analysen mannigfaltigster historischer und zeitgenössischer Lackrezepturen Aufschluss darüber, in welchem Ausmaß eine gute Lackierung geeignet ist, das Instrument klanglich zu veredeln.

Während die akustische Analyse die klangliche Eignung des Tonholzes quantifiziert, zeigen anatomische Analysen worin die beobachteten Qualitätsunterschiede zwischen verschiedenen Tonhölzern begründet sind. In Zusammenarbeit mit der Universität München führten wir mit Hilfe der Raster-Elektronen-Mikroskopie zahlreiche holzanatomische Analysen durch. Der thematische Fokus bestand darin, zeitgenössisches Tonholz mit demjenigen der berühmten altitalienischen Meister des 18. Jh. zu vergleichen.

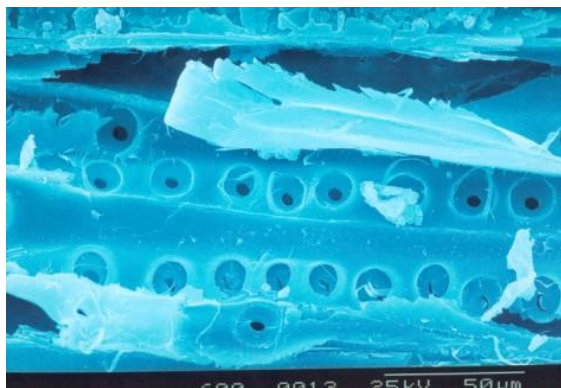


Abb. 1: Holzanalysen mittels Raster-Elektronen-Mikroskop. Aufnahmen von Fichtenholz einer Geigendecke des Neapolitaner Meisters F. Gagliano aus dem Jahr 1780.



Abb. 2: Ansicht auf die Hoftüpfel in den tangentialen Seitenwänden zweier Tracheiden. Vergrößerung 6000-fach. Deutlich erkennbar ist der fehlende Torus in der Mitte des Hoftüpfels. Die Tüpfelmembranen sind erhalten. Dieser Frage nachzugehen, war einer der Gründe der vorgenommenen REM-Analyse.

AKUSTISCHE ANALYSEN DES HOLZES

Maßgebliche Größen für eine akustische Charakterisierung von Geigenholz sind:

- die Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen sowohl längs als auch quer zum Faserverlauf
- die Schwingungsdämpfung sowohl längs als auch quer zum Faserverlauf
- die Dichte

Diese Größen werden mittels Resonanzanalyse bestimmt. Die Schallgeschwindigkeit der Longitudinalwellen längs zur Faser liegt bei Fichtenholz zwischen 4800...6200 m/s. Die Dichte zwischen 350...420 kg/m³. Der Quotient beider Größen bildet einen ersten Hinweis dafür, wie die Geigendecke hinsichtlich ihrer Stärkenverteilung ausgearbeitet werden soll.

AKUSTIK DES GEIGENLACKS

Noch deutlicher als die Qualitätsschwankungen des Holzes fallen die akustischen Unterschiede verschiedener Lackrezepturen aus.



Abb. 4: Messaufbau zur Bestimmung der akustischen Qualität von Geigenlack. Die Probestreifen werden elektromagnetisch in Schwingung versetzt. Die Schwingungsantwort wird über ein Messmikrophon aufgezeichnet und durch Fouriertransformation ausgewertet.

Ein hervorragend gebautes Instrument kann mit einer falschen Grundierung oder Lackierung klanglich zerstört werden. Hier ist vor allem auf die stark bedämpfende Wirkung zahlreicher Substanzen und Rezepturen hinzuweisen. Andererseits kann ein optimaler Lack ein gut gebautes Instrument klanglich veredeln, da der Lack einen Einfluss auf dessen Modulierbarkeit und Ansprache hat.

Angesichts des großen Ausmaßes an klanglichen Gestaltungsmöglichkeiten durch die Lackierung, untersuchten wir innerhalb der vergangenen Jahre den akustischen Einfluss von über 300 verschiedenen Lackbehandlungen – stets mit dem Ziel, Rezepturen zu entwickeln und akustisch zu verfeinern.

Durch Messung grundierter und lackierter Probestreifen wird bestimmt, in welchem Ausmaß die einzelnen Behandlungen (Rezepturen, Einzelsubstanzen, Auftragetechniken, Absorptionstiefe etc.) die akustisch relevanten Größen des Holzes verändern. Daraus können Rückschlüsse auf den graduellen Nutzen oder Schaden der Behandlung für den Klang des Instrumentes gezogen werden. Auf diese Weise kann die eigene Lackierung und Behandlung optimiert werden.

Grundsätzlich sollte eine bedämpfende Wirkung auf das Holz vermieden werden. Die Dämpfung ist im Zeitbereich umgekehrt proportional zur Abklingzeit der Schwingung. Eine stark gedämpfte Schwingung

klingt „stumpf“, da nur eine geringe Abklingzeit gegeben ist.



Abb. 3: Analyse unterschiedlicher Lackschichten und Holzprobestreifen in unserem Labor.

Im Frequenzbereich ist die Dämpfung proportional zur Resonanzgipfelbreite – der sog. Halbwertsbreite. Eine gering bedämpfte Resonanz weist im Frequenzbereich einen steilen und hohen Resonanzgipfel auf, eine stark bedämpfte Resonanz einen breiten und flachen Resonanzgipfel.

Abb. 6 zeigt das Ergebnis einer akustischen Lackanalyse. Dargestellt ist die Übertragungsfunktion $FRF=a/F(f)$: Beschleunigung a über der Kraft F als Funktion der Frequenz f . Als Resonanzgipfel ist der Frequenzgang der ersten Biegeeigenschwingung aufgetragen. Ein Vergleich dieses Resonanzgipfels vor- und nach der Behandlung zeigt die (in diesem Fall ungünstige) Wirkung der hier vorgenommenen Probelackierung: Es ist eine deutliche Dämpfung festzustellen.



Abb. 5: Messplatz zur Bestimmung der akustischen Qualität von Geigenlack im Meisteratelier für Geigenbau Martin Schleske.

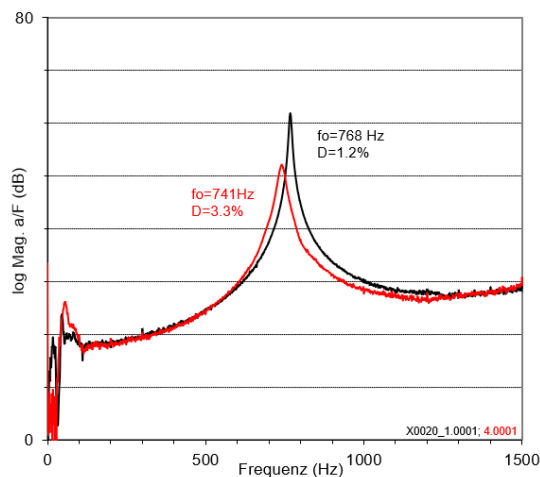


Abb. 6: Untersuchungen der akustischen Wirkung einer Lackierung durch Messung der Übertragungsfunktion eines frei-frei gelagerten Probestreifens und Auswertung der Resonanz der ersten Biegeeigenschwingung. Messung des unbehandelten Streifens: schwarz; Messung des lackierten Probestreifens: rot.

An der Veränderung des Resonanzgipfels ist erkennbar, dass die hier untersuchte Lackierung eine akustisch ungünstige Wirkung hat:

Die Dämpfung der Resonanz wurde erheblich erhöht. Dies ist daran erkennbar, dass der Resonanzgipfel des lackierten Streifens bei gleichem Pegelabfall eine wesentlich größere Halbwertsbreite hat. Die Schallgeschwindigkeit wurde verringert. Dies ist daran erkennbar, dass die Resonanzfrequenz des lackierten Streifens zu tieferen Frequenzen hin verschoben wurde. Ein akustisch in dieser Weise wirkender Lack sollte nicht für Lackierung einer Geige in Betracht gezogen werden.

Würde die dargestellte Lackierung nicht nur auf einem Probestreifen, sondern auf dem weißen Instrument angewendet werden, so hätte dies klanglich unerwünschte Folgen: Eine zusätzliche Dämpfung bedeutet eine Verminderung des akustischen Wirkungsgrades der Resonanzen. Damit würden die Dynamik des Instrumentes, sowie dessen Tragfähigkeit und klangliche Kraft erheblich reduziert.

Weil eine Dämpfungszunahme durch Grundierung oder Lackierung darüber hinaus die Pegelunterschiede zwischen Resonanzspitzen und Resonanztälern verringert und die Bandbreite der einzelnen Resonanzen verbreitert, bedeutet ein Dämpfungszuwachs, dass sowohl die Sensibilität des Instrumentes gegenüber dem Vibrato des Musikers als auch die Modulierbarkeit des Instrumentes getrübt wird.

In zahlreichen Analysen konnten wir große Unterschiede des Dämpfungsverhaltens verschiedener Grundierungen und Lackierungen feststellen. Die Bandbreite liegt zwischen dem 0.75-fachen und dem 3.0-fachen gegenüber dem unbehandelten Holz. Das bedeutet, dass einige Rezepturen eine Verringerung der Dämpfung des Holzes von bis zu 25% gestatten, während andere Substanzen die Dämpfung des Holzes verdreifachen. Dies macht deutlich, dass mit der Wahl der Lackierung der Erfolg des werdenden Instrumentes stehen und fallen kann.

Neben der Veränderung der Dämpfung durch die Lackierung ist die Veränderung der Schallgeschwindigkeit von besonderer Bedeutung. Die Schallgeschwindigkeit resultiert aus dem Verhältnis von Elastizitätsmodul zu Dichte. Der Elastizitätsmodul bestimmt mit den geometrischen Abmessungen der Struktur deren Steifigkeit. Holzbehandlungen, Grundierungen und Lackierungen können auf den Elastizitätsmodul des Holzes einwirken, indem sie das Fasergefüge festigen oder es schwächen.

In der Praxis stellt sich die Frage, ob die gewählte Behandlung eher zu einer unerwünschten Erhöhung der schwingenden Masse führt, da die Substanz lediglich als „belastender“ Inhaltsstoff in die Gefäße des Holzgefüges eingebracht wird, oder ob die Behandlung zu einer erwünschten Erhöhung der Elastizität führt, indem das Fasergefüge gefestigt wird. Diese Frage wird durch unsere Lackanalysen quantitativ beantwortet.

Eine Erhöhung der Schallgeschwindigkeit weist auf eine Überlegenheit des „festigenden“ Einflusses der vorgenommenen Behandlung gegenüber dem „belastenden“ Einfluss hin. Durch die Holzbehandlung sollte keinesfalls eine Verringerung der Schallgeschwindigkeit bewirkt werden, denn dies würde bedeuten, dass die Platte bei gleichen Eigenfrequenzen dicker ausgearbeitet werden müsste, als es ohne Lackierung der Fall ist. Einige ungünstige Lackierun-

gen stellen diese Forderung an die Plattenausarbeitung. Es wurden auf der anderen Seite aber auch Grundierungen und Lackierungen untersucht, die es gestatten, relativ dünne Plattenausarbeitungen vorzunehmen, da die vorgenommene Holzbehandlung die Resonanzen aufgrund der positiven Wirkung auf die Schallgeschwindigkeit zu höheren Frequenzen hin verschiebt.

Ein Beispiel ist in Abb. 7 gegeben: Es wurden zahlreiche Harzlösungen in ihrem Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit und Dämpfung des Holzes untersucht. Es zeigten sich je nach Harz erhebliche Unterschiede (internes Forschungsergebnis).

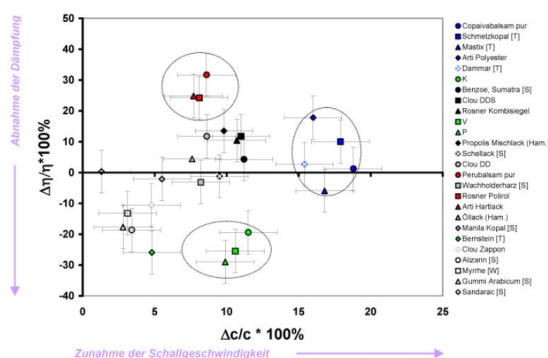


Abb. 7: Einfluss unterschiedlicher Harzlösungen auf die akustischen Eigenschaften von Klangholz für den Geigenbau. Dargestellt sind die Veränderungen der Schallgeschwindigkeit (x-Achse) und der Dämpfung (y-Achse) von Fichtenholzstreifen.

Gemessen wurden die Änderungen der Schallgeschwindigkeit und der Dämpfung nach einer Trocknungsdauer von neun Jahren. Trägermaterial waren Fichtenholzstreifen, deren Faserverlauf quer zur Streifenlängsrichtung verlief und deren Dicke 3.0mm betrug. Bei dünneren Streifen wirkte sich der akustische Einfluss der Harz-Lösungen noch stärker aus.

Auf der horizontalen, mit $\Delta c/c \cdot 100\%$ beschrifteten Achse ist der Zuwachs der Schallgeschwindigkeit in Prozent gegenüber dem unbehandelten Holz aufgetragen. Dieser ist umso größer, je weiter rechts die Datenpunkte angeordnet sind. Die Erhöhung der Schallgeschwindigkeit liegt in einer Bandbreite zwischen 0...20%. Die in der Legende aufgelisteten Harze bzw. Substanzen sind entsprechend des von ihnen verursachten Zuwachses der Schallgeschwindigkeit angeordnet, geführt von Copaivabalsam (+18.8% gegenüber dem unbehandelten Holz).

Auf der vertikalen, mit $\Delta \eta/\eta \cdot 100\%$ bezeichneten Achse ist die Veränderung der Dämpfung aufgetragen. Die Dämpfungszunahme bzw. Dämpfungsabnahme liegt hier zwischen +40% und -40% gegenüber dem unbehandelten Holz.

Die blaue Datenpunkte-Gruppe ist durch eine deutliche Erhöhung der Schallgeschwindigkeit, bei relativ geringer Veränderung der Dämpfung gekennzeichnet; die grüne Datenpunkte-Gruppe weist sich durch eine etwas geringere Zunahme der Schallgeschwindigkeit, gleichzeitig jedoch stärker entdämpfende Wirkung aus; die rote Datengruppe weist eine erhebliche Zunahme der Dämpfung auf; die nicht ausgefüllten Datenpunkte im Bereich der Nullpunkte zeigen eine geringe Veränderung der akustischen Eigenschaften des unbehandelten Holzes.



Abb. 8: Trocknung und Bestrahlung unterschiedlich behandelter und lackierter Probeholzstreifen.

Obgleich zahlreiche untersuchte Substanzen noch keine Mischungskombinationen, also noch keine Lackrezepturen aus verschiedenen Substanzen, darstellen, zeigen sich bereits hier erhebliche Unterschiede von Harz zu Harz. Es ist darüber hinaus als weiteres Ergebnis von Interesse, dass aus der Wirkung der Einzelsubstanzen keine Vorhersage über einen aus diesen hergestellten Lack zu treffen ist – die Lackrezepte verhalten sich akustisch anders als die Summe ihre Einzelkomponenten.

Messungen mehrerer Proben gestatten eine Optimierung der für den akustischen Erfolg der Lackierung günstigsten Parameter. Derartige Parameterstudien können auf folgende Fragen hilfreiche Antworten geben:

- akustisch günstigstes Mischungsverhältnis einer Rezeptur
- akustisch günstigste Konzentration
- akustisch günstigste Absorptionstiefe der Substanz – und damit Hinweise zur Auftrags Technik (Lappen, Pinsel etc.)
- akustisch günstigste Schichtdicke – und damit Hinweis zur akustisch günstigen Anzahl von Lackanstrichen.
- akustische Unterschiede bei unterschiedlicher Plattenausarbeitung
- akustisch günstigster Aufbau etwa hinsichtlich sinnvoller Zwischenschritte bzw. Zwischenschichten
- zeitliche Veränderungen der Lackierung und damit akustischer Langzeiteinfluss.



Abb. 10: Herstellung eigener Pigmente im Labor des Meisterateliers für Geigenbau Martin Schleske.

Unsere Forschungen zu diesen Fragestellungen konnten zeigen, dass:

- einige Lacke gegenüber anderen Lacken auf dünnen Holzstärken (2.0mm) eine akustische Überlegenheit zeigen, die jedoch bei dickeren Holzstärken vergleichsweise nicht mehr gegeben ist (3.0mm). Insofern wirkt die vorgenommene Lackierung in ihrem akustischen Nutzen deutlich mit der jeweiligen Plattenausarbeitung des Instrumentes zusammen.
- bei einigen Lacken die ersten Anstriche einen deutlichen akustischen Nutzen bringen, während nachfolgende Anstriche dieser Lacke den bewirkten Nutzen wieder deutlich relativieren. Demgegenüber wurden Lacke untersucht, deren erste Schichten zwar einen vergleichsweise geringeren akustischen Nutzen brachten, deren akustischer Nutzen jedoch mit weiteren Schichten zunahm.
- einige Grundierungen bei oberflächlicher Anwendung akustisch durchaus nützlich sind, ab einer bestimmten Eindringtiefe jedoch das Holz akustisch ruinieren. Für diese Art von Grundierungen ist damit die Bedeutung eines geeigneten Porenfüllers unter Beweis gestellt.
- bestimmte Zwischenschichten sich im Aufbau einer Lackierung als ungünstig erweisen. Zwar wirkte sich die Grundierung selbst akustisch günstig aus, eine anschließende, vor dem eigentlichen Aufbau der Lackschichten aufgetragene Zwischenschicht machte diesen positiven Einfluss jedoch wieder zunichte.

Die genannten Beobachtungen stellen nur Beispiele einiger interner Parameterstudien dar. Sie zeigen, welche Bedeutung der sorgsame Umgang mit den für die Akustik relevanten Parametern der Geigenlackierung hat. Das Rezept selbst ist nur ein kleiner Teil der Wahrheit. Für den Geigenbauer stellt die Optimierung dieser Parameter eine seiner wesentlichen klanglichen Kompetenzen dar.

LITERATUR

Zur Vertiefung: Martin Schleske: „On the Acoustical Properties of Violin Varnish“. CAS Journal Vol.3, No.6, (Series II), November 1998.)

Zum theoretischen Hintergrund: Martin Schleske: „Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part II: Psychoacoustic Analysis and Use of Acoustical Tools“. CAS Journal Vol. 4, No.5 (Series II), Nov 2002).



Lackierung einer aktuellen Geige im Lackierraum des Meisterateliers für Geigenbau Martin Schleske,.